

*Mr. sc. Ante Čagalj, dipl. inž. Brodosplit-brodogradilište, d.o.o., Put Supavla 21, Split*  
*Melani Čulić, dipl. inž. Brodosplit-brodogradilište, d.o.o., Put Supavla 21, Split*

## **PROIZVODNE LINIJE SKLOPOVA I PODSKLOPOVA**

### **Sažetak**

Osvremenjivanje brodograđevnog proizvodnog procesa, u fazi sklapanja sekcija broskog trupa, bazira se na fleksibilnim proizvodnim linijama. Radi se o mehaniziranim, a dijelom automatiziranim odnosno robotiziranim proizvodnim linijama, koje omogućavaju da se u tehnološkoj fazi sklapanja čelika, ostvari u potpunosti koncept "kretanja proizvoda kroz proces" umjesto "kretanja procesa kroz proizvod". Ostvarenjem ovoga principa, omogućeno je povećanje propusne moći i smanjenje troškova ove faze gradnje trupa broda. Osim toga, omogućuje se bolja logistika procesa, a time i upravljivost procesa. U predmetnom materijalu dat je prikaz automatizirane reverzibilne proizvodne linije sklopova i podsklopova, te robotizirane linije za izradu istih, a koje će se instalirati u Brodosplitu tijekom 2004. godine.

Uz već postojeće proizvodne linije panela, plošnih i ravnih volumenskih sekcija Brodosplit bi u potpunosti ostvario koncept automatiziranih fleksibilnih proizvodnih linija u svom brodograđevnom proizvodnom procesu.

*Ključne riječi: osvremenjivanje brodograđevnog proizvodnog procesa, logistika i upravljanje proizvodnim procesom, automatizirane i robotizirane linije sklopova i podsklopova*

## **MICRO PANEL PRODUCTION LINES**

### **Summary**

Updating of the ship production process in the stage of hull sections assembly is based on the flexible production lines. They are entirely mechanized or partly automatized or robotized production lines and they are making possible, in the technological stage of a steel assembly process, the accomplishment of the concept of "moving the product through the process" instead of "moving the process through the product". The accomplishment of this principle makes possible the increasing of the production process flow and the reduction of costs on this stage of the ship hull production. Beside this, the logistics of the process can be increased and consequently the controllability of the process, too. This material represents the automatized reversible and robotic micro panel production lines, which will be installed in Brodosplit Shipyard during 2004. With existing production lines for panels, flat sections and flat volume sections the concept of flexible automatized production lines in shipbuilding production process would be fully achieved in Brodosplit Shipyard.

*Key words: updating of the ship production process, logistics and controllability of the process, automatized and robotized micro panel production lines*

## 1. Uvod

U brodogradilištima, zbog specifičnosti i kompleksnosti finalnog proizvoda, tehnološki proces je isprekidan ili intermitentan. Tehnološka faza sastavljanja čelika odnosno predmontaža, uz obradu i montažu čini globalni tehnološki proces gradnje broskog trupa.

Već duže vrijeme je u brodogradnji prisutan koncept proizvodne linije gdje se uz pomoć podnog transporta materijal kreće kroz radna mjesta već definiranim redoslijedom operacija koji omogućava postizanje ponavljajućeg proizvodnog procesa, a u cilju smanjenja troškova i vremena izrade. Suvremeni svjetski koncept modernizacije tehnološkog procesa bazira se na proizvodnim linijama koje su mehanizirane i automatizirane ili robotizirane.

U ovom članku biti će govora o proizvodnim linijama za izradu sklopova i podsklopova i to

o automatiziranoj reverzibilnoj liniji i o robotiziranoj liniji. Prvo će se dati opis linija za izradu sklopova i podsklopova i to kroz prikaz strukture i konfiguracije linija, a zatim će se opisati mosni (gentri) nosači opreme, koji služe za izvođenje radnih operacija montaže i zavarivanja kod automatizirane reverzibilne linije odnosno opis robota za zavarivanje kod robotizirane linije.

Na kraju članka dati će se zaključna razmatranja s troškovima nabavke ovakvih proizvodnih linija.

## 2. Općenito o sklopovima i podsklopovima

Brodski trup se sastoji od velikog broja različitih sklopova i podsklopova. Detaljna analiza sklopova i podsklopova broskog trupa je pokazala da se svi sklopovi i podsklopovi mogu podijeliti u dvije osnovne grupe koje, gledano sa proizvodnog aspekta, imaju određenih sličnosti.

Prvu grupu čine :

- ukrepljene rebrenice,
- ukrepljeni uzdužni nosači,
- ukrepljeni okviri dvostrukih vanjskih oplata,
- ukrepljene stijene nadgrađa i dr.

Drugu grupu čine :

- ukrepljeni okviri (npr. uzvojnih i wing tankova),
- ukrepljena koljena,
- ukrepljene rebrenice krmenog pika i dr.

Automatizirana reverzibilna linija služi za proizvodnju većih elemenata, dok se robotizirana linija koristi za izradu manjih elemenata brodske strukture.

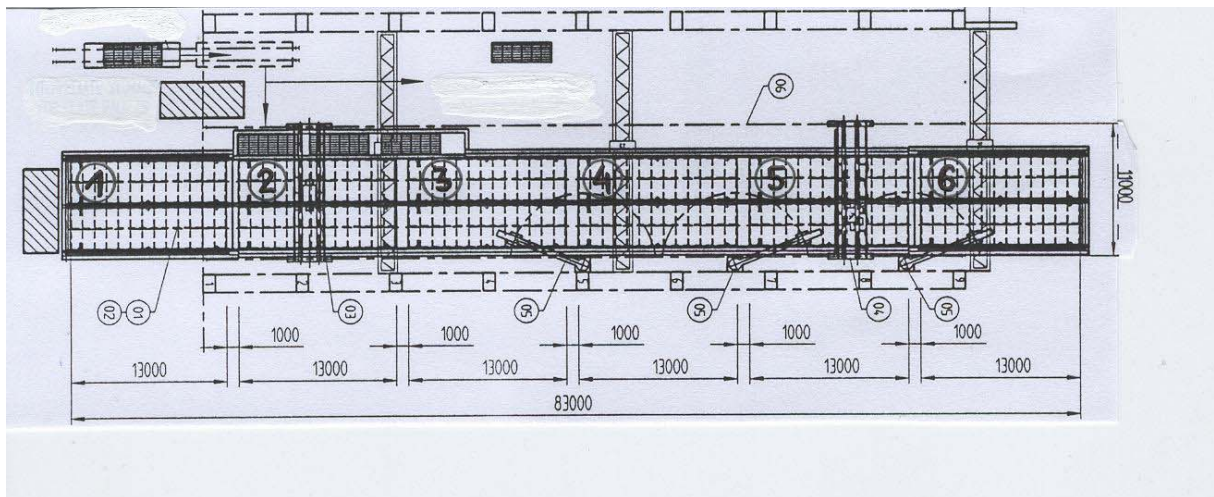
Ove linije predstavljaju dio predmontaže (sastavljanja) sekcija broskog trupa, a odnose se na međusobno sastavljanje limova i profila istovrsnih brodskih elemenata koji se pojavljuju u velikim serijama. Ta istovrsnost elemenata (veličina, broj elemenata, isti tehnološki postupak) omogućuje serijsku proizvodnju tih brodskih elemenata. Serijska proizvodnja

omogućuje da su pojedine tehnološke operacije međusobno odvojene i obvezno slijede jedna iza druge. Gotovi elementi male predmontaže čine montažne elemente u daljnjem toku predmontažnog procesa.

### 3. Struktura i konfiguracija automatizirane reverzibilne proizvodne linije

Proizvodni proces je organiziran na šest radnih stanica na kojima se odvijaju slijedeće operacije :

1. stanica : sortiranje
2. stanica : montaža i privarivanje ukrepljenja
3. stanica : montaža i privarivanje ukrepljenja
4. stanica : zavarivanje ukrepljenja
5. stanica : zavrivanje ukrepljenja
6. stanica : kontrola i iskrcaj gotovih elemenata



**Slika 1.** Automatizirana reverzibilna proizvodna linija sklopova i podsklopova

**Fig. 1.** Automated reversible micro panels production line

Ova linija je organizirana kao protočna linija za veće tipove elemenata male predmontaže. Radne platforme koje se kreću od stanice do stanice su dimenzija 13000 x 7000 mm i sastoje se iz dva dijela (2x3500mm), a izrađene su od čelika koji osigurava čvrstu potporu za sve aktivnosti koje se na njima obavljaju.

Svaka stanica posjeduje dva konvejserska sistema koja mogu pogoniti svaki dio platforme pojedinačno ili oba zajedno kako bi se osigurala maksimalna fleksibilnost u proizvodnji.

Linija je reverzibilna i funkcionira na način da se radna platforma kad dođe do kraja, nakon što je oslobođena od radnih elemenata spušta za jedan nivo i kreće prema početku linije. Zbog dva transportna nivoa, na početku i na kraju linije postoji podizni sistem koji

platforme iz nižeg nivoa podiže na viši nivo (na početku linije) ili obrnuto iz višeg nivoa spušta platforme na niži nivo (na kraju linije).

Radne platforme su upravljane sa dva upravljačka pulta koji su smješteni uz liniju.

Proizvodni tehničko-tehnološki proces organiziran je kroz taktna vremena koja se kreću od dva do četiri radna sata, sa radom u dvije ili tri smjene.

### 3.1. Prva stanica : sortiranje

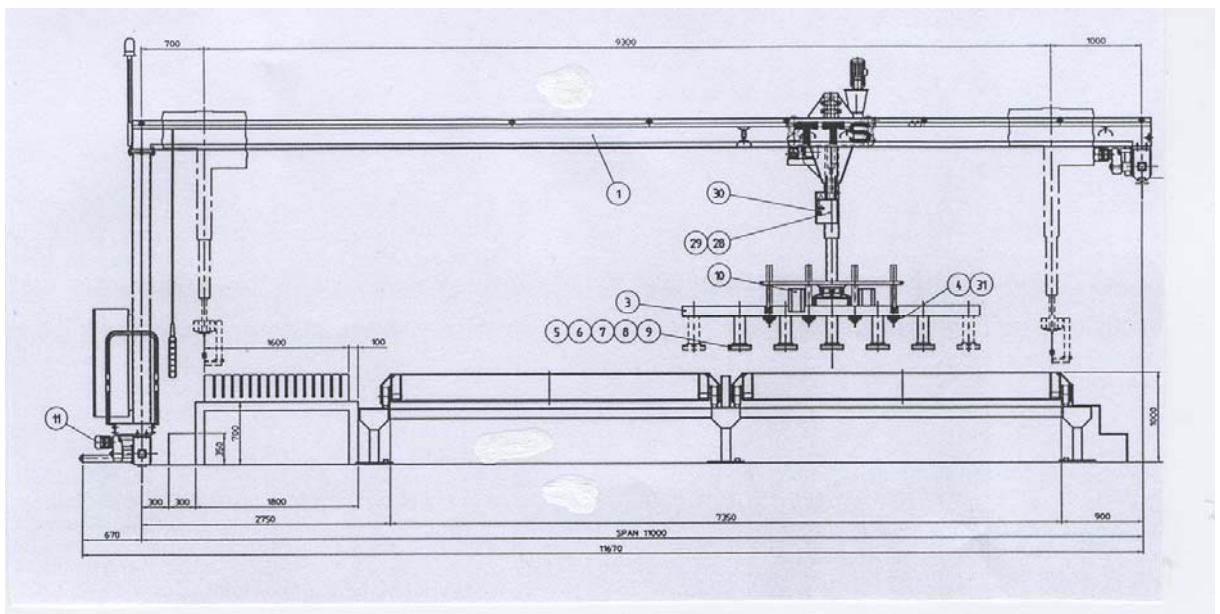
Profili koji su izrezani na robotskoj liniji profila i složeni u palete transportiraju se na pokretna kolica, te preko njih u halu na dohvatač mosne dizalice. Na prostoru namijenjenom za sortiranje profili se resortiraju i smještaju u palete u vertikalnom položaju i po točnom redoslijedu montaže. Za sklapanje elemenata odgovarajuća paleta se postavlja uz liniju sa mosnom dizalicom.

Limovi koji su izrezani na strojevima za rezanje i složeni na paletama prema redoslijedu obrade, odlaze se na međuskладиšte limova koje se nalazi na početku prve stanice linije.

Magnetskom dizalicom limovi se pojedinačno uzimaju sa paleta i slažu na prvu stanicu linije. Kad je platforma popunjena ona se pomiče na slijedeću stanicu.

### 3.2. Druga i treća stanica : montaža i privarivanje ukrepljenja

Montažni gentri je specijalno konstruiran za montažu i privarivanje ukrepljenja na lim. Genti posjeduje teleskopski stup opremljen sa magnetskom gredom. Magnetska greda je okretna kako bi mogla postaviti ukrepljenje u svim smjerovima na horizontalnoj ravnini. Na magnetskoj gredi je pet pritiskih cilindara. Ukrepljenje se donosi iz palete pomoću magnetske grede te se smješta na prije označene teoretske crte. Cilindri se na magnetskoj gredi aktiviraju i pritišću ukrepljenja na lim kako bi ostvarili potreban kontakt za pripojno zavarivanje. Poluautomatska zavarivačka jedinica ovješena na gentriju koristi se za pripojno zavarivanje. Gentrijem upravlja jedan operater pomoću upravljačke kutije.



Slika 2. Montažni gentri

Fig. 2 Mounting gentri

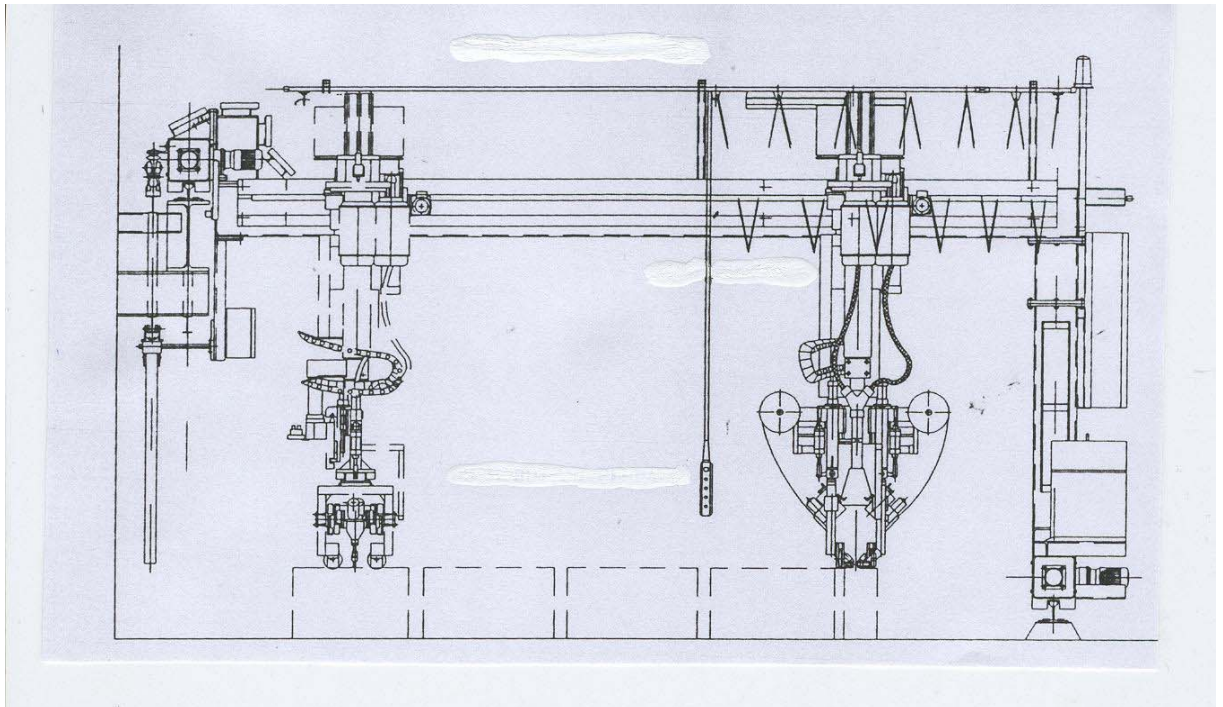
Montažni gentri :  
Tip : poluportalni  
Raspon : 11000 mm  
Dužina putovanja : približno 30 m  
Brzina putovanja : 2 - 20 m/min  
Rotacija magnetske grede : ručno  $\pm 90^\circ$

Na trećoj stanici se pripojno zavarivanje obavlja i uz pomoć polu-automatske opreme za zavarivanje koja je ovješena na okretnoj konzolnoj dizalici uz liniju.

### 3.3. Četvrta i peta stanica : zavarivanje ukrepljenja

Dvostrano kutno zavarivanje ukrepljenja vrši se pomoću auto-zavarivačkog gentrija koji omogućava zavarivanje profila u svim smjerovima u horizontalnoj ravnini.

Zavarivački uređaj je montiran na okretnom postolju, a pogonski servo sustav omogućava zavarivanje po programiranoj brzini u svim smjerovima. Nekoliko različitih zavarivačkih programa (za kontinuirano ili isprekidano zavarivanje) može biti pohranjeno u programskoj, logičko - upravljačkoj jedinici (PLC). Genti je električki napajan, a upravljanje se vrši preko viseće upravljačke konzole. Brzina gibanja zavarivačke jedinice je promjenjiva. Zavarivačke glave su montirane na principu klizno-plutajućeg sustava koji prati ukrepljenje. Kompletni sustav sa zavarivačkim glavama je upravljan pomoću pneumatskih cilindara. Gentrijem upravlja jedan operater.



Slika 3. Auto-zavarivački gentri

Fig. 3 Auto-welding gentri

Auto-zavarivački gentri :

Tip : poluportalni

Raspon : 10800 mm

Dužina putovanja : približno 30 m

Brzina putovanja : 0 - 10 m/min

Zavarivački uređaj :

Tip : ESAB MBVA-330

Oprema za zavarivanje : 2 x A2-S MIG/MAG

Okomiti montažni spojevi zavaruju se sa polu-automatskim uređajima koji su ovješeni na okretnim konzolnim dizalicama postavljenim uz liniju.

#### 3.4. Šesta stanica : kontrola i iskrcaj gotovih elemenata

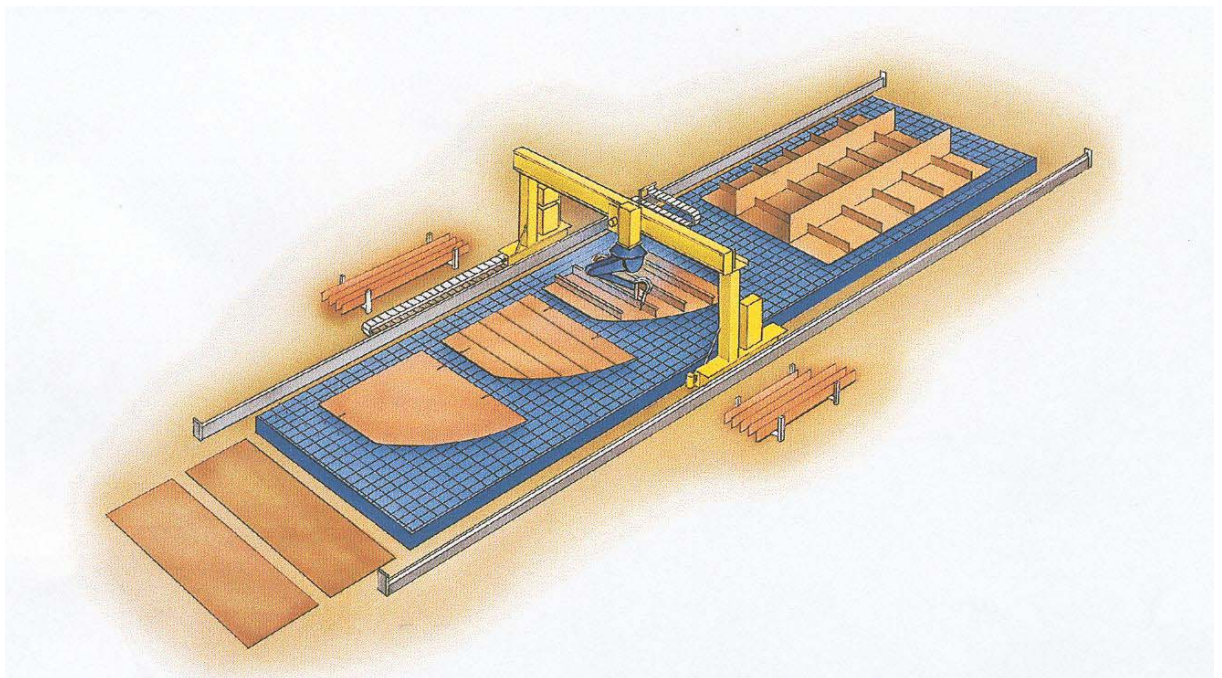
Nakon zavarivanja elementi dolaze na zadnju stanicu gdje se vrši kontrola i završni radovi brušenja, te eventualni popravci. Brušenje se obavlja standardnim načinom (pneumatski alati), a eventualni popravci se izvode polu-automatskim uređajem koji je ovješan na okretnoj konzolnoj dizalici.

Završeni sklopovi i podsklopovi slažu se u palete radioničkom dizalicom, te se transportiraju na međuskladišta za linije izrade volumenskih i plošnih sekcija.

#### 4. Struktura i konfiguracija robotizirane proizvodne linije

Robotizirana proizvodna linija sklopova i podsklopova sastoji se od robota za zavarivanje koji je montiran na pokretnom genteriju, a koji se upravlja preko upravljačkog pulta uz pomoć programske baze podataka.

Linija radi na principu da se na jednoj polovini radne platforme pripremaju i montiraju elementi sklopova i podsklopova dok istovremeno robotski manipulator na drugoj polovini radne platforme vrši zavarivanje.



Slika 4. Robotizirana proizvodna linija sklopova i podsklopova

Fig. 4 Robotized micro panels production line

Programiranje robota moguće je preko ON ili OFF line.

Kod ON line programiranja programer u Konstrukcionom odjelu koristeći software podršku definira elemente i parametre zavarivanja te ih pohranjuje u centralnu robotsku jedinicu. Operater na liniji starta sa procesom robotskog zavarivanja unošenjem početne točke elementa brodske strukture koji se planira zavariti. Kod OFF line programiranja operater na liniji ima mogućnost da sam definira elemente i parametre zavarivanja preko vlastitog robotskog softwarea bez podrške brodograđevnog CAD sustava. Prema svjetskim iskustvima 1 sat programiranja omogućuje robotu 20 sati proizvodnje. Instalirani programski paket omogućava : planiranje proizvodnog procesa i komponenti sklopova i podsklopova, automatsko izračunavanje vremena radnog procesa, te mogućnost korištenja baze podataka i za druge brodove.

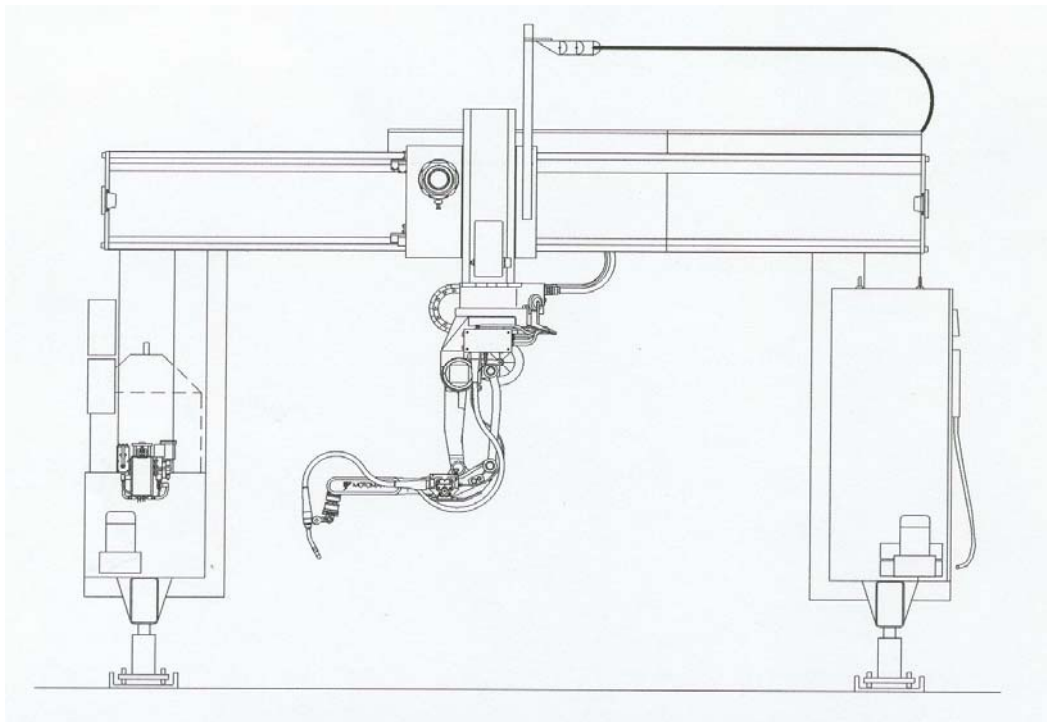
#### 4.1. Platforma za zavarivanje

Platforma za zavarivanje je fiksirani čelični pod sa rešetkom, a služi za : pozicioniranje i pričvršćivanje radnih komada, kao podloga za zavarivanje komponenti.

Dimenzije platforme za zavarivanje : 3000 mm x 28800 mm

#### 4.2. Robotski gentri

Robotski gentri omogućava zavarivanje ukrepa na limove u vodoravnom i okomitom smjeru. Brzina robotskog vodoravnog zavarivanja kod kutnog zavora od 3 do 5 mm se kreće od 400 do 600 mm/min, a kod okomitog kutnog zavora od 5 do 7 mm se kreće od 100 do 200 mm/min. U cilju postizanja optimalnih rezultata zavarivanja predviđeno je čišćenje ruba profila i zračnost između lima i profila manja od 2 mm. Robot je opremljen foto ćelijama koje imaju funkciju zaustavljanja robota kod neovlaštenog ulaza djelatnika u njegovo radno područje, a također je na njemu instaliran uređaj za odsis i pročišćavanje plinova kod postupka zavarivanja.



Slika 5. Robotski gentri

Fig. 5 Robotic gentri

**Robotski gentry :**

Tip robota : Motoman UP20 - XRC

Raspon gentrya : 5000 mm

Brzina putovanja gentrya : približno 20 m/min

Površina robotskog zavarivanja : oko 3 x 28 m

Sustav zavarivanja :

Izvor : Fronius TS 4000

Promjer žice : 0,8 - 1,2 mm (praškom punjena žica)

Kontrola žice : Motoman Ultramatic

Sustav pračenja žice : ComArc "napon praznog luka"

Automatski sustav čišćenja žice : Motoman

**5. Zaključak**

Uvođenjem proizvodnih linija za izradu sklopova i podsklopova u brodograđevni proces postižu se sljedeći strateški ciljevi :

- smanjenje troškova izrade sklopova i podsklopova,
- smanjenje vremena izrade,
- povećanje propusne moći ove faze sastavljanja čelika,
- povećanje upravljivosti procesom,
- humaniji uvjeti rada,
- poboljšanje kvalitete i smanjenje troškova kontrole,
- smanjenje tlocrtnih površina za proizvodni proces izrade sklopova i podsklopova.

Iz tih razloga Brodosplit - Brodogradilište je odlučilo instalirati tijekom 2004. godine jednu automatiziranu reverzibilnu i dvije robotizirane linije sklopova i podsklopova (slika 6.).

Automatizirana reverzibilna linija predviđena je za rad u dvije ili tri smjene, a za obavljanje radnih operacija potrebno je 12 djelatnika različitih struka (sorteri, monter, zavarivači, operateri, brusaci,...). Cijena ove investicije je 1,5 milijuna USD.

Za robotizirane linije predviđa se rad u tri smjene, a svaka linija bi zapošljavala 3 djelatnika. Ukupna cijena dviju robotiziranih linija je 1,45 milijuna USD.

