

## PROJEKTOVANJE PROIZVODNIH LINIJA U ZAVARIVAČKIM POGONIMA

### DESIGN OF PRODUCTION LINES IN WELDING DRIVES

v. ass. mr. Emir Đulić  
Univerzitet u Zenici  
Zenica  
Bosna i Hercegovina

#### REZIME

Zavarivački pogoni za izradu konstrukcija i sklopova zahtjevaju pored tehničkih aspekata (izbor optimalne tehnologije zavarivanja, režimi rada itd.) i organizacione aspekte, koji se ogledaju u optimiziranju proizvodne linije. Osnovni zadaci projektovanja proizvodnih linija su razrada tehnološkog procesa proizvodnje, određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava svih neophodnih elemenata, razrada plana razmještaja svih elemenata proizvodnje, određivanje presjeka objekta i neophodnih sredstava. Pri zavarivačkoj proizvodnji je potrebna optimizacija svih elemenata koji se odnose na proces, objekte, opremu i kadrove kako bi se postigao zahtjevani kvalitet proizvoda te definisani obim proizvodnje uz minimalna ulaganja, i uz što veću produktivnost. Cilj rada je da se jasno i koncizno ukaže na najznačajnije aspekte modela organizacije zavarivačkog pogona, odnosno u radu je dat pregledan plan proizvodne linije uz definisano radno okruženje sa svim bitnim aspektima (postavljanje, pozicioniranje, privarivanje, pomoćna oprema, odvođenje gasova, oprema za predgrijavanje...)

**Ključne riječi:** zavarivački pogon, proizvodna linija, optimizacija, model organizacije

#### ABSTRACT

Welding drives for the construction of structures and assemblies require in addition to technical aspects (selection of optimal welding technology, operating modes, etc.) and organizational aspects, which are reflected in the optimization of the production line. The basic tasks of designing production lines are elaboration of the technological process of production, determination of qualitative and quantitative composition of the essential elements, elaboration of the plan layout of all the elements of production, determining the cross section of the building and the calculation of the necessary funds. Welding production requires optimization of all elements related to the process, facilities, equipment and personnel in order to achieve the required product quality and defined production volume with minimal investment, and with the highest possible productivity. The aim of this paper is to clearly and concisely point out the most important aspects of the model of organization of the welding drive. The paper gives an overview of the production line plan with a defined working environment with all important aspects (setup, positioning, welded, auxiliary equipment, removal of gases, equipment for preheating..)

**Keywords:** welding drive, production line, optimization, organization model

## 1. UVODNA RAZMATRANJA

Svakodnevna „utrka“ za snižavanjem cijene proizvoda uz istovremeni zahtjev za postizanjem visoke kvalitete proizvoda (zavarene konstrukcije), naprosto tjera proizvođače iz područja zavarivanja na optimizaciju svih aktivnosti počevši od projektovanja tehnologije (izbor materijala, izbor postupka zavarivanja, uređaji za zavarivanje, izbor zavarivačkog kadra, radni uslovi, redoslijed zavarivanja, kontrola kvaliteta zavarenih spojeva, dnevnik zavarivanja, tehnološke liste) pa sve do otpreme gotovog proizvoda. Pored optimalnog konstrukcionog i tehnološkog rješenja treba obezbijediti i optimalne uslove za pripremu, izradu i kontrolu zavarenih konstrukcija, odnosno obezbijediti optimalnu proizvodnu liniju u pogonu zavarivanja. Danas, velika većina investitora prije ugovaranja posla izrade zavarenih konstrukcija vrši procjenu podobnosti pogona za kvalitetnu izradu, a ta ocjena je pored tehnički aspekata (kompetentni kadrovi, usvojena tehnologija, raspoloživost opreme) u velikoj mjeri uslovljena i sa organizacionim aspektima radionice, odnosno projektovane proizvodne linije (proizvodni prostor, tokovi materijala i informacija). Da bi se uz minimalna ulaganja i napore ostvario kvalitet koji je definisao kupac treba izvršiti optimizaciju svih grupa uticajnih faktora u koje spadaju: procesi, objekti, oprema i kadrovi.

## 2. OSNOVNI ELEMENTI ZAVARIVAČKIH POGONA

Obično je proizvodni proces u zavarivačkoj proizvodnji sastavljen od:

- planiranja proizvoda,
- nabavke materijala,
- projektovanja proizvoda,
- pripreme materijala,
- izrade,
- sastavljanja proizvoda,
- kontrole (dimenzione, NDT),
- površinske zaštite proizvoda,
- otpreme.

U projektovanju savremene zavarivačke proizvodnje, osnovni elementi koji su neophodni za racionalnu organizaciju su:

- Materijali za izradu zadatih proizvodnih komponenti – osnovni i pomoćni.
- Proizvodna oprema – osnovna i pomoćna, uključujući uređaje za sklapanje i zavarivanje, pribore, alate, kontrolno – mjerne instrumente, proizvodni inventar, sredstva za unutrašnji transport, uređaje za ventilaciju i grijanje, osvjetljenje.
- Prostor za racionalni razmještaj osnovnih elemenata projektovane proizvodnje, uključujući proizvodne i pomoćne površine, sa neophodnom i dovoljnom visinom svih prostorija.
- Energija svih vrsta, koja će se koristiti u projektovanoj proizvodnji pri izradi određenih proizvoda.
- Sastav radnika, uključujući proizvodne i pomoćne, računovodstveno-knjigovodstveno i administrativno-tehničko osoblje.

U zavarivačkom pogonu je potrebna optimizacija prije svega u odnosu na projektovanje:

- komunikacije i prostornog uređenja u odnosu na proizvode (razrada plana racionalnog razmještaja svih elemenata proizvodnje u projektovanim radionicama i određivanje presjeka radionice, sa naznakom neophodne visine svih njenih prostorija)
- zavarivačkog kadra i posljedično stepena automatizacije,
- zaštite okoline i odgovarajuće integracije zavarivačkog pogona u odnosu na ostalu proizvodnju,

- snadbjevanja energentima, zaštitnim gasovima, materijalima, njihovo skladištenje,
- veze sa ostalim proizvodnim procesima,
- proračun neophodnih kapitalnih ulaganja i obrtnih sredstava za izgradnju i narednu eksploataciju projektovanog pogona.

Sam proces proizvodnje zavarenih konstrukcija (zavarivački pogon) se može šematski prikazati kao na slici 1. Sa skladišta sirovina (materijala/limova, cijevi, profila, polufabrikata/odlivaka, otkovaka, podsklopova, gotove robe/fitinga, sklopova...), pomoću sredstava unutrašnjeg transporta sirovine ulaze u proces proizvodnje, odnosno započinje prva operacija tehnološkog procesa prema definisanoj tehnologiji. Prema predviđenoj proceduri, propisanom tehnološkom procesu vrši se njihova predobrada (siječenje, obrada plastičnom deformacijom, obrada rezanjem, itd) i priprema za sastavljanje i privarivanje te ulaz u zavarivački dio pogona. Poslije zavarivanja se vrši naknadna obrada (termička obrada, mehanička obrada, površinska zaštita...). Gotovi proizvodi se skladište, odakle idu u dalji proces obrade ili se isporučuju kupcima.



Slika 1. Shema proizvodnog procesa

### 3. SMJERNICE PROJEKTOVANJA ZAVARIVAČKIH POGONA

Zavarivački pogon treba projektovati vodeći računa o svim operacijama koje prate proces izrade zavarenih konstrukcija; skladištenje materijala, priprema materijala, siječenje materijala, obrada deformacijom, strojna obrada, bravarski radovi (sastavljanje, brušenje, bušenje, privarivanje), zavarivanje, naknadna obrada, površinska zaštita i skladištenje gotovih proizvoda. Prilikom projektovanja zavarivačkog pogona moramo u odnosu na proizvod maksimalno povećati produktivnost i bezbjednost. Potrebno je takođe uzimati u obzir zahtjeve požarne bezbjednosti i odvođenja dimnih gasova. Pri projektovanju tlocrta zavarivačkih pogona nema neke opšte propisane metode, koja bi odredila sve elemente zavarivačke proizvodnje već su elementi definisani specifičnostima konkretnog proizvoda. Kod industrijske zavarivačke proizvodnje možemo napraviti distinkciju pogona u zavisnosti od tipa i broja proizvoda, koje odlučujuće utiču na projektovanje proizvodnih linija:

#### 3.1. Pogon za zavarivanje opreme pod pritiskom (posude pod pritiskom, kotlovi)

Kao osnovni materijal se upotrebljavaju većinom poluproizvodi u obliku ploča, što uslovljava projektovanje na način da proizvodna linija započinje sa rezanjem ploča (gasno ili plazmom). Nakon ove faze slijede faze savijanja plašta, zatim pripajanje, zavarivanje sućeonih šavova, priključaka, NDT i dimenziona kontrola. Također je potrebno predvidjeti prostor za izvođenje ispitivanja na pritisak (čvrstoće), prostor za izvođenje AKZ (antikorozijske zaštite) te još prostor za pakovanje i ekspeditovanje (utovar, isporuka). Tok osnovnih materijala od skladišta ploča do utovara na transportna sredstva je tzv. proizvodna linija, po kojoj putuju glavni sastavni

dijelovi zavarene opreme pod pritiskom. Dijelovi, koje izrađuje dobavljač ili koji se kupuju na tržištu (npr. danca, prirubnice, cijevi, šuplji profili, armatua) se uključuju u proizvodnu liniju na mjestu, gdje treba da budu ugrađeni (zavareni) na konstrukciju. Pošto je obično potrebna priprema za ugradnju, ona se vrši na pomoćnim proizvodnim linijama, ili oblastima, koja ne ometaju glavne proizvodne linije.

### **3.2. Pogon za zavarivanje čeličnih konstrukcija (dizalice, mostovi, zgrade)**

Kao osnovni materijal se upotrebljavaju većinom toplo valjani profili, ploče i šuplji profili. Proizvodna linija je sastavljena od osnovne linije za pripremu predmeta od otvorenih profila i/ili šupljih profila (mašinsko pjeskarenje, hladno rezanje, bušenje rupa – sve na proizvodnim ćelijama), te linije za pripremu ploča (gasno ili plazma rezanje, bušenje rupa, priprema ivica žlijeba). Zavarivanje se obično izvodi u zavarivačkim kabinama, koje su paravanima razdvojene međusobno. Pošto je proizvodnja zavarenih čeličnih konstrukcija projektno orijentisana i nema velikog broja jednakih proizvoda, s tim u vezi proizvodnja je maloserijska, mada sa većim brojem različitih proizvoda. Nakon operacija zavarivanja slijedi dimenziona i NDT kontrola, a zatim još AKZ zaštita. Na kraju proizvodne linije je još oblast za pakovanje i otpremanje. Funkcionalna ispitivanja npr. dizalica, se vrše na mjestima montaže opreme, a ne u okviru proizvodnog procesa zavarivanja pa ovaj prostor ne uzimamo u razmatranje.

### **3.3. Pogon za proizvodnju energetske opreme**

Zbog kompleksnosti ovog procesa (osnovni materijali su u obliku odlivaka, otkovaka, ploča, profila, cijevi...) zavarivačka proizvodnja je postavljena odvojeno od npr. mašinske obrade i montaže opreme. Kao primjer možemo navesti proizvodnju hidromehaničke oprema za hidroenergetske objekte, gdje se u dosta slučajeva izvodi zavarivanje odlivaka/otkovaka i sirovih čeličnih poluproizvoda. Neke elemente je potrebno prije zavarivanja mašinski obraditi. Poslije zavarivanja elemenata izvodi se i dodatna mehanička obrada, prije nego što se izvede montaža proizvoda. Sve ostale operacije u zavarivačkoj proizvodnji su slične kao kod proizvodnje opreme pod pritiskom ili čeličnih konstrukcija. Upotreba pomoćne zavarivačke opreme (okretači, pozicioneri) je u tom slučaju obimnija, što važi obično za teže elemente, koje nije moguće ručno okretati ili pozicionirati,

### **3.4. Pogon za proizvodnju zavarenih proizvoda u mehanizovanoj masovnoj proizvodnji**

Ako je zavarivačka proizvodnja masovna, proizvodne linije su tačno određene, a sa tim i tok materijala od ulaza do izlaza. Pored pripreme osnovnih materijala (npr. rezanje, bušenje, presovanje, savijanje, duboko izvlačenje), koja je specifična za takvu proizvodnju, postupci zavarivanja su u potpunosti mehanizovani/automatizovani sa upotrebom zavarivačkih ćelija, koje su sastavljene od zavarivačkih robota te opreme za rukovanje (stezni uređaji, okretači...). Na kraju procesa je uvijek kontrola proizvoda (dimenziona, NDT – gdje je korisno) te AKZ zaštita. Zbog velikog broja jednakih predmeta, za kontrolu se upotrebljavaju metode statističke kontrole proizvodnje.

Pored predloženih preporuka za projektovanje zavarivačkih pogona prema vrsti i tipu proizvodnje, možemo definisati i određene sheme uzajamnog raspreda odjeljenja i prostorija prema pravcu toka proizvodnje:

- U radionici sa podužnim pravcem toka proizvodnje, podužno premještanje materijala se izvodi kranovima, a poprečno premještanje elektrokolicima, na skladištima. Ovakav tip je pogodan za proizvodnju jednostavnih komada.
- U radionici sa kombinovanim pravcem toka proizvodnje u odnosu na podužni tip proizvodnje razlika je u završnom sklapanju i zavarivanju, koje teče paralelno sklapanju i

zavarivanju podsklopova. Ovaj tip proizvodnje je pogodan za masovnu proizvodnju jednotipskih složenih predmeta.

- Pri podužno-poprečnom pravcu, tok proizvodnje se poklapa sa pravcem koji je zadat na situacionom planu fabrike. Uporedo s tim dio toka proizvodnje sistematski se premješta u poprečnom pravcu – iz jednog raspona u drugi, i obratno. Podužna premještanja dijelova (podsklopova i komada) se izvode pomoću vagoneta na kolosijecima. Poprečna premještanja (dodavanje do manipulatora, automata i do druge visokoproizvodne opreme, koja opslužuje više raspona) obavljaju mosni kranovi. Ovaj tip proizvodnje se preporučuje za serijsku i jediničnu proizvodnju velikih predmeta, kao što su čelične konstrukcije.
- U radionici sa petljastim pravcem proizvodnje, tok se dva puta odvaja od tokova zadatih na situacionom planu fabrike, naizmjenično na razne strane. Skladišta materijala i gotovih proizvoda raspoređuju se u nizu i opslužuju se istim putevima za dovoženje i odvoženje. Moguća je primjena kružnog (zatvorenog) sistema transportera (konvejera). Ovaj tip je pogodan za serijsku i masovnu proizvodnju jednotipskih i jednostavnih predmeta.

#### **4. OPREMA U ZAVARIVAČKIM POGONIMA**

Prva faza u zavarivačkom pogonu je priprema. Za operacije pripreme se koriste univerzalne mašine različite namjene: valjci, prese, makaze, strugovi, rendisaljke i glodalice, mašine za rezanje, mašine za savijanje profila i cijevi.

Za izvođenje operacija zavarivanja se koristi posebna oprema, u zavisnosti od obima i organizacije proizvodnje. Tu spadaju:

- Oprema za odlaganje dijelova, koja se projektuje prema tipu proizvodnje i veličini dijelova i podsklopova u vidu stalaza različitog oblika,
- Mehanička oprema za operacije zavarivanja,
- Mehanizovane i automatizovane linije,
- Osnovna zavarivačka oprema (izvori struje, aparati, uređaji, oprema za termičku obradu),
- Oprema za kontrolu zavarenih spojeva,
- Oprema za čuvanje i razvod radnih gasova,
- Oprema za odsisavanje štetnih gasova.

##### **4.1. Mehanička oprema za zavarivanje**

U mehaničku opremu za operacije zavarivanja spadaju oprema za fiksiranje i učvršćivanje, pozicioneri i manipulatori, horizontalni i vertikalni obrtni stolovi.

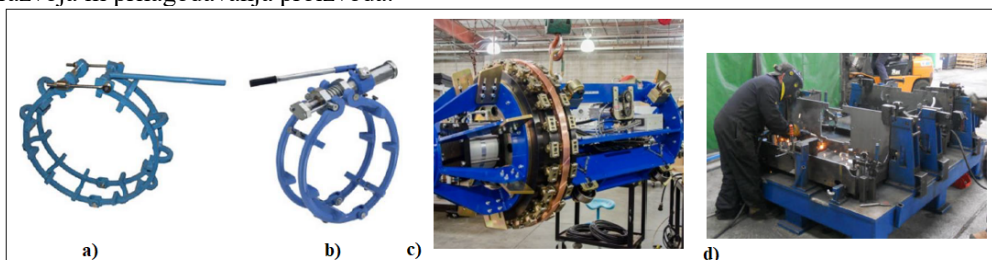
###### *4.1.1. Uređaji za fiksiranje i učvršćivanje*

Uređaji za fiksiranje i učvršćivanje se koriste u fazi pripajanja dijelovi, koji se privremeno spajaju da bi se u narednoj operaciji zavarili, kao i u fazi zavarivanja dijelova koji pripadaju zavarenim podsklopovima i sklopovima. Pripajanje ili spajanje je dio pripreme zavarenog spoja. U toj operaciji se obrađene ivice lima, profila, šipke ili cijevi podešavaju jedna prema drugoj u zahtjevanom položaju, nakon čega se zatim pripajaju kratkim pripojima (zavarima), tako da ne dođe do pomjeranja pri zavarivanju, ili se pomoću posebnih naprava obrađene ivice čvrsto drže za vrijeme zavarivanja. Treba imati u vidu da pripajanje, ponekad, vremenski može da traje koliko i zavarivanje, pa u više. Za pripajanje ili pridržavanje se primjenjuju različite naprave. Kako one treba da izgledaju zavisi od oblika i dimenzija radnog komada, a najpovoljnije rješenje treba prihvatiti za izradu.

Bez obzira na to, da li je zavarivanje ručno, mehanizovano, ili potpuno automatizovano, stezni pribor se pomjera, dok alat ostaje nepokretan. Neki stezni pribori su pričvršćeni na zavarivačke

stolove i imaju funkciju steznih uređaja. Ergonomsko oblikovanje svih pribora smanjuje rad, koji je potreban za vršenje zavarivačkih zadataka. Stezni pribor treba da bude stacionaran u odnosu na izvor za zavarivanje (gorionik). Stezni pribori mogu imati više stezača, tako da je moguće zavarivati više predmeta istovremeno te zavarivati različite oblike na istom okviru. Važna osobina steznih pribora je držanje tolerancije u uskim granicama zbog dimenzionalnih zahtjeva predmeta. Ako je potrebno imati manji broj sastava, potrebno je imati samo privremene stezače da se obezbijede zahtjevane dimenzije. Takvi stezni pribori su sastavljeni od šipki, spona, odstojnika i slično. Dijelovi se mogu pozicionirati sa mjernim metrima, ugaonicima i ostalom jednostavnom mjernom opremom. Za masovnu proizvodnju je za ekonomičan sastav ili tačan položaj predmeta potrebno imati projektovane i izrađene tačne i izdržljive stezne pribore. Stezni pribori treba da postavljaju šavove, ako je moguće u horizontalni (vodoravni) položaj PA, jer je u tom slučaju koeficijent topljenja pri elektrolučnom zavarivanju najviši. Posebno je potrebno paziti kod obostrano zavarenih spojeva da je omogućena dostupnost sa obje strane. Pri zavarivanju sučeonih šavova na pločama predmet se kreće, a gorionik miruje (a ako su linearni sučeoni šavovi dugi, je obratno). Pri zavarivanju sučeonih šavova na posudama predmet se vrti, a gorionik miruje.

Stezne uređaje upotrebljavamo da obezbijedimo mjernu preciznost predmeta i ponovljivost pri serijskom zavarivanju. Pri definiciji stezača moramo uzimati u obzir tehnologiju zavarivanja (uključno sa cijelim ciklusom zagrijavanja i hlađenja predmeta), konačne mjerne zahtjeve i zahtjevanu brzinu. Potrebno je takođe uzeti u obzir potencijalne promjene predmeta zbog razvoja ili prilagođavanja proizvoda.



Slika 2. a) ručne stezne spona za zavarivanje sučeonih šavova na cjevovodima; b) hidraulične stezne spona za zavarivanje sučeonih šavova na cjevovodima; c) pneumatske stezne spona za poravnanje unutrašnjih ivica cjevovoda, d) stezni pribor za zavarivanje namjenskih predmeta sa MAG postupkom

#### 4.1.2. Pozicioneri i manipulatori

Pozicioner je mehanički uređaj, koji podupire i primiče zavareni spoj ka željenoj poziciji za zavarivanje i ostale operacije. Stezni pribori mogu biti fiksirani i na pozicioneru, tako da je predmet stegnut u najpovoljnijoj poziciji za postavljanje, zavarivanje i skidanje. Predmet može biti na pozicioneru stegnut do kraja zavarivanja, uključno sa čišćenjem i NDT ispitivanjem.

Postolje za zavarivanje na slici 2. je sa valjcima teškog tipa, gdje je jedan valjak pogonski, a drugi je slobodno okretni. Svaki valjak može imati dva ili više točkova. Postolja su jednostavno izrađena: čelično kućište, pogonski točkovi, slobodno okretni točkovi, pogon i upravljanje brzine okretanja. Kretanje je ograničeno na rotaciju cilindričnih predmeta oko horizontalne ose. Upotrebljavaju se za pozicioniranje ivica žlijeba pri ručnom, mehanizovanom i automatizovanom zavarivanju u horizontalnom položaju PA za zavarivanje sučeonih kružnih šavova pri fiksiranom gorioniku za MIG/MAG ili EPP zavarivanje. Upotreba je ograničena na zavarivanje plašteva posuda pod pritiskom ili cijevi velikog prečnika. Uzdužne šavove je isto tako moguće zavarivati sa upotrebom manipulatora, koji vode gorionike u linearnom smjeru.



Slika 3. Postolje sa valjcima teškog tipa

Manipulatori su pri zavarivanju u načelu namijenjeni za vođenje gorionika pri MIG/MAG i EPP zavarivanju. Mogu biti fiksni ili pokretni sa 2-3 ose okretanja (linearnog kretanja). Obično su sastavljeni iz horizontalnog stuba, koji se okreće oko svoje ose i horizontalne ruke (eng. boom), na koju je pričvršćen gorionik. Ruka se može pomjerati u dva smjera: horizontalnom i vertikalnom. Ruke manipulatora moraju biti krute, da gorionici mogu slijediti žlijeb za zavarivanje bez eventualnog savijanja. Mogu se zavarivati uzdužni, poprečni i kružni šavovi. Manipulatori se obično upotrebljavaju zajedno sa ostalim pozicionerima, npr. okretnim glavama i valjčanim okretačima za zavarivanje plašteva posuda pod pritiskom. Radi što boljeg prilagođavanja radnom položaju predmeta pri zavarivanju ugrađen je mehanizam za nagnjanje, sa mogućnošću zakretanja do ugla od 135°.



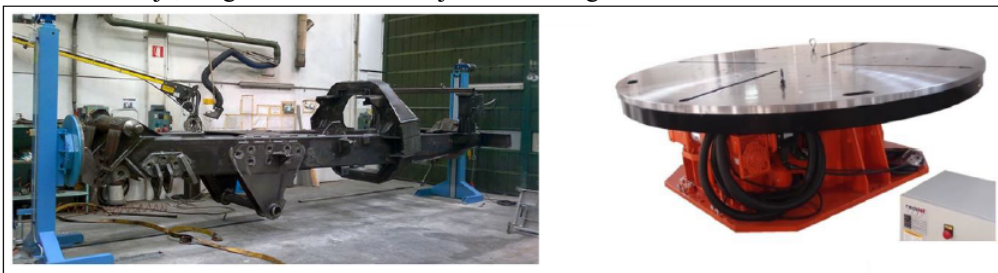
Slika 4. Manipulatori za MIG/MAG i EPP postupak

#### 4.1.3. Obrtaljke i horizontalni okretni stolovi

Obrtaljke su jednostavnije i jeftinije od manipulatora, jer nemaju mehanizam za zakošavanje, ali su njihove radne mogućnosti zbog toga manje. Namijenjene su za obrtanje oko sopstvene ose cilindričnih radnih predmeta brzinom zavarivanja. Na slici 5. je prikazana obrtaljka sa horizontalnom osom. Prednji stub je pogonski, a zadnji stub se obrće slobodno.

Horizontalni okretni stolovi omogućavaju okretanje oko vertikalne ose i imaju sto postavljen u horizontalnom položaju (eng. turntable). Upotrebljavaju se za zavarivanje, navarivanje, poliranje, montažu i NDT ispitivanja predmeta sa masama od 20 kg do 250 tona. Specijalna upotreba horizontalnih okretnih stolova je u robotskim ćelijama, gdje je na jednoj strani omogućeno postavljanje predmeta, a na drugoj robotsko zavarivanje. Za cjelokupan ciklus sto se mora okrenuti za 180° horizontalno. Na takvim stolovima mogu biti pričvršćeni još i dodatni pozicioneri, koji se okreću oko horizontalne ose i na kojima su sa steznim priborima stegnuti

predmeti. Za raznoliku upotrebu okretnih stolova je potrebno imati pogon sa promjenljivom brzinom rotacije, mogućnost ručne rotacije stolova i digitalne tahometre.



Slika 5. Vertikalni i horizontalni okretni sto

#### 4.2. Pribori za sastavljanje

Sastavljanje spojeva prije zavarivanja uključuje pozicioniranje svih elemenata zavarenog spoja, da se obezbjeđe propisane dimenzije žlijeba za zavarivanje prije početka zavarivanja (razmak između predmeta, poravnanje po visini). Najvažniji faktori su razmak žlijeba u korijenu te uporednost po cijeloj dužini. Od toga je odlučujuće zavistan kvalitet zavarenog spoja. U odnosu na to kako su zavareni spojevi odgovarajuće sastavljeni, potrebno ih je privremeno spojiti sa pripojnim varovima (eng. *tack weld*). Za pravilan razmak žlijeba se mogu upotrebiti i posebni mostići u obliku slova U, koje se na određenim udaljenostima privare na oba predmeta i bez pripojnih varova drže pravilan sastav žlijeba za zavarivanje.

#### 4.3. Oprema za pregrijavanje i termičku obradu

Način predgrevanja ivica žlijeba je zavistan od oblika predmeta. Oblik gorionika se prilagođava obliku predmeta. Posebno za predgrijavanje cijevi su razvijeni gorionici ili električni grijači, koji odjednom zagrijavaju ukupni obim/dužinu žlijeba.

Načini predgrijavanja predmeta u odnosu na izvor energije:

- gasno sa gorionicima (kao gorivi gasovi se upotrebljavaju tečni naftni gas propan/butan, zemni gas ili acetylen),
- induktivno sa spoljašnjim namotajima,
- elektrootporno sa grejnim jastucima.



Slika 6. Predgrijavanje a) i b) sa gasnim gorionicima c) sa induktivnim grijačima d) sa elektrootpornim grijačima



Lokalna termička obrada poslije zavarivanja se može izvesti sa induktivnim ili elektrootpornim grijačima. Gasni gorionici za to nisu pogodni.

#### **4.4. Oprema za odsisavanje štetnih gasova**

Zavarivački pogon kao cjelina i pojedinačna zavarivačka mjesta moraju biti opremljena za odsisavanje dima i štetnih gasova. Pri zavarivanju u tijesnim prostorijama, npr. u rezervoarima i posudama, neophodno je provjetravanje tj. dovođenje svježeg vazduha i odvođenje gasova. Pomoću duvaljki svježeg vazduha, dovodi se vazduh u blizinu i ispod radnog mjesta zavarivača u dovoljnoj količini, a pomoću ventilatora se odsisava zagađeni vazduh. Kada su dugački vodovi iznad glave, savitljiva crijeva se podešavaju sa više spojnica ili nastavaka unutar crijeva. Pomoću njih se crijevo može postaviti na pod ako je slobodan ispušni crijeva dugačak. Sabirna glava može biti opremljena odvajanjem, koji se podešava ručno izvan glave, tako da zavarivač može sam da isključi odsisavanje, ne remeteći druge priključene zavarivače. Dodatno osvjetljenje je pomoć zavarivaču pri postavljanju predmeta. Za veće predmete može se koristiti prenosna jedinica. Prečistač, starter i električni motor su na kolicima i lako se premještaju. Savitljivo crijevo velikog prečnika je odsisnom stranom povezano sa jedinicom, a sakupljac je postavljen kod zavarivača, iznad nivoa zavarivanja što bliže predmetu tako da ne smeta u radu. Odsisani gas prolazi kroz filter radi izdvajanja dima, a prečišćeni vazduh se vraća u atmosferu.

### **5. ZAKLJUČAK**

Zavarivački procesi spadaju u proizvodne tehnologije koje se prema svim kriterijima klasificiraju u veoma kompleksne i vrlo opasne. Učesnici zavarivačkog procesa su prisutni i na susjednim radnim mjestima gdje se izvode pripremni ili završni radovi (rezanje, predgrijavanje, brušenje, strojna obrada itd) što dodatno usložnjava organizaciju kvalitetnog procesa. Najveći napor u zavarivačkom procesu se ulaže u aktivnosti projektovanja tehnologija zavarivanja i kontrole procesa rada (svi su usredotočeni na optimiziranje tehnologije i definisane procedure obezbjeđenja kvaliteta), dok se organizaciji samog procesa rada ne pridaje dovoljna pažnja, što za posljedicu ima nedovoljno iskorištenje proizvodnog kapaciteta. Koncept organizacije i predložene smjernice kod projektovanja zavarivačkih pogona u ovom radu su imale za cilj povećanje aspekta kvaliteta, produktivnosti, ekonomičnosti procesa kao i fleksibilnosti zahtjevima tržišta.

### **6. REFERENCE**

- [1] Predavanja na Kursu za evropske inženjere i tehnologe zavarivanja IWE i IWT , Institut Ljubljana, 2020.
- [2] Pašić, O; Zavarivanje za studente tehničkih fakulteta, Svjetlost Sarajevo 1998. godine
- [3] Kudumović, Dž; Zavarivanje i termička obrada, Tuzla 1998. godine
- [4] 5. Međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje 2009 Robotizacija i automatizacija u zavarivanju i ostalim tehnikama, Slavonski Brod, 11. – 13. studeni 2009.
- [5] 3. Međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje 50. GODINA ZAVARIVAČKE TRADICIJE ZA BUDUĆNOST Slavonski Brod, 16. – 18. studeni 2005.
- [6] Radojević, Z; Organizacija i ekonomika zavarivačkih radova, Društvo za unapređivanje zavarivanja u Srbiji, Beograd, 2008.
- [7] Zdravković, N.; Savković, M.; Marković, G.; Pavlović, G.; Primena metode konačnih razlika kod određivanja ugiba nosača kontinualno promenljivog poprečnog preseka – MK-14 – Istraživanje i razvoj u teškoj mašogradnji 26(2020)1, SR 19-23 UDC 621 ISSN 0354-6829

