



Society of Production
Engineering

SPMS 2018

37. Savetovanje Proizvodnog mašinstva Srbije

ICPE-S 2018

37th International Conference on Production
Engineering of Serbia



Faculty of Engineering
University of Kragujevac

Kragujevac, Serbia, 25 – 26. October 2018

ISTORIJA RAZVOJA CNC MAŠINA ALATKI U SRBIJI

Ljubomir LUKIĆ^{1*}, Mirko ĐAPIĆ^{1,*}, Aleksandra PETROVIĆ¹

¹Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu, Univerzitet u Kragujevcu
Kragujevac, Srbija

*Korespondentni autor: ljubomir.lukic@sbb.rs

Abstrakt: Puštanjem u rad Topolivnice u Kragujevcu 1854. godine, kao prvog industrijskog kompleksa u Srbiji, počeli su da dolaze srpski inženjeri školovani u inostranstvu u Kragujevac. Iz Nemačke je došao Todor Toša Selesković, prvi konstruktor mašina u Srbiji i profesor Mehaničke tehnologije na Tehničkom fakultetu u Beogradu. Pored Vojno-tehničkog zavoda u Kragujevcu, Mašinsko odeljenje Direkcije srpskih državnih železnica pri Ministarstvu građevina, osnovano 1889. godine, postalo je drugi centar okupljanja inženjera u Srbiji. Među njima su Svetozar Zorić, prvi profesor Nauke o mašinama i Aćim Stevović, prvi profesor Mašina alatki na Tehničkom fakultetu u Beogradu. Na Mašinskom fakultetu u Beogradu diplomiralo je prvih pet inženjera kod profesora Pavla Stankovića na Mašinama alatkama istorijske 1948. godine. Oni su raspoređeni na rad u novoizgrađenu Fabriku teških mašina alatki Ivo Lola Ribar u Železniku, koja je puštena u rad 1. januara 1948. godine, od kada počinje istorija razvoja CNC mašina alatki u Srbiji. U radu su prikazana ostvarenja domaće industrije mašina alatki, koja su bila veoma zapažena na svetskom tržištu. Ova dostignuća treba da budu sačuvana od zaborava, kao inspiracija budućim generacijama inženjera proizvodnog mašinstva. Prestankom rada fabrike Ivo Lola Ribar, tranzicijom i razgradnjom čitavog metalnog kompleksa završava se pola veka intenzivnog razvoja CNC mašina alatki u Srbiji.

Ključne reči: Proizvodno mašinstvo, CNC mašine alatke, Ivo Lola Ribar, obradni centri, robotski sistemi

1. KRATAK ISTORIJAT RAZVOJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA U SRBIJI

Dositej Obradović (1742-1811) je osnovao 1808. godine Veliku školu u Beogradu, koja je radila do 1813. godine, a Licej je osnovan 1838. godine u Kragujevcu u okviru koga nije postajao program obrazovanja inženjera. Transformacijom Liceja u Veliku školu u Beogradu 1863. godine osnovan je Tehnički fakultet. Zbog potreba izgradnje srpske železnice, na Tehničkom fakultetu je uveden predmet Mehanika i nauka o mašinama 1873. godine, koji je predavao profesor Ljubomir

Klerić (1844-1910). Ova godina se smatra početkom visokoškolskog obrazovanja mašinskih inženjera u Srbiji [1]. Predmet Mehanika postaje samostalan, a novi predmet Nauku o mašinama od 1887. godine predaje inženjer Svetozar Zorić (1853-1931), dotadašnji šef niške radionice Mašinskog odeljenja Srpske državne železnice. On je osnivač Mašinskog odseka na Tehničkom fakultetu Velike škole u Beogradu i njegov dugogodišnji starešina [2].

Prvi Srbin koji je konstruisao mašine alatke i tehnološku opremu je bio Todor Selesković (1856-1901), inženjer Vojno-tehničkog zavoda u Kragujevcu [3]. Radio je u nemačkoj fabrici

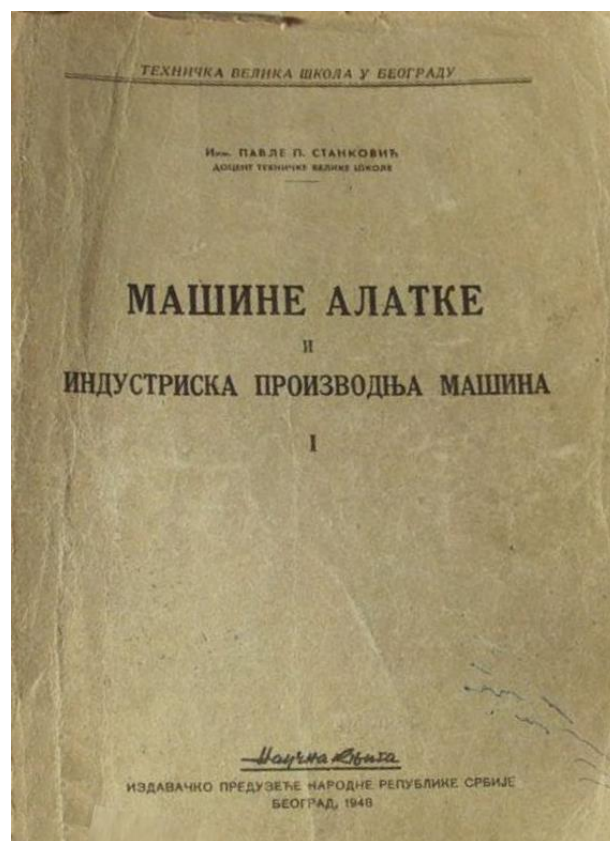
Lorenz u Karlsruheu i kao veliki srpski patriota došao je u Kragujevac 1881. godine. Kao najistaknutiji srpski inženjer tog vremena izabran je za profesora Mehaničke tehnologije 1895. godine na Tehničkom fakultetu Velike škole u Beogradu. On je presudno uticao da se formira 1897. godine poseban Mašinsko-tehnički odsek Tehničkog fakulteta.

Velika škola 1905. godine prerasta u Univerzitet u Beogradu i naredne 1906. godine se uvodi predmet Mašine alatke, koji predaje inženjer Aćim Stevović (1866-1957), što se smatra početak univerzitetskog obrazovanja u oblasti proizvodnog mašinstva u Srbiji [4]. Na Tehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu formiran je 1922. godine poseban Mašinsko-elektrotehnički odsek, a predmet Mašine alatke predaje profesor Aleksandar Ivanović Kosicki (1880-1954) sve do početka Drugog svetskog rata [5]. On je 1932. godine objavio prvi univerzitetski udžbenik za mašine alatke (Sl. 1), koji je narednih 15 godina bio jedini priručnik iz proizvodnog mašinstva.



Slika 1. Prvi univerzitetski priručnik iz oblasti proizvodnog mašinstva

Bombardovanjem Beograda 1941. godine prestao je rad Univerziteta u Beogradu, a normalizovan je tek po završetku Drugog svetskog rata. Inženjer Pavle Stanković (1909 - 1969), koji je radio kao konstruktor u fabrici aviona Zmaj u Zemunu je izabran za docenta Tehničkog fakulteta na predmetu Mašine alatke 1947. godine. Naredne 1948. godine formiran je Mašinski fakultet u Beogradu, a Pavle Stanković je objavio prvo izdanje univerzitetskog priručnika za mašine alatke i proizvodno mašinstvo (Sl. 2). Kasnije je Pavle Stanković formirao Zavod za mašine alatke i uveo moderan visokoškolski obrazovni program inženjera proizvodnog mašinstva na Mašinskom fakultetu u Beogradu.



Slika 2. Univerzitetski priručnik za mašine alatke autora Pavla Stankovića objavljen 1948. godine

Tokom 1948. godine diplomiralo je prvih 27 inženjera posle Drugog svetskog rata na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Najveći broj je diplomiralo na vazduhoplovnom smeru, dok je pet inženjera diplomiralo na temu projektovanja mašina alatki kod profesora Pavla Stankovića.

Industrijska proizvodnja mašina alatki u Srbiji pre drugog svetskog rata skoro nije ni

postojala. Udružene samostalne zanatlije su proizvodile mašine jedino u Vojvodini, koja je dugo bila pod vlašću Austro-Ugarske monarhije i gde je živio veliki broj Nemaca i Čeha sa izraženom tehničkom kulturom, koja u centralnoj Srbiji nije postojala [6]. Prvi strug je proizveden u Adi 1921. godine, a oko 50 radnika je počelo sa radom u Livnici železa i tempera u Kikindi 1908. godine, koja je tek mnogo godina kasnije osvojila proizvodnju brusilica. Istorija razvoja proizvodnog mašinstva i CNC mašina alatki u Srbiji upravo se odvija posle Drugog svetskog rata industrijalizacijom ratom porušene zemlje u drugoj polovini prošlog veka.

2. FABRIKA IVO LOLA RIBAR NOSILAC RAZVOJA MAŠINA ALATKI U SRBIJI

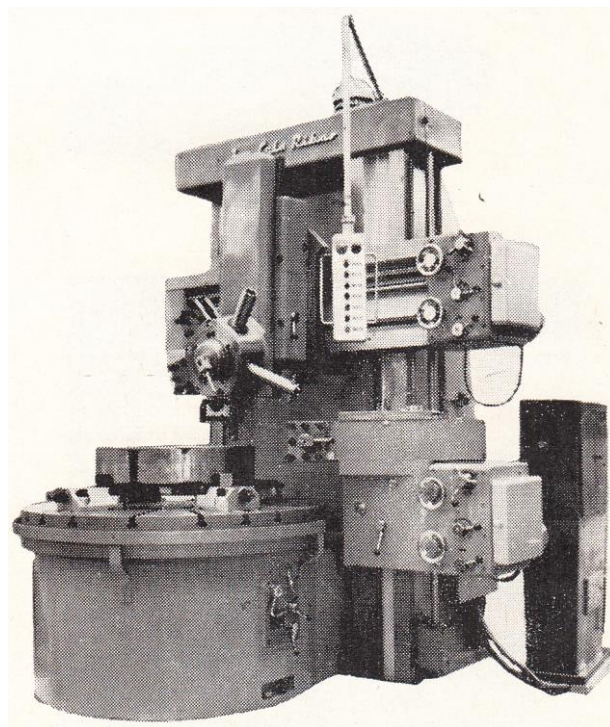
Odlukom najvišeg državnog rukovodstva na čelu sa Josipom Brozom Titom (1892-1980), počela je izgradnja 20. aprila 1947., a puštena u rad 1. januara 1948. godine nova fabrika teških mašina alatki Ivo Lola Ribar u Železniku. Fabriku su izgradile omladinske radne brigade, a prve mašine su dopremljene iz nemačke fabrike alatnih mašina Schiess Defries iz Dizeldorfa, po odluci Međunarodnog suda o ratnoj odšteti posle Drugog svetskog rata. To je bilo vreme Informbiroa i velikih sankcija SSSR-a i zemalja istočnog bloka prema Jugoslaviji, koja je imala strategiju tehnološke nezavisnosti i sopstvenog razvoja industrije prerade metala [7].

Svi inženjeri koji su u to vreme diplomirali na mašinama alatkama kod profesora Pavla Stankovića su dolazili u Projektni biro Lole Ribara. Prvi su došli 1948. godine Aleksandar Đurković, Slobodan Korunović, Miodrag Rajković i Dušan Zogović, zatim Radovan Radovanović, Aleksandar Pavlović, Anđelija Milosavljević, Mile Benedetić, Mirko Ristić, Dušan Milosavljević, (Sl. 3), a bio je angažovan i profesor Pavle Stanković sa svojim diplomcima i asistentima Svetislavom Zarićem i Vladimirom Šolajom. U to vreme se cenilo pre svega znanje a ne politička podobnost, tako da je tehnički direktor Lole bio inženjer i predratni kraljev oficir Živorad Nešić [8].



Slika 3. Grupa prvih projektanata mašina alatki u projektnom birou Fabrike teških alatnih mašina Ivo Lola Ribar

U početku je program proizvodnje mašina alatki u Loli Ribaru bio veoma širok, jer su potrebe zemlje u periodu početne izgradnje metaloprerađivačke industrije bile veoma velike. Fabrika Ivo Lola Ribar je projektnu dokumentaciju za program konvencionalnih mašina alatki preneo na druge proizvođače u zemlji, a opredelio se samo za razvoj teških mašina alatki: dugohodnih rendisaljki, karusel strugova (Sl. 4) i portalnih glodalica.



Slika 4. Jednostubni karusel strug sa revolver glavom Ivo Lola Ribar iz 1955. godine

Posebno težište razvoja Lola Ribar je usmerio na program horizontalnih bušilica-

glodalica, popularnih borveraka (Sl. 5). Plasirano je preko dve hiljade ovih kapitalnih mašina u 75 zemalja na svim kontinentima sveta. Na tržištu mašina alatki, lolini borverci su 1980-ih godina smatrani kao najbolji na svetu. Skoro svaka naša metaloprerađivačka fabrika je imala u svojim pogonima bar jedan lolin borverk.



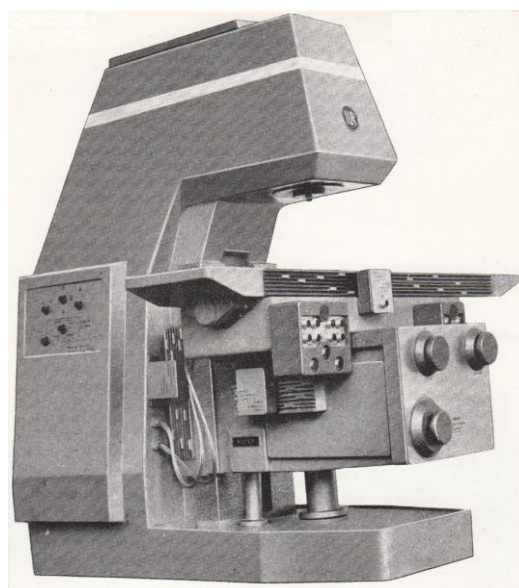
Slika 5. Horizontalna bužilica-glodalica HBM 4 Ivo Lola Ribar iz 1970. godine

Lola Ribar nikada nije kupovao licence, a uvek se oslanjao na sopstveni razvoj i primenu najnovijih naučnih i tehnoloških dostignuća u svojim konstrukcijskim rešenjima.

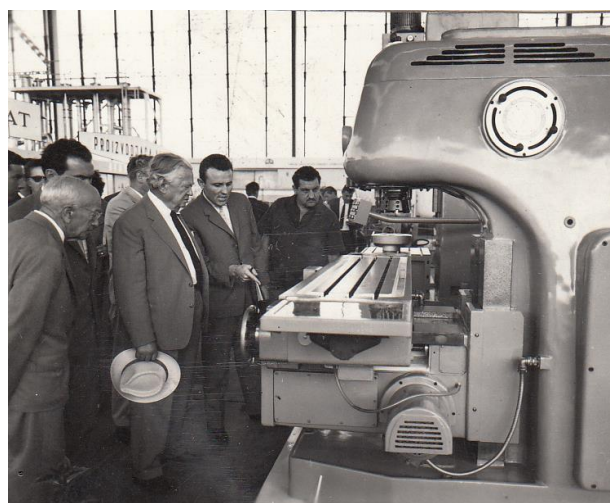
3. RAZVOJ PROGRAMSKI UPRAVLJANIH MAŠINA ALATKI

U sastavu naše državne delegacije, tokom jedne zvanične posete SAD 1955. godine, je bio i profesor Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu Rajko Tomović (1919-2001), sa zadatkom da sagleda nove pravce naučnog i tehnološkog razvoja u Americi. On je tada prilikom posete Tehnološkom institutu u Masačusecu (MIT) video projekte razvoja programskog upravljanja kretanjem alata na mašinama alatkama. Po povratku sa puta, održao je predavanje Lolinim inženjerima o novim pravcima razvoja i programskom

upravljanju mašina alatki. Ideja programskog upravljanja je odmah prihvaćena u Lola Ribaru i počeli su da se okupljaju inženjeri mašinstva i elektrotehnike na novim projektima razvoja upravljanja mašinama alatkama. Tako je Lola Ribar među prvima u Evropi počeo sa razvojem CNC mašina alatki (Sl. 6). Kada su u to vreme lolini inženjeri predstavili svoje projekte u ENIMS-u, najvećem institutu za mašine alatke u SSSR-u, tada je direktor ENIMS-a izjavio da je Lola Ribar naseo američkoj imperijalističkoj propagandi. Lola Ribar je nastavio sa razvojem CNC mašina alatki i nastupao na najpoznatijim sajmovima tehnike širom Evrope (Sl. 7).

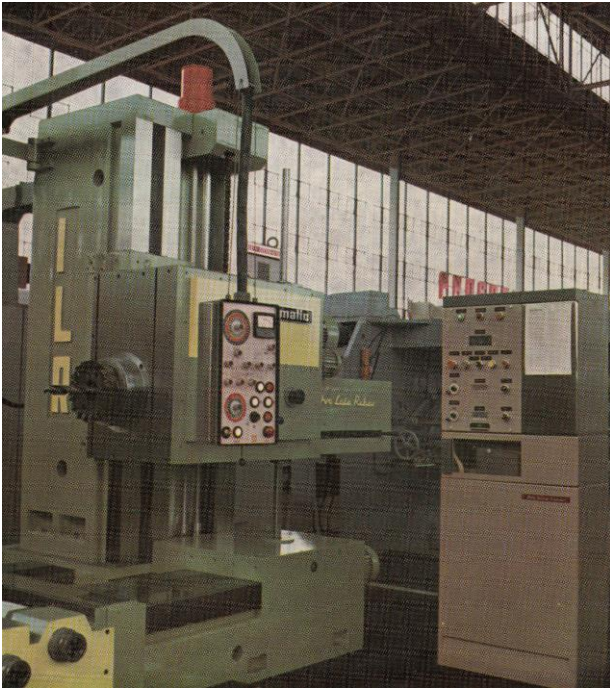


Slika 6. Prva vertikalna glodalica sa kontaktnim programskim upravljanjem Ivo Lola Ribar proizvedena 1963. godine



Slika 7. Vertikalna glodalica sa programskim upravljanjem Ivo Lola Ribar, na Sajmu tehnike u Beogradu 1965. godine

Visok domet je ostavljen 1968. godine, kada je Lola Ribar razvio horizontalnu bušilicu-glodalicu Bematic 80 (Sl. 8). Ova programski upravljana mašina je izazvala izuzetnu pažnju na međunarodnim sajmovima u Moskvi i Štokholmu. Zahvaljujući tome, Lola Ribar je postao važan partner (a ne kupac licenci) najpoznatijim nemačkim fabrikama (Burr, Wotan, Waldrich Coburg, Weingarten, Schiess, Steinel, Gildemeister, ...).



Slika 8. Prva savremena mašina alatka sa programskim upravljanjem Bematic 80 proizvedena u Loli Ribaru 1968. godine

Lola Ribar je bio među prvim kompanijama u Evropi, koje su počele razvoj i proizvodnju CNC mašina alatki, a primenom sistema modularnog projektovanja, sopstvenim razvojem digitalnih računarsko-upravljačkih sistema i kontrolera, Srbija se pozicionirala na svetskoj mapi najpoznatijih proizvođača CNC mašina alatki.

4. CNC MAŠINE ALATKE SAVREMENE KONSTRUKCIJE

Početakom 1970-ih godina Lola Ribar je strategiju svog razvoja usmerio u program CNC mašina alatki, obradnih centara i fleksibilnih tehnoloških sistema [8]. Najpre su razvijeni borverci sa CNC upravljačkim sistemima Siemens i Bosch, a zatim je razvijen čitav

spektar modernih teških CNC mašina alatki (Sl. 9, Sl. 10), koje su prikazane na svim najznačajnijim sajmovima u svetu.

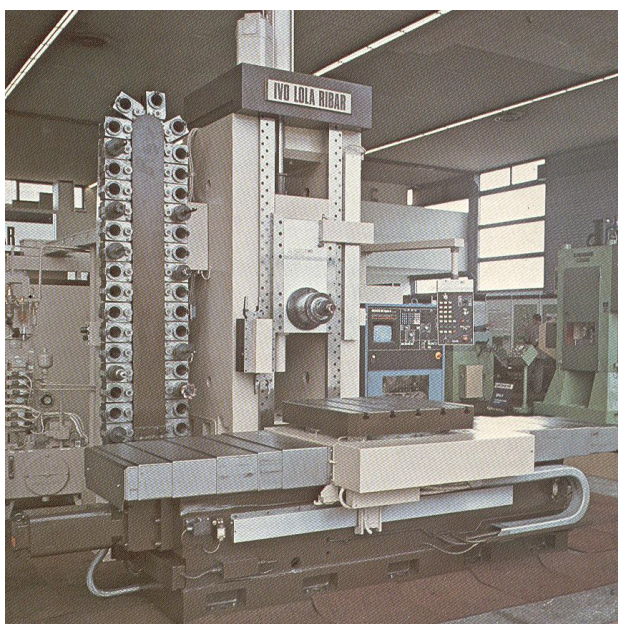


Slika 9. Lolina vertikalna bušilica-glodalica VRBG-40CNC sa evolverskom glavom



Slika 10. Portalna bušilica-glodalica KGB-80CNC Ivo Lola Ribar

Intenzivni razvoj industrije prerade metala 1970-ih godina je pokazao da teorija Frederika Tajlora (1856-1915) i principi grupne tehnologije S.P. Mitrofanova (1915-2003) nisu adekvatni u uslovima sve složenijih proizvoda u manjim serijama, a sa kraćim životnim vekom trajanja. Lola Ribar je među prvima u Evropi počeo razvoj obradnih centara, jer najveći deo vremena u obradnom procesu pripada manipulaciji alatom i obratkom a ne samom procesu rezanja, kada je alat u zahvatu sa materijalom obratka. Prvi obradni centar proizveden je u Loli Ribaru 1980. godine i danas se nalazi u Zavodu za mašine alatke Mašinskog fakulteta u Beogradu (Sl. 11).



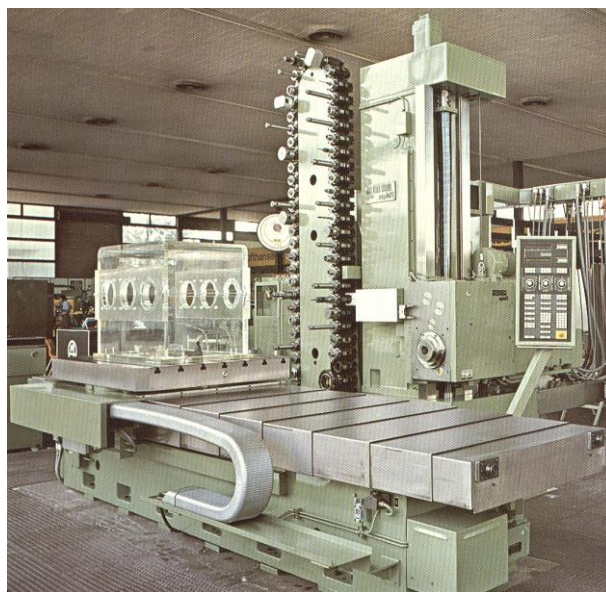
Slika 11. Prvi obradni centar HBG 800C proizveden u Loli Ribaru 1980. godine

Lola Ribar je u periodu 1980-ih godina razvio veliki broj familija i tipova horizontalnih obradnih centara, koji su bili zapaženi širom sveta. Istovremeno sa razvojem obradnih centara, Lola Ribar je formirao i sopstveni Lola institut kao i fabriku industrijskih računara, gde je počeo sopstveni razvoj i proizvodnju PLC kontrolera i CNC računarsko-upravljačkih sistema. Prvi CNC računari Lola 30CNC (Sl. 12) su razvijeni u Loli Ribaru i instalisani na mašinama alatkama 1985. godine. Veoma veliki broj ovih CNC sistema je instalisan na lolinim mašinama i obradnim centrima i nalazi se u velikom broju fabrika metalne industrije

bivšeg Sovjetskog Saveza i u mnogim fabrikama širom bivše Jugoslavije (Sl. 13).



Slika 12. Prvi CNC upravljački sistem Lola 30CNC razvijen u Srbiji 1985. godine



Slika 13. Obradni centar Ivo Lola Ribar HBG 1100C

Krajem 1980-ih godina razvijena je nova generacija CNC upravljačkih sistema Lola 300CNC (Sl. 14) i programabilnih kontrolera PA2000, što je omogućilo potpunu tehnološku nezavisnost Lole Ribara i srpske mašinogradnje od industrijski razvijenih zemalja Zapadne Evrope. Partnerskim ulaganjem američke kompanije IBM u zajednički CIM centar Lola instituta, stvoreni su uslovi za razvoj modernih

CNC mašina alatki primenom najnovijih CAD/CAM softverskih sistema. Na taj način je razvijen horizontalni obradni centar HMC500 (Sl. 15), koji je ispunio sve zahteve američkih standarda i plasiran na severnoameričko tržište ugovorom od 98 miliona dolara. To je najveći ugovor u oblasti mašina alatki, koji je Lola Ribar sklopio sa američkom kompanijom Tree Machine Tools Co. 1988. godine. Nažalost realizacija ovog, kao i ugovora sa IBM-om i niza drugih međunarodnih partnerskih ugovora Lole Ribara je prekinuta uvođenjem ekonomskih sankcija prema Srbiji.



Slika 14. CNC upravljački sistem Lola 300CNC



Slika 15. Horizontalni obradni centar HMC500 plasiran na tržište USA

Razvoj obradnog centra HMC500 je inicirao izgradnju nove računarske i komunikacione infrastrukture, uvođenje modernih CAD/CAM metoda projektovanja, sistema kvaliteta prema standardima ISO 9000, CE znaka i savremenog sistema upravljanja proizvodnjom.

5. SOPSTVENI RAZVOJ I PROIZVODNJA FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH SISTEMA

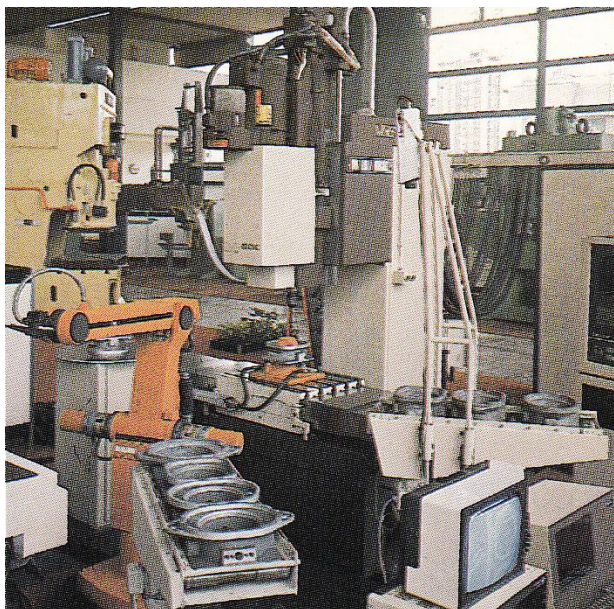
Ivo Lola Ribar je razvojem transfer linija, obradnih centara i robotizovanih proizvodnih sistema u potpunosti pratio intenzivni razvoj domaće automobilske industrije. Lola je isprojektovao i isporučio sve transfer linije fabrici motora 21 maj u Beogradu, koja je proizvodila motore za vozila Zastava automobila u Kragujevcu (Sl. 16). Oko dvadesetak lolinih transfer linija je instalisano u ruskim fabrikama automobila, traktora i kamiona. U to vreme je Lola Ribar bio među četiri najpoznatija proizvođača transfer linija u Evropi.



Slika 16. Lolina transfer linija 1725 za obradu bloka motora automobila „Zastava 101“

Radi povećanja produktivnosti pri izvođenju složenih tehnoloških operacija početkom 1980-ih godina, Lola Ribar je razvio robotizovane tehnološke ćelije, u kojima su roboti opsluživali veći broj obradnih sistema (Sl. 17). Fleksibilni tehnološki sistemi sa automatizovanim paletnim izmenjivačima, industrijskim manipulatorima i robotima koje je proizvodio Ivo Lola Ribar, sa sopstvenim računarsko upravljačkim sistemima, bili su ponos domaće mašinogradnje. Ivo Lola Ribar je razvio 1986. godine univerzalni zglobni robot Lola 80S nosivosti 80 kg (Sl. 18). Presentacija ovog robota je bila u Parizu 1986. godine u prisustvu svih francuskih proizvođača automobila. Praktična verifikacija radnih i funkcionalnih karakteristika je izvedena u

fabrici Peugeot u Ogzenu, koja je odmah bila zainteresovana za porudžbine. Zbog obima i kratkih rokova isporuke, kao i bankarskih garancija, Lola nije mogao da prihvati porudžbinu, ali je te iste 1986. godine sklopio ugovor (Sl. 19) za isporuku tri robotizovane tehnološke ćelije za kompletnu obradu karoserije automobila Yugo Florida.



Slika 17. Robotizovana fleksibilna tehnološka ćelija Lole Ribara iz 1982. godine



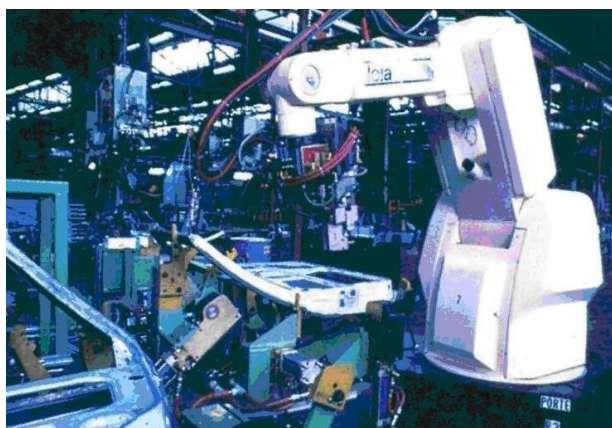
Slika 18. Robot Lola 80S razvijen i proizveden u Loli Ribaru 1986. godine

Ove robotizovane tehnološke ćelije su uspešno puštene u rad 1988. godine (Sl. 20), kada je Srbija među prvima u Evropi imala

robotizovane proizvodne linije sopstvene proizvodnje u automobilskoj industriji.



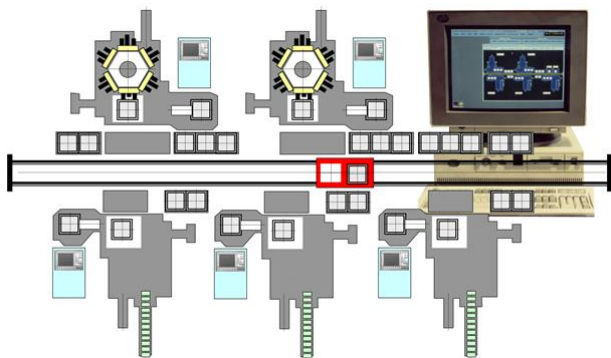
Slika 19. Dr Rodoljub Micić, predsednik Zastave i visoki državni funkcioneri prisutni na potpisivanju ugovora za robotizaciju Zastava automobila 1986. godine



Slika 20. Robot Lola 80S u robotizovanoj tehnološkoj ćeliji Zastava automobila u Kragujevcu 1988. godine

Zahvaljujući velikom razvojnom potencijalu Lola Ribar je isporučio u vreme sankcija 1995. godine, potpuno automatizovani fleksibilni tehnološki sistem Flexi 50-5 fabrici IMT u Knjaževcu za obradu kućišta malolitražnih motora. Flexi 50-5 se sastoji od tri horizontalna obradna centra, dva viševretna obradna centra kasetnog tipa, sa Lola 100CNC upravljačkim sistemima, šinskim transportnim sistemom sa upravljačkim sistemom PLC kontrolera Lola PA2000 i sopstvenim Cell kontrolerom na harverskoj platformi IBM Risc system 6000 (Sl. 21). Flexi 50-5 Lole Ribara je bez sumnje najveći tehničko tehnološki domet koji je ikada ostvaren kao rezultat domaće mašinogradnje u oblasti integracije mašina alatki, manipulacionih sistema, digitalnih

tehnologija i savremenih mikroprocesorskih upravljačkih sistema.



Slika 21. Konfiguracija Flexi 50-5 Ivo Lola Ribar instalisan u IMT Knjaževac 1995. godine

Nažalost, uvođenjem sankcija Saveta bezbednosti Ujedinjenih nacija 1992. godine i raspadom bivše Jugoslavije zaustavljen je tehničko-tehnološki razvoj u Srbiji, ne samo u oblasti CNC mašina alatki, već i u svim drugim oblastima industrijske proizvodnje.

6. NAJVEĆI TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI DOMETI DOMAĆE INDUSTRIJE MAŠINA ALATKI

Najveći domet domaće industrije mašina alatki je ostvaren 1988. godine, kada je na svetskoj biznis listi Jugoslavija bila na 11 mestu u svetu po proizvodnji mašina alatki, a više od 80% proizvodnje je realizovao Ivo Lola Ribar. Lola Ribar je tada bio veoma poznat i priznat proizvođač CNC mašina alatki u svetskim razmerama. Pojavljivao se na sajmovima širom sveta ravnopravno u društvu najpoznatijih evropskih, japanskih i američkih kompanija. Najveći evropski sajam mašina alatki EMO je 1988. godine otvorio nemački kancelar Helmut Kol (1930-2017), na štandu Lole Ribara, kao najvećeg partnera nemačkih fabrika mašina alatki. Te iste godine je i predsednik japanske kompanije Fanuc dr Seiemon Inaba došao u Beograd da lično poseti Lolu Ribara (Sl. 22). Predsednik Fanuc-a je bio impresioniran onim što je video u Loli, a posebno je bio iznenađen projektom tri robotizovane tehnološke ćelije za kompletnu obradu karoserije automobila Yugo florida, koje su bile u fazi probnog puštanja u rad. Skoro svakodnevno su inostrane privredne i državne delegacije

dolazile u Lolu Ribara da se lično upoznaju sa tehničko tehnološkim dostignućima i razvojnim projektima Lole Ribara, koji u to vreme nisu zaostajali za najrazvijenijim evropskim zemljama.



Slika 22. Predsednik Fanuc-a dr Seiemon Inaba u poseti Loli Ribaru 1988. godine

Poslednji predsednik Sovjetskog Saveza Mihail Gorbačov (1931) je tokom svoje posete Jugoslaviji 1988. godine zahtevao da poseti Lolu Ribara (Sl. 23), najvećeg industrijskog partnera SSSR-a u oblasti CNC mašina alatki.



Slika 23. Predsednik SSSR-a Mihail Gorbačov u poseti Loli Ribaru 1988. godine

Ivo Lola Ribar je 1988. godine imao savremenu korporativnu organizaciju sa sopstvenim inženjeringom i razvojnim institutom, sa dvadesetak specijalizovanih proizvodnih fabrika u Železniku i širom Srbije, sa oko 12500 zaposlenih, od kojih je bilo preko 2000 inženjera i visokoobrazovanih kadrova. Lola Ribar je imao jedan od najboljih mašinskih parkova u ovom delu Evrope i ostvarivao izvoz mašina alatki i industrijske opreme u

zapadnoevropske zemlje (konvertibilno tržište) blizu 500 miliona američkih dolara.

7. ZAKLJUČAK

Industrija CNC mašina alatki je bazna industrija i omogućuje tehnološku nezavisnost za sve druge oblasti metaloprerađivačke industrije jedne zemlje. Pristup projektovanju i proizvodnji CNC mašina alatki je u poslednje tri decenije značajno promenjen u odnosu na tradicionalni koncept. Primena modernih metoda projektovanja na bazi CAD/CAM sistema, razvoj savremenih pogonskih sistema, sistema za vođenje, mernih sistema, senzorske tehnike, inteligentnih ugradbenih komponenti i kontrolera, čine CNC mašine alatke visoko sofisticiranim proizvodima metaloprerađivačke industrije. U vreme Industrije 4.0 posle tri decenije potpunog zastoja u razvoju, veoma je teško da srpska mašinogradnja u bližoj budućnosti nađe mesto među svetskim proizvođačima CNC mašina alatki. Da bi se to ostvarilo neophodan je veoma veliki broj preduslova, od kojih su najznačajniji:

- Proizvodna infrastruktura sa kapitalnim mašinama i proizvodnim sistemima visokih geometrijskih, kinematičkih, energijskih i tehnoloških karakteristika,
- Veoma visok tehničko-tehnološki nivo u svim oblastima tehnologije prerade metala, od metalurških tehnologija do tehnologija mašinske obrade rezanjem, deformacijom i spajanjem.
- Visoko kompetentan i formiran kadrovski potencijal proizvodnih mašinskih i elektro inženjera projektanata mašina, računarsko upravljačkih sistema i projektanata proizvodnih tehnologija.

Ovi preduslovi danas ne postoje u Srbiji, tako da predstoji veoma dugotrajan, mukotrpan i neizvestan put, ukoliko bi se postavio strateški cilj ponovnog pozicioniranja Srbije na mapi svetskih proizvođača CNC mašina alatki. Sigurno bi taj put bio znatno lakši u partnerskoj saradnji sa nekim od

poznatih svetskih proizvođača CNC mašina alatki, koji bi našao interes investiranja u nove proizvodne pogone na ovim prostorima.

LITERATURA

- [1] N. Obradović: *U spomen sto godina nauke o mašinama 1873-1941.*, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1975.
- [2] V.B. Šolaja: *Počeci tehničke kulture i inženjerstva u obnovljenoj Srbiji*, Zbornik radova naučnog skupa "Pola veka nauke i tehnike u obnovljenoj Srbiji 1804-1854", Univerzitet u Kragujevcu, Kragujevac, 1996., str. 596-616.
- [3] V.B. Šolaja, A.S. Magdić: *Inženjeri u Knjaževstvu/Kraljevini Srbiji od 1834. godine do završetka Prvog svetskog rata*, Zajednica tehničkih fakulteta Univerziteta u Beogradu, Muzej nauke i tehnike u Beogradu, Lola Institut u Beogradu, Beograd, 1994.
- [4] V. Šolaja: *Sedamdeset godina proizvodnog mašinstva u Beogradu*, uvodni referat, Zbornik radova naučno-stručnog skupa "Sedamdeset godina proizvodnog mašinstva u Beogradu", Mašinski fakultet u Beogradu, Institut za alatne mašine i alate u Beogradu, Beograd, 1976., str. 1-116.
- [5] V. Šolaja: *Sto godina proizvodnog mašinstva u visokom školstvu Srbije – sećanje na prva četiri profesora*, Posebno izdanje u okviru 25. Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Mašinski fakultet u Beogradu, Lola Institut, Beograd, 1994.
- [6] Lj. Lukić, M. Djapić: *Putevima inženjerstva u Srbiji*, Tematski zbornik "Dobri voje S. Božić izumitelj savremenog sistema kočenja voza, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu, Kraljevo, 2016., str. 225-254.
- [7] Lj. Lukić, M. Djapić: *Industrija Ivo Lola Ribar Beograd, majka jugoslovenske mašinogradnje*, rad po pozivu, Zbornik radova 20. Međunarodne DQM konferencije ISDQM-2017., Čačak, 2017., str.20-36.
- [8] Grupa autora: *Industrija Ivo Lola Ribar Beograd*, monografija povodom 70 godina od početka radova na izgradnji Fabrike teških alatnih mašina Ivo Lola Ribar u Železniku, Udruženje Lolinaca, Beograd, 2017.