



## **OSIGURANJE KVALITETE ZAVARENIH SPOJEVA U ERP SUSTAVU PODUZEĆA**

## **QUALITY ASSURANCE OF WELDS IN ERP SYSTEM OF ENTERPRISE**

**Ilija SVALINA, Marko RUSKAJ, Zvonimir IVKOVIĆ<sup>1)</sup>**

**Ključne riječi:** Zavarivanje, osiguranje kvalitete, ERP sustav

**Key words:** Welding, Quality assurance, ERP system

**Sažetak:** Informatizacija svakog dijela proizvodnog procesa danas je od iznimne važnosti za poslovanje svakog poduzeća. U ovom članku je razmatran prijedlog proširenja podsustava praćenja kvalitete s ciljem unapređenja poslovnih potreba u tvrtki Đuro Đaković Termoenergetska postrojenja. Budući da pri proizvodnji vodocjevnih kotlova nastaje velika količina dokumentacije nužno je osigurati pripremu i generiranje dokumentacije. Klasičan način upravljanja poslovanjem je skup i neučinkovit za zahtjeve današnjih rokova ispruke. Zbog toga je razmatran model prelaska s klasičnog na suvremeno upravljanje dokumentacijom u okviru postojećeg ERP sustava u navedenom poduzeću.

**Abstract:** Informatization of every part of the production process is of extreme importance for every company's business activity nowadays. In this article the proposition of expanding the current quality monitoring sub-system was considered with the goal of improving the business needs of the company Đuro Đaković Power plants. Considering that in the production process of the water-pipe boilers a large quantity of documentation is generated it is necessary to ensure preparation and generation of the documentation. The classical means of business management are expensive and ineffective for today's demands of delivery deadlines. Because of that a model of transference from the classical to the modern documentation management was considered within the existing ERP system in the above-mentioned company.

---

<sup>1)</sup> Strojarški fakultet u Slavonskom Brodu, Trg I. B. Mažuranić 2, Hrvatska



## 1. UVOD

Osiguranje kvalitete zavarenih spojeva pri proizvodnji vodocjevnih kotlova je od izrazite važnosti jer pri otkazu zavarenog spoja može doći do velike materijalne štete sa mogućim ljudskim žrtvama. Pri nastajanju srednje velikog kotla zavari se oko 80÷100 kilometara membranskih zavara i oko 6000÷8000 ostalih zavara gdje se za svaki tip zavarenog spoja zahtijevaju točno određene vrste ispitivanja zavarenog spoja sa opsegom u kojem se ispitivanje mora provesti. Sudeći po obimu zavarivanja pri proizvodnji vodocjevnog kotla može se sa sigurnošću reći kako postoji velika količina raznih dokumenata, koji opisuju tipove zavara pridružujući im zahtijevani opseg ispitivanja te dokumenata koji predstavljaju izvještaje o provedenim ispitivanjima. Klasični pristup organizaciji osiguranja kvalitete, koji je još uvijek zastupljen u mnogim proizvodnim poduzećima, a kojem ostaje jako malo prostora za praćenje konkurentnosti na tržištu, snižavanje troškova, skraćenje vremena razvoja novijeg pristupa, nema više odgovora na suvremene informacijske tokove integrirane u proizvodnju.

Priprema dokumentacije za praćenje kvalitete zavarenih spojeva i postupak praćenja kvalitete od izuzetne je važnosti za cjelokupni proizvodni proces. Stoga se za pripremu i upravljanje dokumentacijom, vezanom uz osiguranje kvalitete, predlaže primjena informacijskog sustava [1], koji pretpostavlja polazište za računalom podržano praćenje kvalitete zavarenih spojeva [2], u postupcima osiguranja kvalitete, primjenom suvremenih tehnika umjetne inteligencije [3].

S ciljem lakšeg i bržeg generiranja dokumenata, kojima se zavari određuju po tipu gdje svaki tip pridružuje zahtijevanu metodu ispitivanja zavarenog spoja s opsegom ispitivanja, analizirat će se mogućnost informatizacije potrebnih aktivnosti u okviru ERP sustavu proizvodnog poduzeća. U analizu će ući samo osiguranje kvalitete zavarenih spojeva, koji zahtijevaju metode ispitivanja bez razaranja pri proizvodnji vodocjevnog kotla zapremnine više od dvije litre za proizvodnju pare i/ili vrele vode sa dopuštenim tlakom većim od 0,5 bara i temperaturom većom od 110 °C.

## 2. KONTROLA I ISPITIVANJE ZAVARENIH SPOJEVA KOD VODOCJEVNOG KOTLA

Sustav kvalitete je dokumentiran sustav u kojem je opisan slijed aktivnosti čijim ispunjenjem se realizira osiguranje kvalitete. Aktivnosti koje treba opisati (dokumentirati) moraju zatvarati cijeli ciklus kontrole i ispitivanja, te njihovo pravilno izvršavanje mora za rezultat dati mogućnost ispravljanja pogrešaka i učenja iz napravljenih pogrešaka s ciljem neponavljanja istih pogrešaka. Aktivnosti moraju biti isplanirane i opisane tako da se jasno utvrdi procedura kako se nešto radi, osiguraju svi potrebni uvjeti kako bi se radilo onako kako je rečeno, uvijek treba zapisati kako je izvršeno ono što se radilo te analizom svih aktivnosti moći učiti iz svojih grešaka.

Kontrola i ispitivanje nedjeljivi su poslovi u svim fazama kako nastajanja tako i eksploatacije zavarenog spoja [4]. Zadatak kontrole i ispitivanja je stvoriti uvjete za besprijekorno izvođenje zavarenog spoja. Potrebno je razlikovati pojmove kontrole i ispitivanja od pojma osiguranja kvalitete.

Osiguranje kvalitete je vrlo složen skup organizacijsko tehničkih mjera i zahvata za postizanje i održavanje postignutog stupnja u kvalitetnoj i sigurnoj proizvodnji, a kontrola i ispitivanje su samo dio sustava osiguranja kvalitete [4].

Kriteriji prihvatljivosti moraju biti određeni nekim dokumentom osiguranja kvalitete kao što su: ugovor, plan kontrole i ispitivanja, ugovorene norme, važeći zakonski propisi, priručnik kvalitete i slično. Zavareni spojevi moraju zadovoljavati propisane kriterije prihvatljivosti. U dokumentima osiguranja kvalitete utvrđene su kontrolne i ispitne aktivnosti te njihov opseg.

Kako bi zavar zadovoljavao kriterije prihvatljivosti bitno je da kontrolne i ispitne aktivnosti budu provedene u opsegu koji je utvrđen u dokumentima osiguranja kvalitete.

Ispunjenost zadanih kriterija kod zavarenih spojeva se provodi: vizualnom i dimenzionalnom kontrolom, ispitivanjem homogenosti korištenjem nerazornih metoda, ispitivanjem mehaničkih svojstava zavara korištenjem razornih metoda, ispitivanjem metalografskih svojstava, ispitivanjem kemijskih svojstava.

Postupci kontrole mogu se provoditi u tri različita karakteristična vremena: prije početka zavarivanja, tijekom izvođenja zavarivanja i nakon zavarivanja.

Mjesta u zavarenim spojevima koja narušavaju homogenost volumena materijala ili pravilnost i homogenost površine zavarenog spoja nazivaju se nepravilnostima zavarenog spoja. Greškama u zavarenom spoju nazivaju se one nepravilnosti koje zbog svoje prirode ili veličine značajno utječu na funkcionalnost, nosivost ili trajnost proizvoda te sa stajališta kvalitete nisu prihvatljive za promatrani zavar. Položaj nepravilnosti u zavaru (osnovni materijal, zona utjecaja topline, površina zavara, korijen...) uvijek predstavlja važan parametar nepravilnosti.

Nerazorne metode ispitivanja i kontrole zavarenih spojeva su: vizualno ispitivanje, radiografsko ispitivanje, ultrazvučno ispitivanje, magnetsko ispitivanje, penetrantsko ispitivanje, itd. Postoje još neke metode ispitivanja bez razaranja materijala, ali se rijede koriste: ispitivanje propusnosti, ispitivanje akustične emisije, ispitivanje vrtložnim strujama, spektroskopsko ispitivanje kemijskog sastava materijala, itd.

Za vodocjevni kotao zapremnine više od dvije litre za proizvodnju pare i/ili vrele vode s dopuštenim tlakom većim od 0,5 bara i temperaturom preko 110°C kontrolne i ispitne aktivnosti pri ispitivanju zavarenih spojeva bez razaranja te njihovi opsezi su opisani u slijedećim tablicama prema normi EN 12952. Prije toga je bitno naglasiti da za određivanje kontrolnih i ispitnih aktivnosti i njihovih opsega za gore opisani vodocjevni kotao postoje tri različite grupe proizvodnih elemenata: bubnjevi, sabirne komore i cijevi.

Bubanj ima ulogu separacije mokre pare i vrele kapljevine, odvojena mokra para iz bubnja ide u pregrijač pare a vrela kapljevina se ponovno vraća u isparivački sustav. Dijelovi oblika (iz) cijevi s nazivnim vanjskim promjerom > 76,2 mm u koje ulaze tri ili više ne aksijalnih cijevi smatraju se sabirnim komorama.

Kod ispitivanja bubnjeva potrebno je ispunjavati zahtjeve iz tablice 1 [5].

Tablica 1. Ispitivanja bez razaranja na bubnjevima

Tip zavara	Površinsko ispitivanje <sup>a</sup>	Volumno ispitivanje	
		Rentgensko ispitivanje	Ultrazvučno ispitivanje
Podužni i kružni zavari	100 % <sup>b</sup>	100 % <sup>c</sup> ili 100 % <sup>c</sup>	
Zavari na ograncima			
e <sup>d</sup> > 25mm (provareni zavar)	100 %	-	100 % <sup>c</sup>
15 < e <sup>d</sup> < 25 mm (provareni zavar)	100 %	-	10 % <sup>c</sup>
Drugi zavari uključivo nepropusni (brtveni) zavari	10 %	-	-
Navareni zavari			
Opterećeni	100 %	-	-
Ne opterećeni	10 %	-	-
a - ispitivanje feromagnetskim prahom ili penetrantima b - za materijale grupe čelika 1 i mehaničke postupke zavarivanja, ako je debljina stjenke < 25 mm; 10 % + T-spoj zavara (dužine na T-spoju); c - za materijale grupe čelika 4 dopušteno je samo ultrazvučno ispitivanje d - e je jednak debljini šavnog priključka e - ultrazvučno ispitivanje može se izostaviti ako je d <sub>0</sub> < 142 mm			

Kod ispitivanja sabirnih komora potrebno je ispuniti zahtjeve iz tablice 2 [5].

Tablica 2. Ispitivanja bez razaranja na sabirnim komorama

Tip zavar	Površinsko ispitivanje <sup>a</sup>	Volumno ispitivanje	
		Rentgensko ispitivanje	Ultrazvučno ispitivanje
Podužni i kružni zavar	100 % <sup>b</sup>	100 % <sup>c</sup> ili 100 % <sup>c</sup>	
Zavari na ograncima			
$e^d > 25\text{mm}$ (provareni zavar)	100 % <sup>e</sup>	100 % <sup>c-f</sup> ili 100 % <sup>c-f</sup>	
$15 < e^d < 25\text{ mm}$ (provareni zavar)	100 % <sup>e</sup>	10 % <sup>c-f</sup> ili 10 % <sup>c-f</sup>	
Drugi zavar uključivo nepropusni (brtveni) zavar	10 % <sup>g</sup>	-	-
Navareni zavar			
Opterećeni	100 %	-	-
Ne opterećeni	10 %	-	-
Zavari na ravnim dancima	100 %	-	100 % <sup>h</sup>
a - Ispitivanje feromagnetskim prahom; postupak penetrantima dopušten za materijale grupe čelika 1÷8 b - za materijale grupe čelika 1 i 8 sa debljinom stjenke $d_0 < 25\text{ mm}$ ; samo 10 % kružnih zavara c - za materijale grupe čelika 1 i 6 dopušteno je samo ultrazvučno ispitivanje d - e je jednak debljini šavnog priključka e - samo 10 % za materijale grupe čelika 1 i 8 f - za $d_0 < 142\text{ mm}$ nije potrebno volumno ispitivanje g - ispitivanje penetrantima dopušteno je za zavare nipli na materijalima grupe čelika 2 i 5 sa nazivnim promjerom $e \leq 80\text{mm}$ h – samo za vanjski promjer $e > 70\text{ mm}$ i debljinu danca $d_0 > 8\text{ mm}$			

Tablica 3. Ispitivanje bez razaranja na cijevima

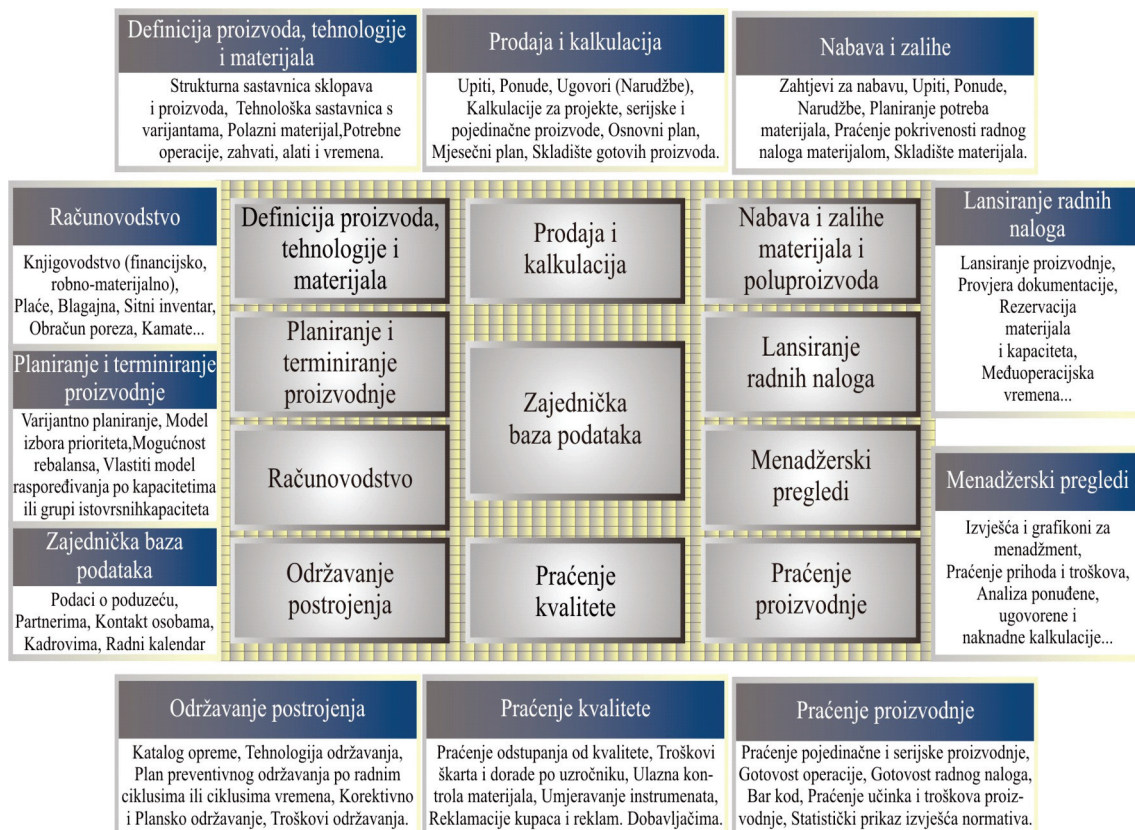
Tip zavar	Površinsko ispitivanje <sup>a</sup>	Volumno ispitivanje	
		Rentgensko ispitivanje	Ultrazvučno ispitivanje
Kružni zavar			
$e > 25\text{ mm}$ ili $d_0 > 142\text{ mm}$	100 %	100 % <sup>b-c</sup> ili 100 % <sup>b</sup>	
Tupo zavarivanje varničanjem ili zavarivanjem pritiskom	dokument u pripremi	dokument u pripremi	dokument u pripremi
Drugi zavar		10 % <sup>c</sup> ili 10 %	
Zavari na ograncima			
$e^d > 25\text{mm}$ (provareni zavar)	100 % <sup>b</sup>	100 % <sup>c-e-f</sup> ili 100 % <sup>e-f</sup>	
$15 < e^d < 25\text{ mm}$ (provareni zavar)	100 % <sup>b</sup>	10 % <sup>c-e-f</sup> ili 10 % <sup>e-f</sup>	
Svi drugi zavar	10 %	-	-
Navareni zavar			
Opterećeni	100 %	-	-
Ne opterećeni	10 %	-	-
Zavari između čelične trake i cijevi na cijevnim zidovima	g	-	-
a - ispitivanje feromagnetskim prahom; postupak penetrantima dopušten za materijale grupe čelika 1÷8 b - samo 10 % za materijale grupe čelika 1 i 8 c - za vanjski promjer veći od 80 mm dopušteno je za materijale grupe 4 i 6 samo ultrazvučno ispitivanje d - e je jednak debljini šavnog priključka e - ako nije moguće ultrazvučno ispitivanje dopušteno je rendgensko ispitivanje umjesto njega f - za $d_0 < 142\text{ mm}$ nije potrebno volumno ispitivanje g – ograničeno 100 % - uz vizualnu kontrolu			

Kod ispitivanja cijevi potrebno je ispuniti zahtjeve iz tablice 3 [5].

Za površinsko ispitivanje zavara važno je napomenuti kako magnetsko ispitivanje nije moguće na elementima koji su izrađeni od nemagnetičnih materijala. U gradnji vodocjevnog kotla od nemagnetičnih materijala često su izrađeni slijedeći proizvodni elementi: udarna danca i vodilice donjih komora na harfama. Praksa je kod raznorodnih materijala najčešće primjenjivati površinsku metodu ispitivanja penetrantima. Kada preko zavara postoji postupak ručnog kladiranja (postupak navarivanja koji se koristi u kotlogradnji radi zaštite membranskih zidova od dimnih plinova sklonih korozivnom djelovanju) tada se također ne koristi površinska metoda ispitivanja magnetom nego površinska metoda ispitivanja penetrantima.

Svi zavari moraju biti pregledani vizualno "golim okom", no postoje slučajevi gdje vizualna metoda nije moguća bez endoskopa. Endoskop se koristi za vizualni pregled onih zavara koji se ne mogu vidjeti "golim okom" radi njihovog položaja.

Pri pripremi dokumentacije nastale generiranjem iz sustava moraju se uobziriti gore navedene norme, zakonitosti i praksa. Neka od tih pravila egzistiraju kao baze iz kojih se pridružuju određenoj provedenoj aktivnosti, a neka su postavljena kao pitanja na koja korisnik mora dati odgovor. Stoga se i daje prijedlog pripreme i generiranja dokumentacije u podsustavu praćenja kvalitete ERP sustava.

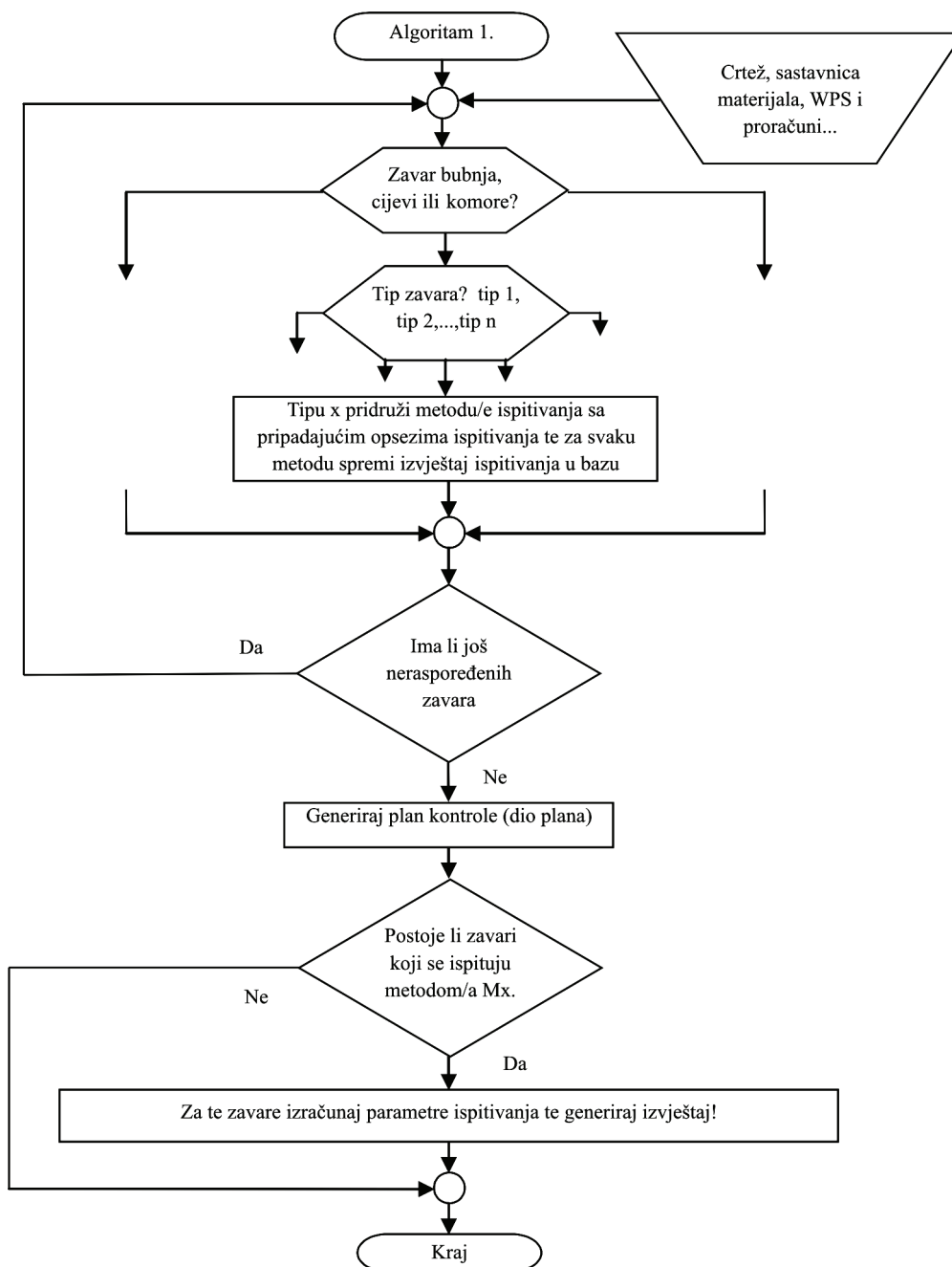


Slika 1. Model strukture ERP sustava

### 3. PRIJEDLOG PROŠIRENJA PODSUSTAVA PRAĆENJA KVALITETE U ERP SUSTAVU PODUZEĆA

Informacijski sustav može se definirati kao skup elemenata (podataka, kadrova, metoda, opreme, informacija) i djelatnosti koje osiguravaju transformaciju podataka u informacije, te

prezentaciju informacija korisniku. Zadatak informacijskog sustava nije samo omogućavanje informatizacije poduzeća nego i djelovanje na racionalizaciju ukupnog poslovanja poduzeća i njegovu organizacijsku razinu. Nastojanje za ujedinjavanjem svih dijelova i funkcija poduzeća u jedinstveni sustav realizirano je modelom ERP sustava poduzeća.



Slika 2. Algoritam pripreme ispitivanja zavarenih spojeva

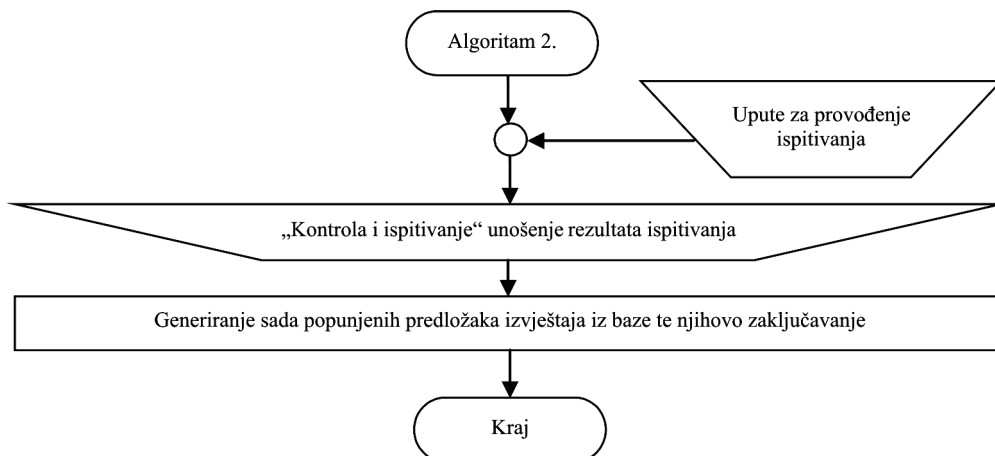
ERP sustav teži ujediniti sve egzistirajući dijelove i funkcije tvrtke u jedinstveni sustav, koji će moći podjednako dobro informacijski opsluživati sve te dijelove i funkcije zadovoljavajući u potpunosti njihove informacijske potrebe. Integriranjem ERP sustava u

proizvodni proces nastoji se postići što kraće vrijeme pripreme proizvodnje, a time i smanjenje troškova, uz dodatno osiguranje fleksibilnosti prema potrebama tržišta, te mogućnosti za brzo povezivanje na novim poslovima i komunikacije u tijeku realizacije. Na slici 1. prikazan je jedan opći model ERP sustava poduzeća sa najčešćim podsustavima.

Kako će u radu biti dan prijedlog proširenja podsustava praćenja kvalitete taj sustav će biti pobliže opisan. U podsustavu praćenja kvalitete egzistiraju podatci i programi koji osiguravaju praćenje odstupanja od kvalitete, praćenje pokazatelja kvalitete i dokumentacije za dobivanje i zadržavanje certifikata za kvalitetu. Općenito podsustav praćenja kvalitete sadrži slijedeće module: modul praćenja ugrađenog materijala omogućava praćenje i povezivanje ugrađenog materijala preko primke s atestom i ispitanim probama materijala, te preko izdatnice s proizvodom u koji je ugrađen; modul praćenja rada zavarivača sadrži podatke o zavarivačima i obavljenim poslovima zavarivača; modul praćenja odstupanja od kvalitete osigurava praćenje svih odstupanja od kvalitete, odnosno neusklađenosti sa zahtjevima kvalitete, te obavljene dorade u cilju zadovoljavanja tražene kvalitete; modul izrade plana kontrole obuhvaća podatke o aktivnostima plana kontrole što omogućava njihov unos, promjene i tiskanje.

Kako je kotlogradnja specifičan proizvodni proces postoji potreba za prilagođavanjem ili definiranjem novih modula u nekim podsustavima ERP sustava poduzeća. Pri proizvodnji vodocjevnog kotla postoji veliki broj različitih tipova zavara koji se moraju ispitati zahtijevanim metodama ili zahtijevanom metodom te provedena ispitivanja moraju biti dokumentirana. Novi modul u podsustavu kvalitete koji će omogućavati generiranje plana kontrole (dijela plana kontrole) te izvještaja za pripremu ispitivanja i izvještaja provedenih ispitivanja je predložen slijedećim algoritimima. Na slici 2. prikazan je algoritam 1. koji predstavlja fazu pripreme ispitivanja zavarenih spojeva.

Faza pripreme ispitivanja zavarenih spojeva sastoji se od određivanja tipa svakom zavaru na promatranoj cjelini koja je dokumentacijski zaokružena. Ulazne podatke predstavljaju slijedeći tehnički i tehnološki dokumenti: crtež, sastavnica materijala, WPS te razni proračuni (ako su potrebni). Kao rezultat faze pripreme ispitivanja zavarenih spojeva je nastajanje dijela plana kontrole i uputa sa izračunatim parametrima za provođenje ispitivanja.



Slika 3. Algoritam kontrole i ispitivanja

Drugu fazu predstavljaju kontrola i ispitivanje gdje se rezultati ispitivanja neophodni za generiranje izvještaja o ispitivanju unose u sustav. Također je moguće generiranje dokumenata koji predstavljaju odstupanje od kvalitete u modulu za praćenje odstupanja od kvalitete, koji koriste bazu rezultata o ispitivanju s kojima je osigurano praćenje proizvodnje i pokretanje korektivnih aktivnosti ako su potrebne. Na slici 3. prikazan je algoritam 2. koji predstavlja fazu



kontrole i ispitivanja.

#### **4. ZAKLJUČAK**

U ovom radu je predstavljen okvirni prijedlog proširenja podsustava praćenja kvalitete zbog specifičnosti promatranog proizvodnog procesa. Uvijek u proizvodnji postoje proizvodni procesi koji zahtijevaju posebne aktivnosti pri njihovom izvršavanju što pretpostavlja i specifičnu strukturu ERP sustava. Svaki dio proizvodnog procesa koji je moguće informatizirati potrebno je integrirati u pripadajući podsustav ERP sustava radi smanjenja vremena pripreme proizvodnje a time i troškova.

Za promatrani proizvodni proces karakteristična je velika količina dokumentacije koja zauzima značajan prostor i iziskuje dodatne napore djelatnika za njeno slaganje i pregledavanje. Praćenje gotovosti ili odstupanja od kvalitete po bilo kojem kriteriju je moguće samo na klasičan način što oduzima vrijeme i stvara dodatne troškove. Prijedlogom proširenja podsustava praćenja kvalitete smanjili bi se troškovi praćenja odstupanja od kvalitete a time i troškovi pripreme za certifikaciju po ISO 9001 koja se provodi svake tri godine, a pregledavanje dokumentacije bi se također značajno pojednostavilo.

#### **5. LITERATURA**

- [1] Majdandžić, Niko; Šimunović, Goran; Šimunović, Katica. "Razvoj i primjena informacijskog sustava osiguranja kvalitete u konceptu digitalnog poduzeća", QUALITY 2007., Safet Brdarević (ur.), Mašinski fakultet Zenica, Zenica, 91-96.
- [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 C-43 – C-50
- [3] Lee SR, Choo YJ, Lee TY, "A quality assurance technique for resistance spot welding using a neuro-fuzzy algorithm", JOURNAL OF MANUFACTURING SYSTEMS, vol. 20, No.5., 2001, pp 320-328.
- [4] Hrvatsko društvo za tehniku zavarivanja, "Tečaj za međunarodnog praktičara za zavarivanje", 2008.
- [5] EN 12952, Vodocjevni kotao i komponente postrojenja.