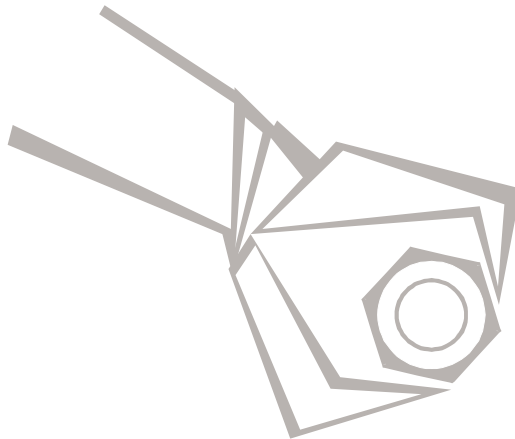


**30. JUBILARNO SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
SRBIJE I CRNE GORE 2005.
SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM**

**30th JUBILEE CONFERENCE ON PRODUCTION ENGINEERING OF SCG
WITH FOREIGN PARTICIPANTS**

UVODNI REFEREATI INTRODUCTORY PAPERS



*Čačak, 2005.
Vrnjačka Banja 1-3. septembar 2005.
Srbija i Crna Gora*

**30. JUBILARNO SAVETOVANJE
PROIZVODNOG MAŠINSTVA
SRBIJE I CRNE GORE 2005.
SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM
Cacak, 2005.**

UVODNI REFERATI

Urednik:
prof. dr Ratomir M. Jecmenica, dipl. maš. ing

Tehnicki urednici
Mirjana Brkovic
dr Srecko Curcic
dr Svetislav Markovic
Zoran Živkovic

Izdavac
Tehnicki fakultet Cacak
Univerzitet u Kragujevcu
Svetog Save 65

Za izdavaca
Prof. dr. Jeroslav Živanic, dekan Fakulteta

Lektori
Ivana Kicanovic
Vesna Stanojevic

Štampa
"Laser" Kraljevo

Tiraž:
130 primeraka

ISBN 86-7776-011-3

**30th JUBILEE CONFERENCE ON
PRODUCTION ENGINEERING OF
SERBIA AND MONTENEGRO
WITH FOREIGN PARTICIPANTS
Cacak, 2005.**

INTRODUCTORY PAPERS

Editor:
Professor dr Ratomir M. Jecmenica. PhD

Technical editors
Mirjana Brkovic
dr Srecko Curcic
dr Svetislav Markovic
Zoran Živkovic

Publisher
Tehnicki fakultet Cacak
Univerzitet u Kragujevcu
Svetog Save 65

For publisher
Prof. dr. Jeroslav Živanic, dekan Fakulteta

Language supervision
Ivana Kicanovic
Vesna Stanojevic

Printed by
"Laser" Kraljevo

Circulation:
130 primeraka

ISBN 86-7776-011-3

30. JUBILARNO SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA SRBIJE I CRNE GORE 2005 SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM

30th JUBILEE CONFERENCE ON PRODUCTION ENGINEERING OF SCG WITH FOREIGN PARTICIPANTS

NOCIOCI ORGANIZACIJE · ORGANIZING INSTITUTIONS

Zajednica naučno istraživačkih institucija proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore

Mašinski fakultet Beograd • Mašinski fakultet Niš • Mašinski fakultet Kragujevac • Mašinski fakultet Podgorica • Institut za proizvodno mašinstvo FTN Novi Sad • Institut za industrijske sisteme - FTN Novi Sad • Tehnički fakultet Cacak • Mašinski fakultet Kraljevo • LOLA Institut Beograd • Mašinski fakultet Priština

ORGANIZATORI · ORGANIZERS

TEHNICKI FAKULTET Cacak

Svetog save 65 Cacak

32000 CACAK

Tel: +381 (32) 302-736, 302-700, 302-757

web: <http://www.tfc.kg.ac.yu/>

email: tfcacak@tfc.kg.ac.yu

VIŠA TEHNICKA ŠKOLA Cacak

Svetog save 65 Cacak

web: <http://www.visatehnickacacak.edu.yu>

email: vtscacak@eunet.yu

MESTO ODRŽAVANJA · SYMPOSIUM VENUE

Vrnjacka Banja, Hotel Breza

1-3. Septembar 2005.

Pokrovitelj Savetovanja

Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije

Opština Cacak

Tehnički fakultet Cacak

Viša tehnička škola Cacak

POCASNI KOMITET · HONOURABLE COMMITTEE

Prof. dr Svetislav Zaric, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Vladimir Milacic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Milenko Jovicic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Joko Stanic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Milisav Kalajdzic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Predrag Popovic, Mašinski fakultet Niš • Prof. dr Vojislav Stojiljkovic, Mašinski fakultet Niš • Prof. dr Branko Ivkovic, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Branislav Devedžic, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Dušan Vukelja, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Sava Sekulic, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Dragutin Zelenovic, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Ratko Gatalo, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Dragoje Milikic, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Ilija Cosic, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Vuko Domazetovic, Mašinski fakultet Podgorica • Prof. dr Vucko Mecanin, Mašinski fakultet Kraljevo • Prof. dr Mihailo Milojevic, Mašinski fakultet Kraljevo • Prof. dr Sreten Uroševic, Tehnicki fakultet Cacak

NAUCNI ODBOR · SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. dr Ratomir Jecmenica, Tehnicki fakultet Cacak, predsednik

Prof. dr Milisav Kalajdzic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Ljubomir Tanovic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Dragan Milutinovic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Miloš Glavonjic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Milenko Jovicic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Pavao Bojanic, Mašinski fakultet Beograd • Dr Mirko Đapic, ILR Beograd • Prof. dr Miodrag Lazic, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Branko Ivkovic, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Bogdan Nedic, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Sreten Uroševic, Tehnicki fakultet Cacak • Prof. dr Radomir Slavkovic, Tehnicki fakultet Cacak • Prof. dr Ljubodrag Đorđević, Mašinski fakultet Kraljevo • Prof. dr Miroslav Radovanovic, Mašinski fakultet Niš • Prof. dr Velibor Marinkovic, Mašinski fakultet Niš • Prof. dr Radomir Vukasojevic, Mašinski fakultet Podgorica • Prof. dr Velimir Todic, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad

MEĐUNARODNI PROGRAMSKI ODBOR · INTERNATIONAL PROGRAM COMMITTEE

Prof. dr Vladimir Milacic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Joko Stanic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Milisav Kalajdzic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Yutiz M. Solomonzev, academician, Moscow State Technological University „STANKIN“, Moscow (Russia) • Prof. dr Viktor Starkov, Moscow State Technological University „STANKIN“, Moscow (Russia) • Prof. dr Milenko Jovicic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Pavao Bojanic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Ljubomir Tanovic, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Leonid Borisenko, Technical University of Mogilev, Mogilev (Belorus) • Prof. dr Dragutin Zelenovic, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Sava Sekulic, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Ratko Gatalo, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Ilija Cosic, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Dragoje Milikic, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Velimir Todic, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad • Prof. dr Petru Dusa, Technical University „Gh.Asachi“ Faculty of Mechanics, Iasi (Romania) • Prof. dr Predrag Popovic, Mašinski fakultet Niš • Prof. dr Velibor Marinkovic, Mašinski fakultet Niš • Prof. dr Manfred Geiger, University Erlangen-Nuremberg, Erlangen (Germany) • Prof. dr Branko Ivkovic, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Miodrag Lazic, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Milentije Stefanovic, Mašinski fakultet Kragujevac • dr Bogdan Nedic, Mašinski fakultet Kragujevac • Prof. dr Karel Kocman, Technical University of Brno, Brno (Szech Republic) • Prof. dr Evgeniy A. Kundrashov, academician, State Technical University of Chita, Chita (Russia) • Prof. dr Sreten Uroševic, Tehnicki fakultet Cacak • Prof. dr Ratomir Jecmenica, Tehnicki fakultet Cacak • Prof. dr Jeroslav Živanic, Tehnicki fakultet Cacak • Prof. dr Snežana Radonjic, Tehnicki fakultet Cacak • Prof. dr Radomir Slavkovic, Tehnicki fakultet Cacak • Prof. dr Dragan Golubovic, Tehnicki fakultet Cacak • Prof. dr Predrag Ružucic, Tehnicki fakultet Cacak • dr Svetislav Markovic, Viša tehnicka škola Cacak • dr Srećko Curcic, Tehnicki fakultet Cacak • Prof. dr Ljubodrag Đorđević, Mašinski fakultet Kraljevo • Prof. dr Ljubomir Lukic, Mašinski fakultet Kraljevo • Prof. dr Slavko Sebastijanovic, University of Osijek, Mechanical Engineering Faculty, Slavonski Brod (Croatia) • Prof. dr Vuko Domazetovic, Mašinski fakultet Podgorica • Prof. dr Radomir Vukasojevic, Mašinski fakultet Podgorica • dr Mirko Đapic, ILR Beograd

ORGANIZACIONI ODBOR · ORGANIZING COMMITTEE

dr Srećko Curcic, Tehnicki fakultet Cacak, docent, predsednik • Mirjana Brkovic, Tehnicki fakultet Cacak • Mr Predrag Dašic, IMK „14. oktobar“ Kruševac • dr Svetislav Markovic, Viša tehnicka škola Cacak • dr Petar Nikišić, Viša tehnicka škola Cacak • Mr Radisav Đukic, Viša tehnicka škola Cacak • Mr Radovan Ciric, FRA Cacak • Obrad Tošić, FRA Cacak • Sava Đuric, IMK „14. oktobar“ Kruševac • Danijela Milošević, Tehnicki fakultet Cacak • Milka Jovanovic, Tehnicki fakultet Cacak • Đuro Vucicevic, Tehnicki fakultet Cacak

RECENZENTI · REVIEWERS

Prof. dr Ljubodrag Tanovic • Prof. dr Ratomir Jecmenica • Prof. dr Radomir Slavkovic • Prof. dr Miodrag Lazic • Prof. dr Milenko Jovicic • Prof. dr Milentije Stefanovic • Prof. dr Velimir Todic • Prof. dr Radomir Vukasojevic • Prof. dr Velibor Marinkovic • Prof. dr Ljubodrag Đorđević • Prof. dr Bogdan Nedic • Prof. dr Milisav Kalajdzic • Prof. dr Snežana Radonjic

**Organizatori Savetovanja Proizvodnog mašinstva
Jugoslavije/Srbije i Crne Gore 1965-2005.
Organizers of Conference on Production Engineering
of Yugoslavia/Serbia and Montenegro
1965-2005.**

I	Beograd, Mašinski fakultet Beograd,	1965.
II	Zagreb, Fakultet za strojarstvo i brodogradnju Zagreb,	1966.
III	Ljubljana, Fakultet za strojništvo Ljubljana,	1967.
IV	Sarajevo, Mašinski fakultet Sarajevo,	1968.
V	Kragujevac, Mašinski fakultet Kragujevac,	1969.
VI	Opatija, Fakultet za strojarstvo i brodogradnju Zagreb,	1970.
VII	Novi Sad, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad,	1971.
VIII	Ljubljana, Fakultet za strojništvo Ljubljana,	1973.
IX	Niš, Mašinski fakultet Niš,	1974.
X	Jubilarno Mašinski fakultet Beograd, , Beograd	1975.
XI	Ohrid, Mašinski fakultet Skopje,	1977.
XII	Maribor, Visoka tehnicka škola Maribor,	1978.
XIII	Banja Luka, Mašinski fakultet Banja Luka,	1979.
XIV	Cacak, Pedagoško - tehnicki fakultet Cacak,	1980.
XV	Novi Sad, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad,	1981.
XVI	Mostar, Mašinski fakultet Mostar,	1982.
XVII	Budva, Mašinski fakultet Podgorica,	1983.
XVIII	Niš, Mašinski fakultet Niš,	1984.
XIX	Kragujevac, Mašinski fakultet Kragujevac,	1985.
XX	Jubilarno Mašinski fakultet Beograd, Beograd	1986.
XXI	Opatija, Tehnicki fakultet Rijeka,	1987.
XXII	Ohrid, Mašinski fakultet Skopje,	1989.
XXIII	Zagreb (nije održano)	1991.
XXIV	Novi Sad, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad,	1992.
XXV	Beograd, Mašinski fakultet Beograd,	1994.
XXVI	Podgorica, Mašinski fakultet Podgorica,	1996.
XXVII	Niš, Mašinski fakultet Niš,	1998.
XXVIII	Kraljevo, Mašinski fakultet Kraljevo,	2000.
XXIX	Beograd, LOLA Institut Beograd,	2002.
XXX	JUBILARNO CACAK, TEHNICKI FAKULTET i VIŠA TEHNICKA ŠKOLA CACAK	2005.

**Dosadašnji dobitnici Povelje i Plakete
"prof. dr Pavle Stankovic"**

Odlukom Zajednice institucija proizvodnog mašinstva Jugoslavije 1983. godine koju su sacinjavali: Mašinski fakultet Beograd, Mašinski fakultet Niš, Mašinski fakultet Kragujevac, Mašinski fakultet Podgorica, Institut za proizvodno mašinstvo - FTN Novi Sad, Institut za industrijske sisteme - FTN Novi Sad, Tehnicki fakultet Cacak, Mašinski fakultet Kraljevo, LOLA Institut Beograd, Mašinski fakultet Priština, Institut za alatne strojeve "Prvomajska" Zagreb, Tehnicki fakultet Rijeka, Institut za alatne mašine i alate IAMA Beograd koja je potvrđena Pravilnikom obnovljene Zajednice 1994. godine ustanovljena je povelja i plaketa "Prof. dr Pavle Stankovic" koja se dodeljuje istaknutim naučno-istraživačkim radnicima u oblasti proizvodnog mašinstva.

Dosadašnji dobitnici ovog priznanja su:

• **za 1983. godinu**

Prof. dr Rudolf Zdenkovic, dipl. ing, Strojarski fakultet, Zagreb

Prof. dr Vladimir Šolaja, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd

Prof. dr Julije Kimer, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Beograd

- **za 1984. godinu**
Prof. dr Janez Peklenik, dipl. ing, Fakultet, Ljubljana
Prof. dr Binko Musafija, dipl. ing, Mašinski fakultet, Sarajevo
- **za 1985. godinu**
Prof. dr Predrag Popovic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Niš
Prof. dr Vladimir Milacic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd
- **za 1986. godinu**
Prof. dr Branko Ivkovic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Kragujevac
Prof. dr Strezo Trajkovski, dipl. ing, Mašinski fakultet, Skoplje
- **za 1987. godinu**
Prof. dr Svetislav Zaric, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd
Prof. dr Josip Hribar, dipl. ing, Strojarski fakultet Zagreb
- **za 1988. godinu**
Prof. dr Branislav Devedžic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Kragujevac
Prof. dr Elso Kuljanic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Rijeka
Prof. dr Zoran Seljak, dipl. ing, Mašinski fakultet, Ljubljana
- **za 1992. godinu**
Prof. dr Jožef Rekecki, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad
Prof. dr Sava Sekulic, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad
Prof. dr Joko Stanic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd
Prof. dr Vlado Vujovic, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad
- **za 1994. godinu**
Mile Benedetic, dipl. ing, LOLA Institut, Beograd
Prof. dr Vuko Domazetovic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Podgorica
Prof. dr Milenko Jovicic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd
- **za 1996. godinu**
Prof. dr Milisav Kalajdžic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd
Prof. dr Dragutin Zelenovic, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad
- **za 1998. godinu**
Prof. dr Ratko Gatalo, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad
Prof. dr Vucko Mecanin, dipl. ing, Mašinski fakultet, Kraljevo
- **za 2000. godinu**
Prof. dr Mihailo Milojevic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Kraljevo
Prof. dr Dragoje Milikic, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad
- **za 2002. godinu**
Prof. dr Vojislav Stojiljkovic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Niš
Prof. dr Ilija Cosic, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad

Dosadašnji dobitnici Diplome Proizvodnog mašinstva Jugoslavije

Na osnovu Pravilnika o dodeli zaslužnim institucijama od 8.6.1994. godine dodeljuju se diplome radnim organizacijama za izuzetan doprinos organizovanju savetovanja proizvodnog mašinstva.

Neki dosadašnji dobitnici Diplome Proizvodnog mašinstva Jugoslavije:

- ILR Železnik
- Prvomajska Zagreb
- Litostroj Ljubljana
- MIN Niš
- FRA Cacak
- Jugoalat Novi Sad
- SOKO Mostar
- Fabrika vagona Kraljevo
- Zavodi Tito Skopje ...

PREGOVOR

Prvo Savetovanje Proizvodnog mašinstva Jugoslavije, na inicijativu prof. dr Vladimira Šolaje, održano je 1965. godine u Beogradu. Tada je i formirana Zajednica jugoslovenskih naučno-istraživačkih institucija proizvodnog mašinstva koju su sacinjavali: Mašinski fakultet Beograd, Fakultet za strojništvo Ljubljana, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Mašinski fakultet Niš, Mašinski fakultet Kragujevac, Mašinski fakultet Skopje, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Institut za alatne mašine i alate IAMA Beograd, Zavod za alatne mašine, alate i mernu tehniku Sarajevo, Visoka tehnička škola Maribor, Mašinski fakultet Banja Luka, Tehnički fakultet Rijeka, Tehnički fakultet Titograd, Institut za alatne strojeve "Prvomajska" Zagreb.

1977. godine Zajednici pristupaju Mašinski fakultet Mostar i Pedagoško-tehnički fakultet Cacak.

Promene koje su se dešavale u državi odrazile su se i na Zajednicu pa je tako danas sacinjavaju samo institucije iz Srbije i Crne Gore: Mašinski fakultet Beograd • Mašinski fakultet Niš • Mašinski fakultet Kragujevac • Mašinski fakultet Podgorica • Institut za proizvodno mašinstvo FTN Novi Sad • Institut za industrijske sisteme - FTN Novi Sad • Tehnički fakultet Cacak • Mašinski fakultet Kraljevo • LOLA Institut Beograd • Mašinski fakultet Priština.

Smatram da ja potrebno preduzeti akcije koje bi dovele do proširenja Zajednice i na institucije van granica SCG. Ovo bi trebalo da nam bude jedan od prioriternih zadataka u narednom periodu.

Organizator ovog 30. jubilarnog Savetovanja je ponovo Tehnički fakultet Cacak (bio je organizator 14. Savetovanja 1980. godine).

Ovo Savetovanje održava se u vremenu intenzivne vlasničke transformacije, strukturnih i drugih transformacija u proizvodnim sistemima. Iza nas je vreme ekonomskih blokada, sankcija i drugih ograničenja u funkcionisanju privrede i društva. Oprema i tehnologije su zastarele, kadar se osipao, veze koje su postajale sa industrijski i tehnološki razvijenim zemljama su pokidane. Kvalitet i konkurentnost proizvoda je opao, pa je međunarodno tržište postalo nepristupacno za naše proizvodne sisteme i proizvode.

Školovanje kadrova (srednje, više i visoko obrazovanje, poslediplomske, doktorske studije) za ovaj segment privrednih aktivnosti, je ušlo u nekontrolisano čak i haotično stanje. Sve ovo ukazuje da se i naše proizvodno mašinstvo nalazi u zacaranom krugu iz kojeg se skoro ne vidi izlaz.

Kroz animiranje relevantnih faktora u ovoj državi, izbor tematskih oblasti: Proizvodno mašinstvo – nove tehnologije i globalizacija inženjerstva, Informacione tehnologije u proizvodnom mašinstvu, Revitalizacija, reinženjering, menadžment i održavanje, Razvoj proizvoda, Proizvodne tehnologije, proizvodni procesi i materijali, Automatizacija i robotizacija, Upravljanje proizvodnim sistemima, Sistemi menadžmenta i bezbednost opreme, Veštacka inteligencija i ITS u proizvodnom mašinstvu, CAx tehnologije (CAD/CAM/CAPP/CAE sistemi), CIM i PLM koncepti, uvodne referate (radove po pozivu) i druge aktivnosti, organizatori skupa imaju za cilj da problematiku u kojoj se nalazi proizvodno mašinstvo nametnu kao neodložni zadatak za rešavanje.

Na savetovanju ce biti izloženo preko 100 radova iz zemlje i inostranstva (Rusija, Ukrajina, Bugarska, Grcka, Rumunija, Belorusija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Makedonija,...).

Smatram da ce kroz ove radove, diskusije o izloženim radovima, okrugli sto i druge aktivnosti biti značajno definisano mesto, uloga, značaj i perspektive proizvodnog mašinstva kao značajnog segmenta u privrednom, naučnom i obrazovnom segmentu u ovoj državi.

Organizovanje ovog savetovanja finansijski i materijalno su pomogli Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije, Tehnički fakultet Cacak, Viša tehnička škola Cacak, Opština Cacak, privredni subjekti Cacka i šireg okruženja kao i pojedinci na cemu im se najsrdačnije zahvaljujem.

Zahvaljujem se takode autorima i koautorima radova i radova po pozivu, ucesnicima u radu Savetovanja i okruglog stola. Takode se zahvaljujem članovima Zajednice PM SCG, recenzentima, članovima Programskog, Naučnog, Pocašnjog i Organizacionog odbora koji su svojim aktivnostima, predlozima i sugestijama pomogli da se ovo Savetovanje uspešno održi.

*U Cacku,
1.9. 2005.*

*Predsednik Zajednice PMSCG
prof. dr Ratomir M. Jecmenica, dipl.maš.ing.*

FOREWORD

The first Conference of Productive Mechanic Engineering of Yugoslavia was held on initiative of prof. Ph D Vladimir Šolaja in 1965 in Belgrade. It was then the Community of Yugoslav scientific-researching institutions of productive mechanical engineering was established and it consisted of: Mechanical Engineering Faculty- Belgrade, Mechanical Engineering Faculty- Ljubljana Mechanical Engineering and Shipbuilding Faculty- Zagreb Mechanical Engineering Faculty- Niš, Mechanical Engineering Faculty- Kragujevac, Mechanical Engineering Faculty- Skopje, Faculty of Technical Sciences- Novi Sad Institute for Tool Machines and Tools IAMA Belgrade Bureau for Tool Machines, Tools and Measuring Techniques Sarajevo Faculty of Technics- Maribor Mechanical Engineering Faculty- Banja Luka Technical Faculty- Rijeka Technical Faculty- Titograd Institute for Tools Machines „ Prvomajska“ Zagreb.

In 1977 the Community joined Mechanical Engineering Faculty Mostar and Pedagogical Technical Faculty Cacak. The changes that have been happening to the state of Yugoslavia reflected to the Community, so today it consists only of the institutions from Serbia and Montenegro: Mechanical Engineering Faculty- Belgrad, Mechanical Engineering Faculty- Niš, Mechanical Engineering Faculty- Kragujevac, Mechanical Engineering Faculty-Podgorica, Institute for Productive Mechanical Engineering-FTN Novi Sad, Institute for Industrial Systems- FTN Novi Sad Technical Faculty- Cacak Mechanical Engineering Faculty- Kraljevo, LOLA Institute- Belgrade, Mechanical Engineering Faculty- Priština.

I consider it necessary to undertake certain actions which would lead to expansion of the Community even to the institutions out of the borders of our country. This should be the task of high priority in the forthcoming period.

This Conference is being held in the time of intense ownership transformation, structural and other transformations in productive systems.

Behind us is the time of economics blockades, sanctions and other restrictions in functioning of production and society. The equipment and technology is outdated, employees are dispersed, the connections we have had with technologically and industrially developed countries are broken.

The quality and the concurrency of the products have decreased, so rigorous international market has become unapproachable for us. Education of the personnel (high school, colleges and faculties) for this segment of economic activities has gone out of control and got into almost chaotic condition. All this points out that our productive mechanics is into vicious circle, out of which we can't find the way out, soon.

The organizers of this Conference will try - through animation of relevant factors in this state, by choosing thematic fields (Productive mechanics- new technologies and engineering globalization, Informative technologies in productive mechanics, Revitalization, reengineering, management and maintaining, Development of the Production, Productive technologies, productive processes and materials, Automatization and robotization, Management of production systems, systems of management and equipment' safety, Artificial Intelligence and ITS in productive mechanics, CAx technologies (CAD/CAM/CAPP/CAE systems) CIM and PLM concepts, introductory papers(papers on invitation) and other activities to present as inevitable task to solve the complicated situation the production engineering is in.

On this Conference over 100 papers will be represented both from Serbia and Montenegro and from foreign countries (Russia,Ukraine,Bulgaria,Greece, Romania, Belorussia, Croatia,Bosnia and Hercegovina, Macedonia, Serbian Republic...)

We hope that through these papers, discussions over represented papers, round tables and other activities, the position, the role, significance and perspectives of productive mechanics as important part of economics scientific and educational segments in this state, will be defined.

Organization of this Conference has been supported financially and materially by Ministry of Science,Development and Life environment of Republic of Serbia, Technical Faculty of Cacak, Technical College Cacak, Municipality of Cacak, economic subjects of Cacak and surroundings just as individuals and I sincerely thank them all.

I also express my gratitude to the authors and coauthors of the papers and papers to invitation, participants in this Conference and the round table, members of the Community PM SandM, reviewer, members of programming,scientific, honour and organization Committee that have helped -through their activities proposals and suggestions- this Conference to be held successfully.

*In Cacak,
1.9. 2005.*

*Chairman of the Community PMSCG
Proffesor prof.dr Ratomir M. Jecmenica.PhD*

SADRŽAJ

U znak sećanja: Prof. dr Vladimir Šolaja	XI
Ljubodrag Đorđević	
ŠTA JE PROFESOR ŠOLAJA HTEO DA PORUCI	XIII
UR1 Vladimir R. Milacić	
ORGANIZOVANO NEZNANJE FENOMEN SRBIJE	1
UR2 Predrag Popović, Predrag Dašić, Ratimir Jecmenica, Sava Đurić	
RETROSPEKTIVA STANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA	11
UR3 Isak Karabegović, Milan Jurković, Vlatko Dolecek	
PRIMJENA INDUSTRIJSKIH ROBOTA U EVROPI I SVIJETU	29
UR4 Nenad Radović	
SAVREMENI METALNI MATERIJALI	47
UR5 Milentije Stefanović, Srbislav Aleksandrović, Vesna Mandić	
AKTUELNI TRENDVI RAZVOJA TEHNOLOGIJE PLASTICNOG OBLIKOVANJA METALA	57
UR6 Radovan Ćirić	
ANALIZA STANJA OPREME I TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA ZA TERMICKU I HEMIJSKO- TERMICKU OBRADU I NANOŠENJE PREVLAKA	83
UR7 Predrag Dašić, Ratimir Jecmenica, Bogdan Nedić	
ISTORIJSKI PRIKAZ I TENDENCIJE DALJEG RAZVOJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA	95
Indeks autora	103

U ZNAK SECANJA

Na osnivača Zajednice naučno istraživačkih institucija proizvodnog mašinstva Jugoslavije

Prof. dr VLADIMIR ŠOLAJA (1920 - 1997)



Glavni inicijator da se 1965. godine formira „Zajednice naučno istraživačkih institucija proizvodnog mašinstva Jugoslavije“, bio je profesor dr. Vladimir Šolaja, dipl.inž.maš. Udario je pečat razvoju srpskog inženjerstva kao: naučni radnik, univerzitetski profesor, pedagog, kreator i nosilac ideja u razvoju nastave, istraživanja i organizaciji istraživanja.

Prof. Šolaja je rođen 3. decembra 1920. godine u Zagrebu, gde je završio srednju školu i četiri semestra na Strojarskom odseku Tehničkog fakulteta.

U vreme drugog svetskog rata boravio je u Beogradu, gde je oktobra 1945. godine nastavio studije. Diplomirao je na Mašinskom odseku Tehničkog fakulteta u Beogradu 1949. godine, gde je marta 1949. postavljen je za mladog industrijskog inženjera, a krajem iste godine izabran je za asistenta, 1958. za docenta, 1961. za vanrednog profesora, a 1968. godine za redovnog profesora, u kom zvanju je bio zaposlen na Mašinskom fakultetu u Beogradu do penzionisanja 1985. godine.

U periodu 1959-1963. godine, član je jugoslovenske delegacije u Komitetu za nauku OECD u Parizu, a potom tri godine član jugoslovenske delegacije u Sekciji

br.2 (alatne mašine) Komisije za mašinogradnju SEV.

Profesor dr. Vladimir Šolaja je 1963. godine osnovao “Institut za alatne mašine i alate – IAMA” u Beogradu, i od osnivanja bio direktor do svog penzionisanja 1985. godine, i do ulaska Instituta IAMA u poslovni sistem “Ivo Lola Ribar”. Pravni sledbenik Instituta IAMA je današnji LOLA Institut a.d., u kome je profesor Šolaja bio doživotni savetnik i predsednik Naucnog veca.

Bio je član redakcionog odbora casopisa SITJ “Tehnika”, medunarodnog casopisa “Manufacturing Systems”, predsednik Saveta casopisa “Održavanje mašina i industrijske opreme OMO”, član izdavačkog Saveta publikacija Instituta IAMA i kasnije LOLA Instituta i nekih publikacija Mašinskog fakulteta. Bio je član medunarodne institucije za istraživanje i proizvodno mašinstvo CIRP sa sedištem u Parizu. Dobitnik je i Sedmojulske nagrade za naučni rad, a bio je i počasni doktor Univerziteta u Beogradu.

Bio je pokretac i neposredni organizator I i X Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, koja su održana u Beogradu 1965 i 1975. godine. Dobitnik je i Povelje i plakete “Prof. dr Pavle Stankovic”, koja mu je dodeljena 1983. god., u godini kada je uspostavljena.

Referentna lista objavljenih radova prof. Šolaje ima broj naslova koji je veći od tri stotine. Svi ovi radovi mogu se svrstati u sledeće tri osnovne oblasti:

- naučno-stručna oblast proizvodnog mašinstva,
- oblast nauke o nauci, naučne politike i obrazovanja, i
- oblast inženjerske istoriografije.

Objavljeni naslovi u naučno-stručnoj oblasti proizvodnog mašinstva obuhvataju rezultate 28-godišnjeg naučno-istraživačkog i istraživačko-razvojnog delovanja dr V.Šolaje u više problemskih skupina:

- radovi fundamentalnog značaja u teoriji rezanja i obradljivosti, kompleksu kvaliteta generisane površine i u međudejstvima u obradnom sistemu,
- teorijsko-stručni radovi u posebnim pitanjima obrade i obradljivosti, kao što su keramički alati, burgije i bušenje, geometrija i konstrukcija reznih alata, odsecanje, obrada deformacijom ili nekonvencionalni postupci,
- radovi šireg naučno-stručnog područja proizvodnog mašinstva kao što je metrologija, zupčasti menjaci, ispitivanje alatnih mašina sa razvojnim intervencijama, pomoćni pribori, tehnologija i tehnološka organizacija i tehnoeconomika proizvodne funkcije,
- radovi koji se odnose na nauku o nauci, naučnu politiku i obrazovanje, sadrže opšte naslove (nauka o nauci, programiranje, planiranje, organizovanje, finansiranje, informacije, kadrovi i obrazovanje), i one u kojima je prisutna problematika proizvodnog mašinstva, i
- radovi iz inženjerske istoriografije odnose se na istraživanja u oblasti srpskog inženjerstva i proizvodnog mašinstva.

Prof. Šolaja je organizovao i značajno unapredio nastavu proizvodnog mašinstva na dodiplomskim i posle diplomskim studijama kako na matičnom, tako i na većini mašinskih fakulteta prethodne Jugoslavije.

Predavao je brojne predmete koji se odnose na mašinsku obradu, tehnološke sisteme, alate i pribore, kontrolu kvaliteta, merenje, metod i organizaciju naučnoistraživačkog rada, i dr.

Kao šef Katedre za proizvodno mašinstvo, 17 godina je usmeravao veliki broj mladih i talentovanih istraživača, gde stvara jak istraživački i nastavni tim, neprekidno se interesujući za rad Katedre i Fakulteta uopšte. Delo prof. dr Vladimira Šolaje, zauzima istaknuto mesto u jugoslovenskoj i međunarodnoj misli u oblasti proizvodnog mašinstva, kao značajnog dela industrijsko-privrednog kompleksa. U nacionalnim okvirima, skoro pola veka, bio je organizator i utemeljivac istraživačke i obrazovne aktivnosti iz oblasti proizvodnog mašinstva, naučne i tehnološke politike, a posebno istorije inženjerstva u Srbiji i Jugoslaviji.

ŠTA JE PROFESOR ŠOLAJA HTEO DA PORUCI

Prof dr Ljubodrag Đorđević, dipl. maš. ing.
Mašinski fakultet Kraljevo, Fakultet za industrijski menadžment Kruševac
E-mail: djljuba @ ptt. yu

Vreme koje prolazi briše mnoge velicine, mnoga secanja. Mnoge stvari, događaje i ljude želimo prosto da izbrišemo iz memorije. Naprotiv, uvek zbog nas i generacija koje dolaze, moramo ponavljati misli i poruke, posebno ljudi **koji su u našoj struci i koji su našoj struci** poklonili ceo svoj životni vek, koji su posebno obeležili vreme koje nemože da se vrati. Jedan od takvih ljudi je i profesor Šolaja. Neke njegove poruke, ostaju da se pamte. Neke njegove poruke ostaju da žive.

Profesor Šolaja je u naša poimanja ušao kao profesor iz cijih smo knjiga ucili. Kao profesor koji nam je tumacio neke predmete.

Na Mašinskom fakultetu u Nišu, meni je predavao na poslediplomskim studijama. Nalazim njegova predavanja iz predmeta *Metod i organizacija naučno istraživačkog rada, MONIR, šolska 1979/80. god.* U momentu dok ove redove pišem, imam uvid u predavanja držana 19.04.80. Nekoliko ključnih poruka sa tog predavanja:

- **Dekar** kaže: -Ništa nije istinito što se nemože dokazati,
- Istraživanje bazira na pojavama,
- Događaji su neponovljivi,
- Moguće su velike greške,
- Dve pojave se povezuju a uzrok su neke treće,
- Planiranje eksperimenta - cilj eksperimenta - generalna proba -
- **ne veruj nikome – AKTIVNO PRISUSTVO,**
- Protokol - **sveska sa koricama,**
- Nijedan eksperiment nije totalno izgubljen - on pokazuje često šta ne treba raditi,
- Izveštaj o rezultatima istraživanja,
- Faktor covek-cemu je slican istraživač-da li treba da bude Ajnštajn- **POŠTENJE PRED SAMIM SOBOM : DA LI JE TO PROSTOR ZA NJEGA?**



Teško je nabrojati sve ono što je Profesor Šolaja uradio kao **Kreator modela primene nauke u industrijskoj praksi**, neumorni tumač azbuke svakog inženjerstva, uvodeci i definišuci *Metod i organizaciju naučno istraživačkog rada (MONIR)*, predmet koji su generacije studenata poslediplomskih studija slušale i polagale kod njega. Uvek cemo se secati specificnog, **i zaista retko ljudski**, njegovog metoda ispitivanja, kada vam na kraju razgovora kaže da sami sebe ocenite i upišete ocenu u indeks. Za trenutak pomislite da se taj, na prvi pogled veoma ozbiljani i strog covek šali, ali kada vam podpisuje ocenu u indeksu, kroz svakog prolazi jedno izuzetno osećanje i nedomica da li ste pravilno postupili, da li ste se zaista realno ocenili, da li niste tog divnog, i u duši prefinjenog i dobrog coveka, prevarili i obmanuli.

ŽIVOTNI PUT

Teško je opisati životni put takvog coveka kao što je bio Prof. dr Vladimir Šolaja. Počevši od Zagreba, gde je rođen 03.12.1920. godine, gde je i započeo studije na Strojarskom odseku Tehnickog fakulteta, preko hapšenja juna 1941. kada je sa roditeljima proteran u Srbiju, pa do 1949. godine kada je diplomirao na Mašinskom odseku Tehnickog fakulteta, na kome je ostao kao Profesor Univerziteta sve do penzionisanja 1985. godine. Životni put na kome je, na brojne generacije diplomiranih inženjera, magistara, doktoranata, prenosio **svuju plemenitost, ljubav prema tehničari, naučari, istraživanju, inženjerstvu**, ugrađujući u SVE **svoj stvaralacki optimizam, ljudski i profesionalni moral.**

Teško je opisati njegov doprinos kao Istraživača i naučnog radnika, jer je **broj njegovih objavljenih knjiga, udžbenika, monografija, naučnih i stručnih radova**, veoma velik, jer je on do poslednjeg daha, baš tako se mora, za Profesora Šolaju reci, do 30. aprila 1998. godine, **pisao, stvarao, razmišljao, vodio projekte, davao primer da u životu, makoliko težak i mukotrpan bio, nema kraja, posebno u onim ljudima, koji su citav život vaspitavali druge i svojim primerom pokazivali da se samo rdom nastavlja i produžava život, da se i posle smrti ostaje da živi.**

Bio je osnivač i direktor instituta IAMA (Institut za alatne mašine i alate), još daleke 1963. godine, u kome je postavio pravce razvojnih i istraživačkih aktivnosti, a od 1984. godine ovaj Institut je prerastao u LOLA Institut za alatne mašine i alate (LOLA IAMA).

Miloš Savcic, Graditelj, privrednik, gradonačelnik



nazivom *"Iz nasleđa srpskih graditelja"*. Tom prilikom Profesor Šolaja je govorio o upravo objavljenoj monografiji *"Indžiniri u okruženju kruševackom 1834-1924"*, iznenada preminulog autora *Milutina R. Jugovica*, što je istovremeno bilo i podsećanje na ovog vrednog kruševackog kulturnog poslenika, publicistu i istraživaca sa kojim je veoma blisko Profesor Šolaja saradivao.

Zahvaljujuci u prvom redu Profesoru Šolaji, sredinom prošle godine, Muzej nauke i tehnike, otvorio je izložbu *Inženjer Miloš Savcic, graditelj, privrednik, gradonačelnik*, koja je za nas bila posebno interesantna, jer zahvaljujuci upravo Milošu Savcicu, tadašnjem predsedniku Prometne banke, 1928. godine, praktično nastaje FABRIKA VAGONA I GVOZDENIH KONSTRUKCIJA, današnji IMK "14. Oktobar".

Odmah iza inženjera Toše Seleskovića, prvog konstruktora alatnih mašina iz devetnaestog veka, profesora Pavla Stankovića, utemeljivaca Proizvodnog mašinstva sredinom dvadesetog veka, dodaje se ime Profesora dr Vladimira Šolaje

Profesor Šolaja je tako, posebno zaokupljen mašinstvom, ljudima, istorijom inženjerstva, i sam otišao u istoriju. Postao njen deo. Ostaje sećanje na njega, kao uzor i primer da se u životu može mnogo (*Prof. dr Ljubodrag Đorđević, Sećanje na profesora, DR VLADIMIRA ŠOLAJU, Casopis instituta IMK „14.oktobar“, IMK-14, Istraživanje i razvoj, Godina IV, broj (8-9), 1998. str. 6.*

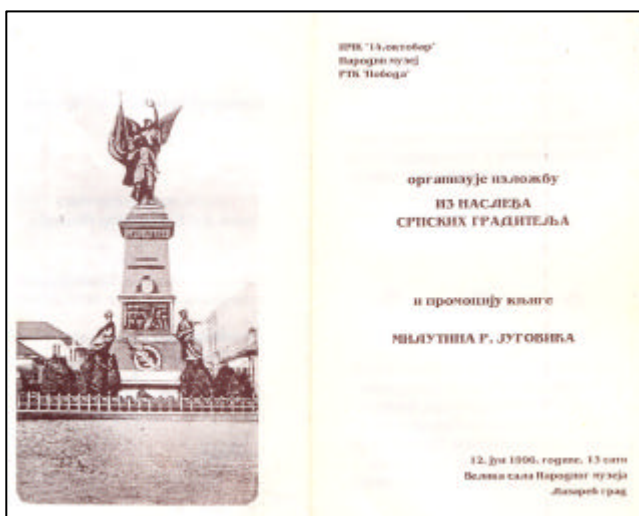
Teško je nabrojati sve ono što je Profesor Šolaja uradio kao *Kreator modela primene nauke u industrijskoj praksi*, neumorni tumač azbuke svakog inženjerstva, uvodeći i definišući *Metod i organizaciju naučno istraživačkog rada (MONIR)*, predmet koji su generacije studenata posle diplomskih studija slušale i polagale kod njega. Uvek ćemo se sećati specifičnog, *i zaista retko ljudski*, njegovog metoda ispitivanja, kada vam na kraju razgovora kaže da sami sebe ocenite i upišete ocenu u indeks. Za trenutak pomislite da se taj, na prvi pogled veoma ozbiljni i strogi čovek šali, ali kada vam podpisuje ocenu u indeksu, kroz svakog prolazi jedno izuzetno osećanje i nedomica da li ste pravilno postupili, da li ste se zaista realno ocenili, da li niste tog divnog, i u duši prefinjenog i dobrog čoveka, prevarili i obmanuli.

Nama su najsvežije preokupacije Profesora Šolaje da je se bavio istraživanjem *Istorije srpskog inženjerstva*, da je vrlo uspešno vodio projekat *PINUS (Putevima inženjerstva u Srbiji - i u Srba)* i kao urednik ostavio iza sebe *PINUS zapise 1, 2, 3...*

U junu 1996. godine, iako već sa ozbiljnim zdravstvenim problemima, smogao je snage da bude naš gost, gost Kruševca, IMK "14. Oktobar", gost RTK "Pobeda" i Narodnog muzeja gde je bila postavljena izložba pod

IZLOŽBA – IZ NASLEĐA SRPSKIH GRADITELJA

U periodu 12.-25. juna 1996. godine organizovana je u velikoj sali muzeja u Kruševcu izložba pod nazivom „Iz nasleđa srpskih graditelja“. Rec je o odabranom delu specijalizovane izložbe „PUTEVI SRPSKOG INŽENJERSTVA U SRBIJI TOKOM XIX VEKA“ Muzeja nauke i tehnike održane u periodu april – juni 1994. godine u Galeriji Srpske akademije nauka i umetnosti SANU u Beogradu. Uz podršku organizacija IMK „14. oktobar“, Narodni muzej i RTK „Pobeda“ jedan od povoda izložbe u Kruševcu bilo je prikazivanje tada upravo objavljene monografije *Milutina R. Jugovića - „Inžiniri u okružju kruševackom 1834-1924“*.



Pozivnica i protokol otvaranja izložbe

<p>Og 12. - 26. juna u Kruševcu je postavljena reprezentativna izložba 'Putevima graditeljstva u Srbiji', koju su priredili Muzej nauke i tehnike i Zajednica tehničkih fakulteta Univerziteta u Beogradu. Prvi put se izlaže bogata građa o tehničkom razvoju i graditeljstvu u Srbiji i kruševackom kraju.</p> <p style="text-align: center;">* * *</p> <p>Neдавно preminuli Milutin R. Jugović napisao je četrdeset knjiga i monografija, veliki broj priloga za Radno i TV i novinskih listova. Prilika je da se podsetimo na deo iz njegovog bogatog stvaralaštva.</p>	<p style="text-align: center;">ПРОГРАМ</p> <ul style="list-style-type: none">- Kamerni muški хор "Bivšnici"- Gec domaćina- Projekat "Putevima inženjerstva u Srbiji" prof.dr Vladimir Šolaja- Milutin R. Jugović Kao publicista: Ivan Pudelj, upravnik Narodne biblioteka- Iz novinarske zaoštabitine: RTK "Pobeda"- Otvaranje izložbe: dr Ljubodrag Boršević- Koktel
---	--

Pošto je autor monografije početkom maja neočekivano preminuo, otvaranje izložbe bilo je posvećeno i podsećanje na ovog vrednog kulturnog poslenika, publicistu i istraživaca, i, konacno izložbom u Kruševcu promovisan je i dugoročni projekt „Putevima inženjerstva u Srbiji (i u Srba) - PINUS .

Duže vremena pripremana izložba 1994. godine obuhvatala je, pored gotovo 400 eksponata i objavljenog kataloga (V. Šolaja, A.Magdic: Putevi srpskog inženjerstva tokom XIX, Galerija SANU, Beograd, knj. 74, 1994), jednodnevno savetovanje (Zbornik radova „ Putevi srpskog inženjerstva tokom XIX“, SANU,

Beograd, knj. LXXIII, Odeljenje tehničkih nauka, knj. I, 1994) i promociju monografije o 1000 inženjera u Srbiji u XIX veku (V. Šolaja, A. Magdic: Inženjeri u Knjaževstvu/Kraljevini Srbiji od 1834. godine do početka Prvog svetskog rata, Serija PINUS, knj. 1, Beograd, 1994).

Sem u Kruševcu, izložba je prikazana 10. aprila u Beogradu (promocija projekta PINUS u Poslovnom centru LOLA), 7. i 8. maja u Kragujevcu (naucno savetovanje „Pola veka nauke i tehnike u obnovljenoj Srbiji 1854-1904“) a 27. i 28. juna u Mataruškoj banji (Medunarodno savetovanje „Teška mašinogradnja 1996“ , *Prof.dr Vladimir B. Šolaja, rukovodilac projekta PINUS, POVODOM IZLOŽBE „IZ NASLEĐA SRPSKIH GRADITELJA“ U KRUŠEVCU, JUNA 1996. GODINE I PROJEKTA „PINUS“, Casopis instituta IMK „14.oktobar“, IMK-14, Istraživanje i razvoj, Godina II, broj 3, 1996. str.152-153*).

Kao jedan od onih koji su pomogli profesoru Šolaji da realizuje ovu izložbu u Kruševcu i Mataruškoj banji , bio sam zadužen, da je otvorim. Morao sam da srocim pricu koja nebi bila svakidašnja, prica o Izložbi, prica o kontaktima sa profesorom Šolajom, sa drugim ljudima koji su mi pomagali i onima koje ovakve stvari, poput izložbe ili istorije srpskog inženjerstva, nisu interesovale. Zašto je ptrebno ispricati i zabeležiti ove price, i zabeležiti i zapisati baš u **svesku koja ima korice**. Da se zna! Da se ne zaboravi!

Izložbu sam otvorio recima:

Poštovani prijatelji,

Proglašavajući Izložbu Muzeja nauke i tehnike, otvorenom, pozivam Vas:

- *da je pogledamo,*
- *pozivam Vas da razmišljajući o njoj, pocnemo da razmišljamo i o sebi, i o nama, o našoj pameti, koje bar nismo morali da se stidimo,*

- pozivam Vas da pokrenete svoja razmišljanja i o ljudima koje ste znali, pa zaboravili, o njihovim delima i ne zabeleženim ostvarenjima,
- pozivam Vas da počnete i Vi da pišete, o sebi i o drugima. Potrebno je to zbog nas koji smo još uvek tu i onih koji dolaze,
- jer svako od nas ima po neku priču i zna je.
- Zabeležimo je i pomognimo našem uvaženom profesoru Šolaji da ovaj projekat i dalje živi, a i mi sa njim.
- Hvala Vam što ste u ovako imponantnom broju došli na ovu izložbu.

Dva dana posle otvaranje izložbe stiglo je pismo sledeće sadržine:

Prof. dr. Vladimir B. Šolaja
Mašinski fakultet
27.marta 80, P.fah 174
11001 Beograd

Prof. dr Ljubomir Đorđević
Uprava IMK "14. oktobar"
37 000 Kruševac

Beograd, 14.juna 1996.

Cenjani kolega Ljubo,

Želim i ovom prilikom da Vam zahvalim u moje ime i u ime Adele Magdić i Teodore Nedeljković, na Vašem velikom angažovanju oko izložbe o inženjerima u Kruševcu, i oko njenog docnijeg seljenja u Kraljevo; jasno nam je da bez Vašeg maksimalnog truda svakako da ova, verujem značajna, manifestacija inženjerstva – uključujući i sećanje na Milutina R. Jugovića – ne bi bila tako lepo pripremljena i uspela.

U prilogu Vam šaljem kopiju mog današnjeg pisma kolegi Gligorijeviću u vezi sa sponzorstvom IMK "14. oktobar" izložbe o inž. Milošu Savčiću. Pošto se u Kruševcu nismo dogovorili o detaljnoj daljoj proceduri, a finansijsko učešće industrije nam je vrlo bitno, pismo Vam šaljem na industriju.

Sa zahvalnošću za Vaše angažovanje po svim pitanjima, i srdačnim pozdravima,

B.Šolaja

PRILOG: Pismo inž. G. Gligorijeviću

П.С- посебном поштом шаљем Вам један примерак Пинус Записа бр 3, пошто сте нам препустили Ваш примерак (можете га заменити за свој са посветом Југовића!)

Шолаја

Sa zahvalnošću za Vaše angažovanje po svim pitanjima, i sa srdačnim pozdravima,

V.Šolaja

PRILOG: pismo inž. G. Gligorijeviću

П.С - посебном поштом шаљем Вам један примерак Пинус Записа бр 3, пошто сте нам препустили Ваш примерак (можете га заменити за свој са посветом Југовића!)

Шолаја

Deo pisma profesora Šolaje

PORUKE

Ostaju neke njegove poruke koje treba zabeležiti i kojih se uvek kad su ovakvi skupovi treba podsetiti.

* Jedna od važnih poruka je ona koja se odnosi na mašinsku struku. Stalna afirmacija kreativnog kadra i struke. Priče o ljudima iz naše bliže i dalje prošlosti, koji su je obeležili konkretnim delima. Malo je tih priča. Kao da nas one i ne interesuju? Kao da je svet počeo ovih dana, od nas ?

- Ostavio nam je poruku da moramo bolje poznavati istoriju inženjerstva, upoznati ljude koji su nam utrljali put.

* U svakom poslu, poruka: POŠTENJE PRED SAMIM SOBOM : DA LI JE TO PROSTOR ZA NJEGA? Da li je to prostor za istraživača. Da li je to prostor za **čoveka** kao bitnu i jedinu polugu koja može u svetu neznanja, znanjem da pokrene i preokrene okolinu, da podigne porušeno.

- Sasvim je sigurno da bi sve drugačije izgledalo kada bi svako odradio svoj posao. Verovatno bi smo sa tom životnom filozofijom bili u mnogo boljoj poziciji, nego što danas jesmo. Profesor Šolaja je bio pošten pred samim sobom. Radio je do poslednjih dana. Bez predaha. Radio je svoj posao i mnoge druge.

* Pored neophodnog znanja, koje predstavlja dubinu čovekove ličnosti, jedna od dimenzija koju mora čovek da poseduje je, izuzetna širina za razumevanje i shvatanje ne samo problema, već i ljudi. Obe dimenzije su bile ukomponovane u ličnosti profesora Šolaje. Kao čovek, koji je samo u pojedinim momentima i u intervalima koji nisu bili previše dugi, imao dodirnih tačaka sa njim, nisam mogao da uočim koja je od tih dimenzija bila veća.

Svojim delovanjem, specifičnim načinom komunikacije sa velikim brojem ljudi, prosto nas je uvlačio u taj, svoj svet, koji je imao neki drugi smisao, sasvim suprotnu orijentaciju od nekih uobičajenih stremljenja koja se danas sreću. Iz njega je zračila i izbijala skromnost. Živeo je u veoma skromnom ambijentu, bez želje da opterećuje okolinu sobom i svojim problemima.

* Prosto je neverovatno koliko je uvažavao ljude. S dužnom pažnjom obraćao se svima. Nije mu bilo teško da ubaci papir u mašinu, i da se zahvali, zamoli. Nama, kojima je ponekad teško i telefonom da se poslužimo, to prosto izgleda nestvarno. Imao je vremena za sve i ništa nije prepuštao slučaju.

* ...Ili je reč o čoveku koji je pripadao nekom drugom vremenu, koga u ovom vremenu niko nebi mogao da razume i shvati, koji je otišao u istoriju, baš kao sva njegova zaostavština, rukopisi, knjige, papiri na kojima je radio, koji su neposredno posle njegove smrti, strpani u kontejner i oterani na otpad. Kao da se potvrđuje ono što je napisano: **Владимир Шолаја, Адела Магдић, ПУТЕВИ СРПСКОГ ИНЖЕЊЕРСТВА ТОКОМ XIX ВЕКА ,THE COURSE OF SERBIAN ENGINEERING IN THE NINETEENTH CENTURY, ГАЛЕРИЈА СРПСКЕ АКАДЕМИЈЕ НАУКА И УМЕТНОСТИ, 74, Београд, 1994., стр. 45-46:**

УМЕСТО ЗАКЉУЧКА

Изложба и стручно-научни скуп Пuteви српског инжењерства током XIX века, посвећени обележавању јубиларног датума прве инжењерске асоцијације на Балкану, вишеструки су по могућим циљевима. Свакако да је један од њих жеља да се, у низу досадашњих повремених подсећања на поједина велика имена из српског инжењерства или на значајно наслеђе, покуша са свеобухватним приступом тој области људске делатности и цивилизацијских прегнућа.

Шта данас знамо о целини српског инжењерства у осамдесетогодишњем распону 1834-1914. године, и то као делу друштва које је стварало своју државност, водило ратове и/или дипломатске спорове, стварало своје политичке странке са непоштедним међусобним борбама, али упорно настојавало и на унапређењу свог материјалног и културно цивилизацијског статуса.

За неколико великих имена наше историје обично се везује инжењерска професија, на пример за Николу Пашића или Светозара Марковића. Можда су још нека имена српских инжењера из XIX века позната у круговима ужих стручњака. Шта је са осталима ? Са извесним изненађењем откривамо да их се за осамдесет година изређало више од 600, а то није коначни број. У проценту између погледа инжењера упртог у садашњост и будућност и важних порука из прошлости треба наћи праву меру, имајући на уму општи и стручни интерес.¹

Пошто је превасходно реч о ствараоцима артефаката, било да су то путеве, зграде или индустријска добра, требало би да наслеђе, осим у документима, буде бројно и у материјалној сфери. Захваљујући многим немилим околностима, то ни на једној страни није сасвим тако. **Архивска грађа је махом уништена**, а теже је доступна евентуална заоставштина која се може наћи код потомака. Ретки су објекти као што је прва локомотива изграђена у Србији, названа "краљ Милан", сачувана надлежештва и стамбене зграде, понека камена ћуприја, хидроцентрала на Ђетињи у Ужицу или конзервирани остаци ранијих рударских радова. И надаље смо сведоци немилосрдног рушења зграда и индустријских објеката који су остали из тог времена.

¹ Подсећа се на девизу јапанске фирме FANUC: "технологија има историју, инжењер нема прошлост, већ само снаге да дела у будућности".

Милутин Р. Југовић, ИНЦИНИРИ У ОКРУЖЈУ КРУШЕВАЧКОМ 1834-1924, ПИНУС 3, Записи, Београд, март 1996. година, је записао:

Први стални инжењер у Крушевачком округу био је Франц Мил (1852). Од тог тренутка Крушевац се као насеље развија организовано. Први Крушевљанин инжењер је Љубомир Мутаџић (1874). У 1875. години у Крушевицу је радио Никола Пашић, будући државник. Други Крушевљанин на месту окружног инжењера био је Сава Браљинац (стр.9). Више пројеката, потом објеката које је Никола Пашић урадио, отишло је "путем низ калдрму"-рашчили смо их на саставне делове.²

* Svedoci smo jedne nerazumne politike, koja mašinsku struku dovodi u totalnu izolaciju, rušeći joj ambijent u kome je imala potporu. Mašinska industrija je dovedena do totalne propasti. Sasvim je sigurno da tehnička intelegencija u ovom ambijentu nema šansi da preživi, nema šta da traži. Sasvim je sigurno da nećemo više proizvoditi avione, tenkove, kamione, vagone, građevinske i rudarske mašine, da od proizvodnje **alatnih mašina, kojima je Profesor Šolaja posveti čitav svoj život**, u dogledno vreme ne će biti ništa.

Šta bi Profesor Šolaja na to sve rekao, koju bi motivaciju za sebe i druge našao u okolnostima kad je znanje podcenjeno i degradirano?

* Verovatno bi rešenje našao u onome što je izuzetno cenio, u onome što je u neograničenim količinama posedovao, zbog čega je u **BAR NEKE** ljude i verovao, i mislim da je sledeći njegove misli potrebno opet početi od početka, od **POŠTENJA PRED SAMIM SOBOM I PREMA DRUGIMA**, ako je to upšte moguće, s obzirom na ono što sam od Profesora Šolaje čuo prvi put pre 25 godina, **NE VERUJ NIKOME, AKO JE I TO UPŠTE MOGUĆE**.

² В.Б. Шолаја, А.С.Магдић, Кафана "Зелена пијаца"-1886. године, касније апотекарска школа и апотека "Кедровић"-срушена 1961. године; друга кафана"Национал/Београд" у којој је пројектант заборавио да испројектује ступнице-срушена 1966. године

UVODNI REFERATI



Uvodni referat i Rad po pozivu

ORGANIZOVANO NEZNANJE FENOMEN SRBIJE

Vladimir R. Milacic

*Ako arhitekta ne izgradi kucu dovoljno izdržljivu
a koja ce da se sruši, bice ...
Hammurabi Code 2180. pre nove ere*

NEZNANJE KAO NAJVECA NESRECA COVEKA

Neznanje je moc
Orvel 1984.

Covek je kroz svoju dugu istoriju težio sreći. Stvarajući znanja stvarao je uslove za svoju sreću, tako što je razvijao svoju fizicku i mentalnu snagu. Na njegovom putu razvoja stajala je velika prepreka. To je neznanje. Neznanje je vodilo coveka u siromaštvo i glad kao i do njegovog nestajanja. Neznanje je destruktivna moc koja coveka vodi u nesreću.

Zapravo, ovaj traktat o neznanju pokušava da upozori da se covek i naša civilizacija nalaze u velikoj opasnosti tako što ce vladati organizovano neznanje. Vladavina neznanja pre svega je usmerena na razaranje covekovog prakticnog uma³ kao i njegovog glavnog produkta koji nazivamo moral, i stvaranje nove kvazimoralne doktrine.

Koliko su duboki ovi koreni neznanja može se naci u davnoj covekovoju istoriji. Tako su pre 60.000 godina naši preci kromanjonci sa neandertalcima živeli jedni pored drugih, a vec pre 30.000 godina ovi drugi (neandertalci) su nestali⁴. Objašnjenje za to treba tražiti ne u vrstama alata i jeziku koji su koristili, vec u cinjenici da su kromanjonci imali lunarni kalendar. To im je omogucilo da povežu kalendarske dane sa migracionim obrascem bizona, jelena i drugih životinja. Za ovo na zidovima pecina postoje crteži severnih jelena sa 28 ureza na rokcicama. Gladni kromanjonci su naucili da treba da cekaju nailazak životinja na recnim prelazima, u danima kada je vodostaj nizak, dok su neandertalci nasumice lutali da ulove nešto za život. Tako su i nestali.

Može se reci da je kromanjancima, našim precima, intelektualni kapital kojeg su posedovali bio odlucujuci faktor koji im je omogucio ulazak u prvi civilizacijski krug.

Mnogo godina kasnije, pojedinci identifikovani kao nosioci znanja bili su okrutno ubijani od strane onih koji su bili fariseji neznanja. Filozof Sokrat, za koga je Pitije iz Defta rekao da je najmudriji covek u Atini, dok je on sam za sebe tvrdio „da zna da ništa ne zna“, popio je otrov. Aristotel je bežao da ga ne zadesi ista sudbina, rimski vojnik ubio je Arhimeda, inkvizicija je gotovo pogubila Galileja, ali je zato spalila Đordana Bruna. I mnogi drugi su stradali zato što su bili veliki mislioci ili stvaraoci znanja. Sasvim slucajno za vreme epidemije kuge u Londonu, Isak Njutn sa svojim svežnjem knjiga i sitno ispisanim hartijama napušta London i vec sledece godine stvara svoju Principiju⁵. Tako je od prirodne kataklizme u kojoj je nosioc i stradalnik bio covek spasen jedan od stubova nauke. Ajnštajna je mogla da zadesi slicna sudbina ali od „kuge“ koja se zvala nacizam.

Istrgnuti primeri borbe znanja i neznanja samo delimicno ilustruju destruktivnu nadmoc neznanja koja devijantno utice na razvoj coveka i njegove civilizacije.

Danas je svet suocen sa fenomenom organizovano neznanja koje kao da stvara osnove za orvelovsku projekciju buducnosti naše planete.

Srbija danas je prostor koji zapravo predstavlja laboratoriju za organizovano neznanje, što je podloga za pojavu „mentalne crne rupe“ na evropskom kontinentu. Glavni ešalon današnje destrukcije, koji je nastao iz organizovanog neznanja, je organizovani kriminal. Premijer Srbije, dr Zoran Đindić, možda nije bio daleko od istine kada je pred svoj tragican kraj rekao:

„Svaka država ima svoje kriminalce, ali kriminalci u Srbiji imaju svoju državu.“

³ Emanuel Kant, Kritika prakticnog uma, BIGZ, Beograd (1950)

⁴ Leif Edvinson, Michael Malone (1997), Intellectual Capital, Harper Business, New York

⁵ Slobodan Bubnjevic, Ka svetlosti, Politika, dodatak: Kultura, umetnost, nauka, 5. mart 2005.

Zapravo kao da nije završio ovu tvrdnju, jer nije otkrio koren takve promene u Srbiji. A to je neznanje. Neki nauncnici, kao i obicni analiticari, skloni su da analiziraju pitanje da je „možda narod sišao s uma“⁶. Tako nas naš pravac izucavanja stanja u Srbiji vodi prema odgovoru na pitanje zašto Srbija propada. Mi verujemo da odgovor leži u jednoj reci, ali u kompleksnom smislu njenog znacenja. Ta rec je neznanje.

Tragicar Šekspir je u Juliju Cezaru otkrio taj ambis ljudske prirode:

„Ponekad udes covek kuje sam
Do naših zvezda, Brute, nema krivice.
No do nas samih što smo ološ kukavan.“

Teritorijom neznanja gospodari taj „ološ kukavan“, a neznanje je moc.

Za mene u današnjoj Srbiji, postaje aktuelno razmišljanje Getea, kada je posle bitke kod Vaterloa gledao razorenu Evropu, i rekao:

„Hvala Bogu što više nisam mlad u jednom tako sasvim završenom svetu.“

SKICA ZA ARHITEKTURU AKSIOMATIKE NEZNANJA

Platon je u svojoj raspravi sa Sofistima⁷, tim prvim trgovcima znanja, kroz Sokrata pokušao da otkrije stablo neznanja. Mi smo pokušali da formalizujemo to drvo neznanja navodeci dve grane:

- Neobrazovanost, i
- Nemanje odgovarajućeg obrazovanja u strucnim veštinama

Najteži, ali i najrasprostranjeniji oblik neznanja – neobrazovanost – je kada neko ne zna a misli da zna. To proistice iz zablude u mišljenju – neobrazovanost koju je moguće otkloniti sa dubokim umecem poucavanja (obrazovanja).

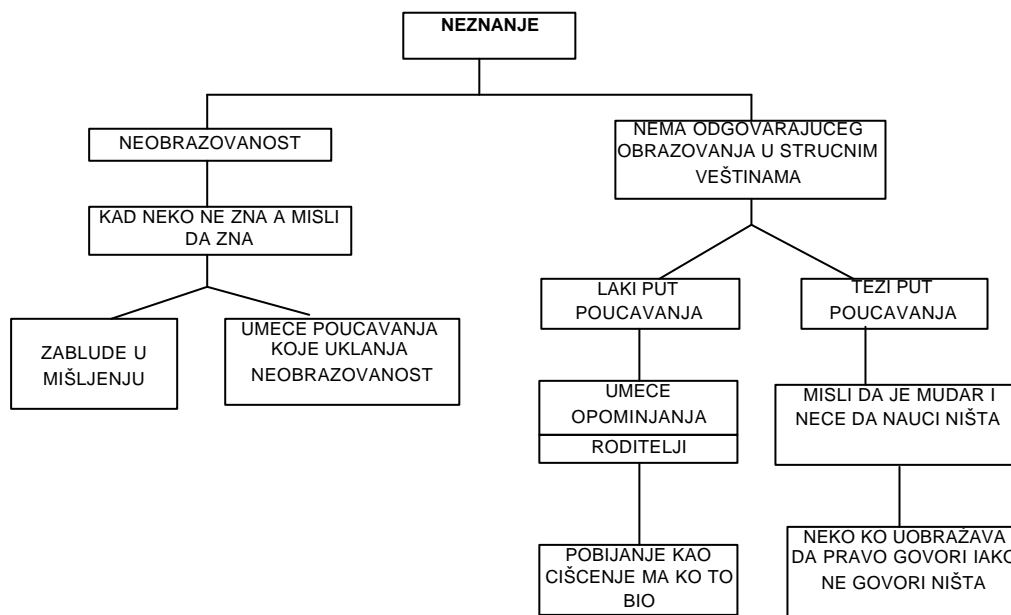
Obrazovanje u strucnim veštinama (umecu) je zapravo osposobljavanje za vršenje odgovarajucih poslova u životu. Tako imamo dve grane:

- Laki put poucavanja, i
- Teži put poucavanja

Koristeci mogucnosti postojeće organizacije u doba Platona ovde se pod lakim putem poucavanja naziva umece opominjanja koje roditelji sprovode nad svojom decom. Danas je porodica važan izvor ili ponor znanja za nove naraštaje. Porodica može da bude veliki izvor za nastanak „rudnika znanja“, ali u razbijenim društvima to je i glavni ponor znanja, tj. projektant neznanja u novoj generaciji.

Teži put poucavanja je kroz obrazovni sistem i kroz rad. Neko misli da je mudar i neće da nauči ništa. Ovo se artikuliše kroz uobraženost da neko nešto pravo govori i ako ne govori ništa. Danas, u vreme globalne multimedijске civilizacije narocito dolazi do velikog potiskivanja znanja neznanjem kao apostolom života. Platon insistira da je pobijanje takvog govora (nehapšenje govornika i zabrana govora) metod cišćenja takvog govornika pa „makar to bio i kralj“. Ako nema tog cišćenja, neznanje postaje gospodar pojedinca kao i društva.

Na donjoj slici dat je izgled platonskog neznanja.



Platonova struktura neznanja coveka

⁶ Dušan Kecmanovic, Da li može narod sici s uma, Politika, dodatak: Kultura, Umetnost, Nauka, Beograd, 5. mart 2005.

⁷ Platon, Sofisti, Plato, Beograd (2000)

Radeci na tri-projektu Intelektualnog kapitala⁸, Menadžmentu tehnologije⁹ i Industriji znanja¹⁰ stalno smo imali na umu problem odnosa znanja-neznanje. Vec u Intelektualnom kapitalu analizirani su izvori i ponori intelektualnog kapitala. Ponor intelektualnog kapitala kao širi društveni je zapravo kontaminacija teritorije znanja i zahteva za njeno zaposedanje neznanjem i nosiocima tog neznanja. U Menadžmentu tehnologije govori se o znanju vezanim za umeća i za kristalizovana znanja koja omogućavaju da covek iz siromaštva neznanja ude u zonu sreće popločanu znanjem.

U trecem delu ovog tri-projekta Industrija znanja razmatra se put naše vrste-coveka, kako je došao do stanja da govori o mudrosti, zatim o pitanju da li postoji teorija znanja, da bi se nanovo posmatrao problem upotrebe znanja kroz intelektualni kapital i na kraju dala projekcija novog društva na bazi znanja, kroz analizu industrije znanja, kao novog fenomena naše civilizacije.

Ovaj rad je kontrapunkt navedenim razmišljanjima u tri-projektu.

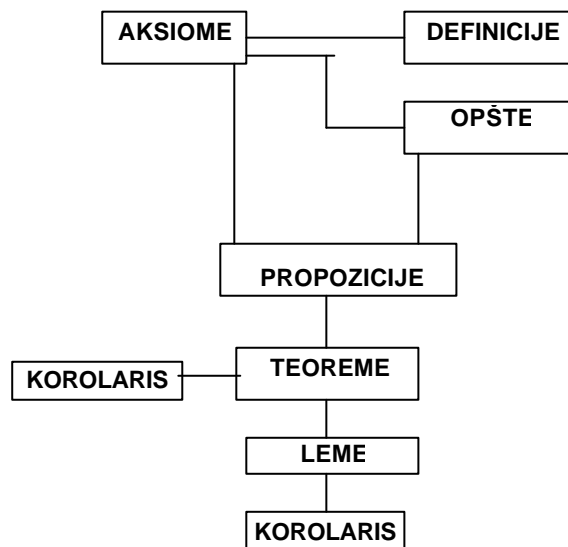
ARHITEKTURA AKSIOMATIKE NEZNANJA

Analizom kuce znanja Euklida i Njutna, kao i proucavajući aksiomatsku teoriju projektovanja i koristeći određena saznanja, ovde se daje prvi prikaz aksiomatike neznanja. Ova aksiomatika ima za cilj da se uspostave pozitivna aksiomatska znanja koja treba stalno da potiskuju neznanje znanjem kod pojedinaca ili u jednom društvu.

Ovde se ogranicavamo na ambijent Srbije i neke zabrinjavajuće demonstracije organizovanog neznanja. Arhitektura aksiomatike neznanja sazdana je od:

- Definicija
- Aksioma
- Opštih lema
- Iskaza
- Teorema
- Lema i
- Korolarisa

Na sledecoj slici je data i opšta arhitektura aksiomatike neznanja.



A. Arhitektura aksiomatike neznanja

Ovde je potrebno napomenuti da je ovakva nomenklatura pozajmljena iz Euklidovih elemenata matematike, Njutnove principije kao i Kantove Kritike čistog uma, ali sadržajno je relativizovana do nivoa posibilističke teorije evidencije¹¹. Osnovu čine pristup dolaska do funkcije verovanja polazeći od funkcija podrške koje predstavljaju evidenciju pojave.

Navode se pojedini blokovi arhitekture, uz napomenu, da je njihovo konstituisanje vršeno na bazi covekovog saznanja i manifestacija u realnom životu u Srbiji.

⁸ Vladimir R. Milacic, Intelektualni kapital, Institut Goša, Beograd (1999)

⁹ Vladimir R. Milacic, Menadžment tehnologije, Prometej, Novi Sad (2004)

¹⁰ Vladimir R. Milacic, Industrija znanja (u pripremi)

¹¹ Glen Shafer, A Mathematical Theory of Evidence, Princeton University Press, New Jersey

Pocnimo od definicije koje se koriste ovde. Navedeno je pet kljucnih definicija kroz koje pokušavamo da oznacimo našu „zgradu neznanja“.

AKSIOME DEFINICIJE

OPŠTE LEME

PROPOZICIJE

TEOREME

LEME

KOROLARIS

KOROLARIS

DEFINICIJE

Def 1: Uvek oko nas ima više neznanja nego znanja.

Ovu smo definiciju preuzeli od Peter F. Drucker-a¹² koji je uveo termin „organizovano neznanje“. Tokom cetrdeset godina se nosio mišlju da napiše knjigu na tu temu, ali nije uspeo. Mi smo, pre nego što nam je došla u ruke navedena njegova knjiga, proučavali Sokratovo razmišljanje o neznanju.

Def 2: Zaslepljujuće neznanje vodi nas pogrešnim putem.

„Smrtnici, jadnici otvorite oci!“

Ova se misao pripisuje Leonardu da Vinciju¹³. a odnosi se na Bibliju.

Prva knjiga koju je štampao Gutenberg bila je Biblija.

Def 3: „Mnogi su od obmana i lažnih cuda napravili zanat varajuci glupu gomilu.“

Ovo je takode misao koja je navodno nadena u Da Vincijevim beleškama

Def 4: „Teško onome koji bi hteo da ljude nauči brže nego što oni mogu da nauče.“

Ovako je govorio Sokrat svojim ucenicima, misleci da je ucenje mukotrpan i dugotrajan proces. Covek ili narod koji nije spreman na to, nema ni mogucnost da nauči kako da bude srecan.

Def 5: „Svi ljudi teže znanju po prirodi...“

Ovako Aristotel zapocinje svoju metafiziku¹⁴. Zapravo, ovo delo je prvo integralno delo o znanju.

AKSIOME

Dugo smo razmišljali o aksiomatskoj gradi za organizovano neznanje kao i definisanju samih aksioma. U pocetku, kada je Srbija bila bombardovana, došli smo do zakljucka da tu ima slicnosti sa Hirošima katastrofom u drugom svetskom ratu. Tu je centralno pitanje: kako nastaje stanje u kome je neznanje moc. Tako smo došli do tri aksiome za organizovano neznanje.

AKSIOMA I: PARADOKS BLIZANACA¹⁵.

Relativna brzina kretanja određuje razliku između znanja i neznanja.

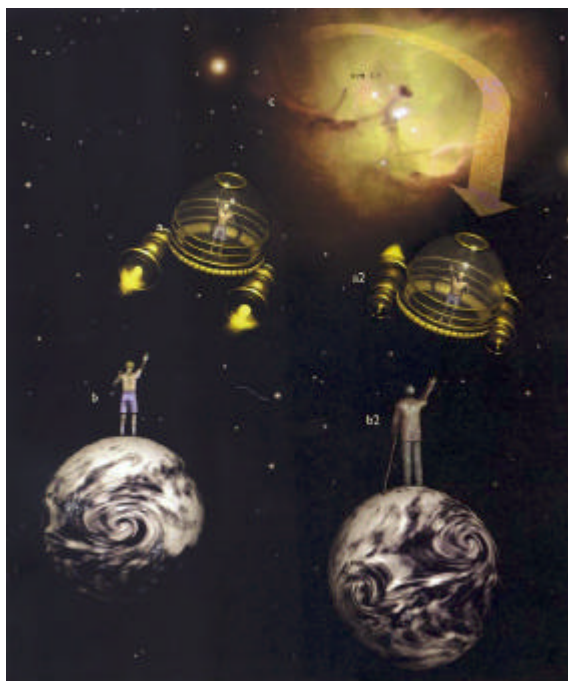
Paradoks blizanaca je vezan za teoriju relativiteta u kojoj posmatrac ima vlastitu meru vremena. Jedan blizanac (a) kreće na svemirsko putovanje brzinom bliskoj svetlosnoj (c), dok drugi blizanac (b) ostaje na zemlji. Usled kretanja svemirskog broda, blizancu na Zemlji izgleda da vreme njegovog brata teče sporije. Po povratku, ce svemirski putnik (a2) ustanoviti da je brat (b2) stariji od njega. Ovaj potvrđeni opit nije blizu zdravog razuma, zbog toga je i paradoks. Medutim, naše razumevanje ovog paradoksa prenetog u društvenu realnost otkriva da se dinamika razvoja ljudi upravo ponaša po ovom paradoksu. Džeferson u Deklaraciji o nezavisnosti (SAD) isticice da prirodni zakon važi među ljudima, tako što ljudima treba da pripada „pravedan i jednak položaj“. Ovo ne potvrđuje ni hod revolucije ni sveti sud, vec po prirodi što je samo po sebi ocigledno. Covek ima neotuđivo pravo na život, slobodu i pravo na sreću.

¹² Peter F. Drucker, Post-Capitalist Society, Harper Business, N.Y. (1994)

¹³ Den Braun, Da Vincijev kod, Solaris, Novi Sad (2004)

¹⁴ Aristotel, Metafizika, Globus, Zagreb (1988)

¹⁵ Stiven Hoking, Kosmos u orahovoj ljusci, Beograd (2002)



Paradoks blizanaca

Ukratko, ovaj se paradoks u prirodi pretvara u realnost, ako se ova brzina svetlosti prevede u domen mentalne brzine razvoja jednog društva, onda je staticnost zapravo mentalna stagnacija. Srbija je ovaj „brat blizanac“ na zemlji, dok je drugi brat blizanac evropski putnik, onaj koji se kreće velikom brzinom. Mentalna staticnost dovodi do prevlasti neznanja nad znanjem, dok mentalna dinamika dovodi do vladavine znanja i potiskivanja neznanja.

Staticka svest naroda, narod koji ne može da uci, dovodi do njegovog siromaštva i nestajanja.

AKSIOMA II: MIT O PECINI¹⁶.

Izolovanost u prostoru određuje kolicinu neznanja coveka ili naroda.

Platon, opisujuci sliku o pecini zapravo govori o suprotnosti između kulnog sveta i sveta ideja. Objasnjavajući ovu sliku on polazi od toga da su, duboko u pecini, ljudi u okovima oko vrata i nogu, i da od svetlosti vatre i sunca mogu da vide senke na zidu pecine, koje dolaze iz spoljnog života kao iz nekog cirkusa. Ako neko se pak oslobodi i ude u realni svet svoje neznanje steceno gledanjem senki pocinje da potiskuje saznanjem iz stvarnog sveta, korak po korak. Ako bi se kojim slucajem vratio u pecinu i pricao zatocenicima pecine šta je video, oni mu ne bi verovali i možda bi ga ubili. To bi uradili zato što ti sužnji imaju svoja merila vrednosti koja su stvorili na bazi senki. Naša civilizacija je izmislila institut „sankcija“ koji pojedine narode okivaju i drže duboko u pecini neznanja, dok ne bude mentalno razoren. Oni srećnici koji napuste „pecinu“ i odu u svet više se ne vraćaju. U ovoj pecini Srbija živi već više od dve decenije, „pecinski“ ljudi vladaju i neće da iz nje izadu.

Slika pecine data je dole.



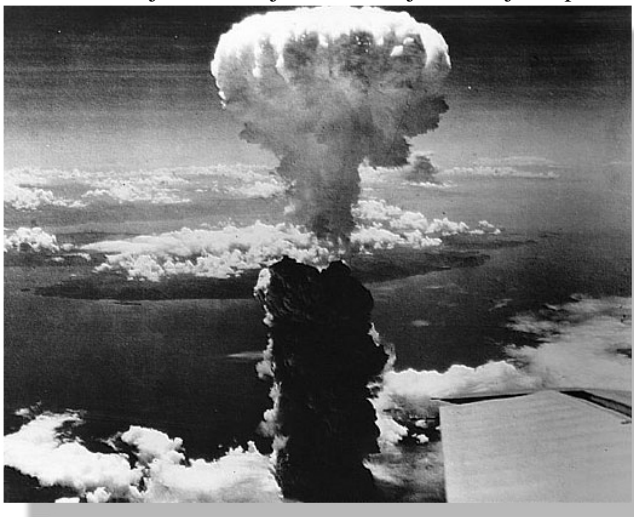
Mit o pecini

¹⁶ Miloš N. Đuric, Istorija helenske etike, Platon, Zavod za izdavanje udžbenika, Beograd (1990)

AKSIOMA III: HIROŠIMA EFEKAT

Fizicka i mentalna destrukcija uništava znanje i dovodi neznanje da gospodari covekom i narodom.

Posle dve atomske bombe bacene na gradove Hirošimu i Nagasaki, Japan je doveden na nivo razorene civilizacije carstva izlazeceg sunca, da bi fizicka i mentalna regeneracija trajala oko trideset godina. Slicna sudbina zadesila je Nemacku posle II svetskog rata. Ali vec na kraju XX veka to je zadesilo i Srbiju. Ona je više mentalno uništena kroz fizicku destrukciju i „sankcije“, zatvaranjem zemlje u „pecinu“.



Hirošima efekat

OPŠTE LEME

Pored definicija i aksioma uvodimo i dve opšte leme što omogućuje konstrukciju iskaza. Ove opšte leme treba shvatiti kao mešavinu definicije, kao miniaksiome sa elementima male teoreme. Ovo objašnjenje proizilazi iz cinjenice da su opšte leme i stavovi samog Platona koji je i kroz Sokrata započeo napad na neznanje, a koje i danas u doba visokorazvijenih tehnologija koci razvoj morala i predvodnik je nesreće ljudi.

OPŠTA LEMA I: NIVOI SPOZNAJE.

Prema Platonu imamo tri nivoa:

- Nauka – perceptivno primanje nepromenljivih koncepata, kao i onih koncepata koje ne treba olako shvatiti – odnosno ideje.
- Mišljenje koje dopušta da se u culnom svetu imaju razliciti sudovi tj. njihovu promenljivost¹⁷.
- Neznanje – svojstveno onima što provode dan ne pitajuci se o uzroku stvari

Izdvojeno neznanje i isticanje da je nosilac i „vlasnik“ neznanja covek, tj. covekov lenji duh nije osposobljen za proces razmišljanja tako da postaje glavni generator zaostajanja u razvoju. Ovo je detaljnije dato u Aksiomi I – Paradoks blizanaca.

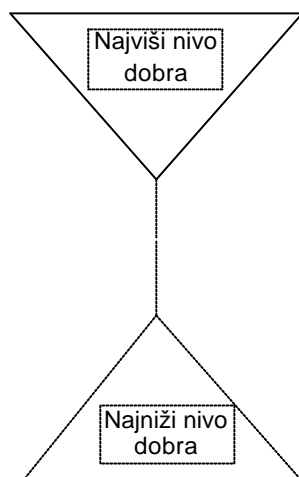
OPŠTA LEMA II: DOBRO I ZLO

Hijerarhija života zavisi od toga šta nadvladava, da li dobro ili zlo. Ako nadvladava dobro=znanje, onda imamo proces penjanja, a ako nadvladava zlo=neznanica, onda propadamo.

Hijerarhija života po Platonu je:

- Ljubitelj mudrosti i lepote
- Vladar – poštovalac zakona
- Državnik ili strucnjak u poslovima i finansijama
- Atletičar ili lekar
- Prorok
- Pesnik ili umetnik
- Radnik ili seljak
- Sofista ili demagog
- Tiranin

¹⁷ Platon je bio daleko od saznanja o cistom i prakticnom umu koji je uveo Kant kroz novi „Kopernikovski obrt“ u domenu mišljenja



Ova kategorizacija hijerarhije života odgovara dobu Platona kao i danas, i ona se nije suštinski menjala. Tako npr. atletu vezanog za lekara treba shvatiti kao potvrdu premise „u zdravom telu zdrav duh“ koja je od izuzetnog značaja i danas. Dva antipoda su tiranin i predsednik države koji se upravljaju prema zakonima.

Danas je teško govoriti o proroku iz doba Platona, ali i dalje postoje institucije za strateška istraživanja, nevladine organizacije i mnogi drugi koji pokušavaju da „proricu“ našu budućnost zamagljujući postojećoj stvarnosti.

Logika ovih novih institucija je slična logici prorocišta u doba Platona u smislu „ako predeš reku jedno ce carstvo pasti“. Samo prorok nije rekao koje, a onaj koji se poveo za njegovim mišljenjem, ne razumevši dvosmislenost, izgubio je rat.

Ako ovu hijerarhiju života razumemo kao sudar nivoa znanja i neznanja onda iduci odozdo nagore uzimice znanje pred neznanjem.

Danas većina političara u Srbiji spada u kategoriju Sofista ili demagoga sa primesama tiranije nad ljudima. Ova opšta lema je podložna strukturisanju saglasno Aksiomi III-aksiomi destrukcije.

ISKAZI

Na bazi definicija i aksioma učinjen je pokušaj da se, u prvom koraku, predlože tri-iskaza propozicija. Evo njihovog sadržaja.

ISKAZ 1.

Neznanje je velika nesreća čoveku. Neznanje ga vodi siromaštvu, siromaštvo ga vodi u glad i nemaštinu koja potpuno razara mentalnu energiju za opstanakom.

U neznanju nestaju narodi i civilizacije.

Ovaj iskaz bazira se na prve tri Definicije, i Drugom aksiomu. Takođe ovaj iskaz podržava Opšta lema I.

ISKAZ 2.

Znanje i neznanje teško mogu lako da se prepoznaju. Čovek teži da prostor neznanja potisne znanjem. Ko bi mogao, kao argument protiv neznanja u celini, ispravnije navesti neku drugu veštinu (umeće) osim poučavanja. Ali prepoznati neznanje pretpostavlja poznavanje oblika neznanja. Najteži oblik neznanja je kada neko ne zna a misli da zna.

To je zabluda u mišljenju koja je rezultat neobrazovanosti. Poučavanje u stručnim veštinama je trening za vršenje nekog posla. Ovaj iskaz podržavaju Definicije 4 i 5 kao i Aksiomi I i II. Takođe ovaj iskaz podržava Opšta lema I.

ISKAZ 3.

Organizovano neznanje je jedan od načina upravljanja ljudima. Javlja se nova profesija za taj posao koju nazivamo „menadžeri neznanja“ koji predstavljaju neku vrsta neo-sofista-demagoga. U svetu kapitala pranje novca je proces koji omogućuje da se „prljav novac uvede u legalne tokove“. To rade „menadžeri kriminala“. Danas je u Srbiji pored pranja novca, razvijena i industrija pranja neznanja i njegovo plasiranje u politiku u cilju vladanja nad narodom. Pogodno tlo za menadžiranje neznanjem je uništena srednja klasa kao i razgradnja ukupnog obrazovnog sistema (poučavanje) a posebno univerziteta. Ovaj iskaz se bazira na Aksiomu III uz podršku druga dva aksioma. Definicije od 1-3 podržavaju ovaj iskaz. Ovaj iskaz podržava Opšta lema II.

TEOREME

Sledeći logiku u matematici ovoj grupi iskaza koje imaju dokaz nazvali smo teoremama. Međutim njihova suština je bliža Kantovim¹⁸ stavovima čistog razuma kao što su pomešane aksiome i analogije. Detaljnije objašnjenje ovakvog pristupa ostavili smo za novu knjigu o industriji znanja, a ovde se zadržavamo na stavovima triju teorema.

TEOREMA 1.

Covek ucenjem i vežbanjem, dakle kretanjem (Aksiom I) stice znanja, cuva ih, i kroz upotrebu postaje bogatiji znanjem. Mirovanjem (Aksiom II) koje proistice iz nemara i neznanja za potrebom za ucenje i vežbanje (upotreba znanja kroz primenu), ne samo da ništa novo ne uci, nego zaboravlja i ono što je naučio. Dokaz za ovu teoremu se izvodi na bazi prve dve aksiome kao i drugog i trećeg iskaza.

U Srbiji ogroman procenat ljudi ne uci i poslednjih petnaest godina ne radi, vec je na takozvanim prinudnim odmorima ili na placenim odsustvima.

Time su potpuno izgubili osnovna znanja kao i sposobnost da ih primenjuju.

Paradoks blizanaca objašnjava stanje iste generacije, ako putuje kroz vreme.

TEOREMA 2.

Svaka neobrazovanost je nedobrovoljna i onaj koji misli da je mudar neće ni da nauči ništa više od onoga u čemu drži da je vrstan. Oblik odgoja koji ga opominje i uz neveliki napor malo pomaže. Taj uobražava da pravo govori, iako ne kaže ništa.

Za dokaz ove teoreme može da posluži Aksioma „mit o pecini“ u kojoj su ljudi prinudno okovani i okrenuti zidu gde vide samo senke realnih događaja. Tako oni grade svoj svet mudrosti i morala u kome se samo govori ono što ne znači ništa.

TEOREMA 3.

Što se tiče praktičnog delovanja čini se da iskustvo ništa ne zaostaje za umecem, nego naprotiv, vidimo gde oni sa iskustvom više uspevaju od onih koji imaju praktičnu aktivnost bez iskustva. Stoga, ako neko poseduje praktičnu aktivnost bez iskustva i prepoznaje opšte, ali ne prepoznaje pojedinačno koje je u tome, često ce zbog toga grešiti u svakom području.

Više cenimo „majstore svog posla“ nego „manuelle“ jer smatramo da više znaju i da su mudriji jer poznaju uzroke neke tvorevine, dok su ovi drugi neznalice koji čine ono što čine ne znajući zašto to čine.

Ova teorema je od posebnog značaja u Post-Hirošima periodu jednog naroda. Za dokaz teoreme potrebno je prvo pojasniti razliku između praktične aktivnosti i iskustva koja ukazuje gde je praktična aktivnost sama za sebe kontraproduktivna pošto se odnosi na neznalice koji su opasni „manuelle“.

Iskustvo nastaje kao rezultat znanja i praktične aktivnosti. Kada neko mlad, naročito u politici, hoće da vodi neki grad i ima neko prividno delovanje a nema iskustva onda taj po pravilu nanosi štetu svojoj sredini .

Kao dokaz ove teorije može da se koristi lista ljudi koji su u zreлом životnom dobu i koji su na celnim funkcijama u državnim organima i velikim kompanijama iz koje se može uočiti njihovo iskustvo koje je nastalo kroz primenu znanja i umeca za obavljanje poslova. Jedan osamdesetogodišnjak Žiskar Desten napisao je Ustav Evropske Unije, dok citavi timovi mladih „manuelle“ eksperata u Srbiji nisu u stanju da za gotovo 5 godina sačine Ustav Srbije.

LEME

Ovde se misli na male teoreme koje nazivamo lemana a koje treba da pojasne elemente dokaza za predložene iskaze i teoreme. I ovde samo navodimo neke primere za demonstriranje našeg eksperimenta u domenu organizovanog neznanja.

LEMA 1.

Snaga naroda ne sastoji se samo u tome da bude srce zdravo i udovi jaki, nego u tome da glava naroda bude na svom mestu. Narod koji nema duhovne otadžbine nema pravo ni na telesnu otadžbinu. Duhovnu otadžbinu određuju umetnost, nauka i filozofija¹⁹. Ova lema bazira se na Iskazu 1 kao i na Teoremi 2 iz kojih može da se konstruiše dokaz.

¹⁸ Emanuel Kant, Kritika čistog uma, Dereta, Beograd (2003)

¹⁹ Dr Miloš N. Đuric, u predgovoru otprilike ovako je formulisao misao koju smo preuzeli za našu lemu 1

LEMA 2

Ljudi znanja i moralnog kvaliteta su najveći kapital zemlje i moraju biti od najvećeg uticaja na sve poslove; poznato je koliko su oni od velike štete ako su neformirani ili rdavo formirani²⁰.

Dokaz za ovu lemu treba tražiti u Teoremi 1. Rdavo formirani ljudi su oni koji prolaze kroz loše škole ili pak nemaju nikakvo obrazovanje, već se oslanjaju na površno vršenje praktičnih aktivnosti. Ovi ljudi se nameću u politici težeci da politiku potpuno infiltriraju u svakodnevni život ljudi. Tada politika postaje mocan generator neznanja.

LEMA 3

Perionice neznanja nalaze se u širokom spektru društvenih struktura, počev od parlamenta, preko vladinih struktura, lokalnih struktura, namnoženih partija, nevladinih organizacija, TV, štampe, knjiga, i na brojnim drugim mestima. U svima njima imamo menadžere neznanja koji su ispleli mrežu organizovanog neznanja.

KOROLARIS

(zaključci-izvodi)

Da bi našu aksiomatiku zaokružili neophodno je kroz primere primene određenih premisa i teorema dati njihove izvode u svakodnevnom životu, iz kojih je pak moguće izvuci i odgovarajuće zaključke. Ovo možda lici na korolarise koje je koristio Njutn da objasni fenomen klatna. Ali naš domen je neznanje kao sociolosko-epistemološka kategorija.

Navodi se nekoliko korolarisa za naš prototip arhitekture neznanja.

KOROLARIS I

Ilustracija Teoreme 1 se ovde navodi. Kada neko kaže da deca u Srbiji treba da uče kineski i ruski, a ne engleski i drugevodeće svetske jezike, ili da ne treba da se kompjuterski opismene, ili da ne uče nijedan strani jezik kao mali, tada se oni zalažu za stvaranje loše formiranih ljudi na bazi neznanja.

Oni spadaju u kategoriju menadžera neznanja. S druge strane, male a razvijene zemlje, kao što su Holandija, Švedska, Belgija, Danska, Finska i Norveška koje imaju brojno formirane generacije poliglota, a pre svega znaju engleski, nemački i francuski. Tehnologija personalnih kompjutera i Interneta pokriva preko 60% aktivne populacije tih zemalja. Ovaj korolaris se odnosi na Teoremu 1 i Iskaz 3.

KOROLARIS II

Ako se prati razvoj tehnologije samo kroz umeca novijeg doba, koje nazivamo manufaktura, a koje dostiže svoj procvat u tehnologiji casovnika, pa do današnjih dana, kada su na sceni megatehnološki projekti, može se konstatovati da su nosioci tog civilizacijskog skoka inženjeri ili tehnička inteligencija. U zemlji kao što je Srbija, koja je imala veliki tehnološki pomak u drugoj polovini XX veka i bila u stanju da proizvede složene inženjerske proizvode, prema mišljenju bivših ministara treba zatvoriti ili minimizirati tehničke fakultete, tako da ako mašinski inženjer ne može da nađe posao „neka pere ulice“. Ti ministri su menadžeri neznanja. Ili noviji primer, kada se neko kandiduje za najvišu državnu funkciju kaže da će on Srbiju ekonomski da razvije tako što će da uvede zapadnu tehnologiju i da je onda prodaje Rusiji. I on zapravo menadžira svoje neznanje, tako što nije saznao, za više od deset godina, da više nema berlinskog zida, da Rusija i Zapad direktno saraduju, tako da im nije potrebna Srbija kao posrednik.

KOROLARIS III

Kada covek umisli da je vrstan u politici, onda tvrdi da politicari, samim tim što se tom aktivnošću bave, imaju znanje i da im nisu potrebne škole ili da im nije potrebno školsko obrazovanje. Oni stalno govore na TV i daju izjave za štampu, a ustvari ne kažu ništa, jer su neobrazovani. Tako svoju mudrost prikazuju primerima za rešavanje krize u zemlji. Jedan kaže: neka se bake i deke sastanu sa svojim unucima i odluce da li su za socijalni program da deke i bake imaju penzije; ili su pak da investiraju u razvoj - za budućnost unuka. A šta je sa decom za koje su radili te neke deke i bake, tj. sa roditeljima ovih unuka koji u stvari rade za budućnost svoje dece. Kako njih da ne ukljuci ovaj “menadžer neznanja” u svoj scenario razmišljanja.

Ovaj korolaris ima osnovu u Teoremi 3.

KOROLARIS IV

I citav ljudski rod pun je onih koji traže ucitelje i zapovednike, ili za sebe ili za druga živa bica, ili za poslove koje poduzimaju. A s druge strane pak, pun je onih koji drže da su sposobni da poučavaju i sposobni da

²⁰ Jovan Cvijic, Autobiografija I drugi spisi, O naucnom radu i o našem Univerzitetu, SKZ, Beograd (1965)

vladaju. Šta ćemo drugo reći o svemu tome nego li da sami ljudi smatraju da je u njih mudrost i neznanje. Zar mudrost ne shvataju ljudi istinskim shvatanjem, a neznanje lažnim shvatanjem²¹

Osnov za obrazovanje imamo u Lemi 2 i 3.

Korolaris IV zapravo govori o odnosu onih koji upravljaju i onih kojima se upravlja. Upravljači - menadžeri neznanja, imaju zadatak da preko svojih radnika neznanjem stvore masu ljudi koju će dovesti na takav nivo neznanja da počnu da veruju da je neznanje moc, ropstvo je sloboda a rat je mir, kako je Orvel napisao a Srbija dugo sprovodila. Po ovom scenariju odigravaju se demokratski izbori u Srbiji. Glavni protagonisti - menadžeri neznanja obećavaju da će skinuti lance i katance sa zatvorenih fabrika iako znaju da te fabrike ne rade citavih desetak godina, da neće dozvoliti da se uvozi zelena salata, narodu će ponuditi zdrave „micurinske“ jabuke, da će raditi sa narodom od ranog jutra do duboko u noc, itd. Ovo je program koji je baziran na neznanju. Ali narod koji je preveden u Orvelovsku mentalnu strukturu kroz Hirošima efekat i Mit o pecini vecinski glasa za ovakav program. Tako se primice ambisu sopstvenog nestajanja.

UMESTO ZAKLJUČKA

Ovaj traktat ima za cilj da ukaže na organizovano neznanje kao na ključno ograničenje u obezbeđenju stalnog rasta bruto nacionalnog proizvoda sreće²² naroda kao i svakog pojedinca.

Organizovano neznanje, kao fenomen Srbije, pretilo da promeni tok kretanja njenog društva i učini ga potpuno neprihvatljivim za evropske narode.

Učinjen je napor da se na jedan relativno sistematizovan način ukaže na ovaj problem. Znanje je jedino sredstvo da potisne neznanje sa pozornice Srbije. Nosilac znanja je čovek. To znači baš onako kako je još u Helensko doba ustvrdio Protagora (490-420 pne):

*„Čovek je mera svih stvari
onih koje to jesu, takve kakve jesu
onih koje nisu, takve kakve nisu.“*

Treba pomoći čoveku u Srbiji da nađe sebe. Ovaj traktat govori o glavnoj njegovoj zabludi da neznanje može da postane znanje.

Navedene tri aksiome koje definišu vreme, prostor i katastrofalne desrukcije su osnova za prelazak iz mentalnog mraka, koji proizvodi neznanje, u svetlost mentalnog sveta koji daruje znanje.

²¹ Ovo je preuzeto iz Platonovog Teetet, Plato, Beograd (2000).

²² Richard Layard, Happiness: Lessons from a New Science, Penguin (2005)



Uvodni referat i Rad po pozivu

RETROSPEKTIVA STANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA

Predrag Popovic¹, Predrag Dašić², Ratimir Jecmenica³, Sava Đuric⁴

¹ Mašinski fakultet, Niš

² Viša tehnološka škola Kruševac i Viša mašinska škola Trstenik, E-mail: dasicp@ptt.yu

³ Tehnicki fakultet Cacak, E-mail: jecmenica@tfc.kg.ac.yu

⁴ Institut IMK "14. oktobar" Kruševac, E-mail: buba18@ptt.yu

Rezime: U radu su date definicije iz oblasti proizvodnog mašinstva, kao i popis najznacajnijih međunarodnih, regionalnih i nacionalnih društava i udruženja u oblasti proizvodnog mašinstva. Sva društva i udruženja iz proizvodnog mašinstva organizuju širom sveta veliki broj konferencija na međunarodnom i nacionalnom nivou i samostalno ili u saradnji sa poznatim izdavacima veliki broj vodećih međunarodnih, međunarodnih i nacionalnih časopisa iz ove oblasti. U tom delu rada data je retrospektiva do sada održanih savetovanja proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore, kao i tabelarni prikaz najznacajnijih vodećih međunarodnih i međunarodnih časopisa iz oblasti proizvodnog mašinstva, sa adresom Web sajta na kome se mogu naci osnovne informacije o časopisu i podacima o impakt faktoru časopisa (JIF) za poslednjih osam godina. Zatim je opisan uticaj tehnicko-tehnološkog razvoja na globalizaciju i globalne probleme opstanka.

Cljučne reci: proizvodno mašinstvo, tehnicko-tehnološki razvoj, savetovanje proizvodnog mašinstva

STATUS RETROSPECTIVE OF MANUFACTURING ENGINEERING

1. UVOD

Živimo u vremenu kada je teško proceniti da li coveka teže pogada zagađenost njegovog prirodnog okoliša u kome egzistira ili zagađenost društvene sredine i zagađenost duha svakog pojedinca. Zbog toga rec kao Božji dar ima znacajnu ulogu u oplemenjavanju ljudskog bica i njegovom prosvetenju, ili suprotno njegovom sunovratu. Od skupa reci stvaraju se recenice, koje imaju znacenje i koje mogu predstavljati "informaciju". Pri tome se pod pojmom informacija smatra "znanje o sebi i svom okruženju potrebnom za život i ona je osnov svih intelektualnih akcija ... ona je sirov materijal za razmišljanje ...". Informacija predstavlja "saopštenje koje ukida ili smanjuje neku neodredenost i smanjuje neizvesnosť". Postoje razne vrste informacija (time i recenica), i to: pozitivne ili negativne, kratkotrajne ili dugotrajne, cvrste ili labilne, mocne ili slabe, opisne ili izvršne, lepe ili ružne, lake ili teške, vesele ili tužne itd.

Osnovne karakteristike informacije (time i recenice) su:

- Informacija poseduje fundamentalnu vrednost, kao i novac, roba, rad ili sirovine i ona ima karakteristike koje se mogu identifikovati i meriti, kao što su: metod, teškoca i cena dobijanja, svrha u kojoj se koristi (korisnost) i razlicite oblike i sredstva kojima se stvara, pravila kako se sa njom postupa i principe kako se ona obraduje;
- Informacija postoji u raznim stepenima cistoce i korisnosti i ona se može precistiti i obraditi da bi joj se povecala vrednost;
- Informacija prolazi kroz mnoge ruke koje se prenose i menjaju od sakupljanja, preko poboljšavanja do korišćenja;
- Informacija u toku svog prenošenja može znacajno promeniti oblik u pozitivno ili na žalost u negativno i sl.

Izgovorena i napisana rec su dar Svevišnjeg. Zajednicko ovim recima je njihova moc. Izgovorene da u trenu pokrenu mase u stanpedo koji ruši sve pred sobom, a dušina trajanja te ljudske lavine zavisi od dužine doziranja izgovorenih reci, dok moc napisane reci je vremenski neogranicena i nepotrebno je hraniti.

Izgovorena rec momentalno zapljusne one do kojih dopre i odleti u etar, izgubi se i nestane u vazduhu u koji smo uronjeni. Naša cula nisu u stanju da je ponovo prime, da je zadrže i zaustave. Ona trenutno dejstvuje kao prasak groma iza koga ostaje još samo eho, i to vrlo kratko, a zatim sve pokrrije tišina i muk.

Izgovorena rec – lepa ili ružna, laka ili teška, vesela ili tužna – uvek je lepršava i traje koliko jedan tren. Samo što se rodila, ona već umire i nestaje – kao i čovečiji duh.

Napisana rec je stamena – trajnija i čvršća od granita. Ne može se uništiti. Traje i ne mogu joj nauditi ni vreme ni ljudi-neljudi, koji su je uništavali na razne načine sve do spaljivanja na lomacama.

Napisana rec sa pozitivnim predznakom je svetlost – suncani zrak – u najdubljem mraku. Ona je putokaz u beznadu i bespucu.

Imajući ovo u vidu cilj ovog rada i ovog 30. jubilarnog Savetovanja je da u pisanoj formi zabeleži jubilej: "četrdeset godina od održavanja Prvog savetovanja proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore, u kojima je odžano trideset okupljanja naučnih i stručnih pregalaca iz oblasti proizvodnog mašinstva".

2. DEFINICIJE I OBLASTI PROIZVODNOG MAŠINSTVA

Proizvodno mašinstvo (*Manufacturing or Production Engineering* ili u novije vreme *Industrial Engineering*) je posebna oblast mašinske tehnike, koja ima dugu istoriju u toku razvoja čovečanstva, koji je detaljnije opisan u radovima [4,21]. Pojedini autori na različite načine definišu "Proizvodno mašinstvo" kao oblast mašinstva, tako da u naučno-strucnoj literaturi postoji mnoštvo različitih definicija i objašnjenja, koje se odnose na ovu oblast. Neke od njih su:

- "Proizvodno mašinstvo predstavlja uspešno korišćenje savremenih tehnika uključujući raspored mašina, najpogodnije korišćenje ljudskih resursa i bezbednih operacija", prema Enciklopediji Britanica [1];
- "Proizvodno mašinstvo je inženjerska disciplina koja se bavi projektovanjem, razvojem, implementacijom i ocenom integriranih sistema ljudi, znanja, opreme, energije i materijala. Ono crpi principe inženjerske analize i sinteze kroz matematičke, fizičke i socijalne nauke", prema Enciklopediji Wikipedia [27];
- "Proizvodno mašinstvo je grana tehnike koja se bavi konstrukcijom i proizvodnjom mašina, izborom materijala za njihovu proizvodnju i izucavanjem uslova u njegovoj eksploataciji. Takođe pronalazi konstruktivna i tehnološka rešenja za rentabilnu proizvodnju mašina koja će najbolje iskoristavati izvore energije, imati najmanje dimenzije i težinu, biti lagani i jednostavni za posluživanje i imati što duži vek trajanja", prema Opštoj Enciklopediji [13];
- "Proizvodno mašinstvo predstavlja zajednicki sadržalac celokupnog mašinstva u fizickoj realizaciji različitih dobara, a odnosi se na sredstva i metode proizvodnje, prvenstveno u metalnoj industriji", prema prof. dr Vladimiru B. Šolaji [21];
- "Proizvodno mašinstvo podrazumeva sveukupnost teorijskih i fizicki realizovanih ostvarenja u sferi sredstava i metoda sekundarnih obrada gradivnih materijala", prema prof. dr Predragu Popovicu;
- "Proizvodno mašinstvo proučava principe obrade ili teoriju obrade koja se realizuje korišćenjem brojnog asortimana različitih proizvodnih, odn. tehnoloških mašina, koje imaju zadatak da u odgovarajućim tehnološkim procesima preraduju materijal transformišući ga pri tome u mnoštvo komponenti različitih proizvoda, odnosno kroz proces montaže u finalne proizvode", prema prof. dr Sretenu Uroševicu [25] itd.

Sve navedene definicije "Proizvodno mašinstvo" kao oblast mašinstva se šire koriste i predstavljaju neku trajniju naučnu vrednost.

Karakteristicne proizvodne tehnologije i oblasti proizvodnog mašinstva prema većini autora [7,9-11,15-18,22,24,25,27] su:

- *Tehnologije, mašine, alati i pribor za obradu rezanjem*: struganje, glodanje, bušenje, rendisanje, provlacenje, secenje, rezanje navoja, brušenje i sl.;
- *Tehnologije, mašine, alati i pribor za obradu deformacijom*: kovanje, sabijanje, istiskivanje, izvlacenje, savijanje, odsecanje, prosecanje i probijanje, hidro oblikovanje, radiaktivno oblikovanje i sl.;
- *Tehnologije, mašine, alati i pribor za obradu odnošenjem*: **EDM** (*Electrical Discharge Machining – obrada elektroerozijom*), **LBM** (*Laser Beam Machining – obrada laserom*), **EBM** (*Electron Beam Machining – obrada mlazom elektrona*), **PAM** (*Plasma Arc Machining – obrada plazmom*), **IBM** (*Ion Beam Machining – obrada jonskim mlazom*), **USM** (*Ultrasonic Machining – obrada ultrazvukom*), **AJM** (*Abrasiv Jet Machining – obrada abrazivnim mlazom*), **WJC** (*Water Jet Cutting – rezanje vodenim mlazom*), obrada abrazivnim česticama u elektromagnetnom polju, elektrohidraulička obrada, **CM** (*Chemical Machining – hemijska obrada*), **ECM** (*Electro-Chemical Machining – elektro-hemijska obrada*), **ECG** (*Electro-Chemical Grinding – elektrohemijisko brušenje*), **ECH** (*Electro-Chemical Honing – elektrohemijisko honovanje*), **ECDM** (*Electro-Chemical DiscHarge Machining – elektrohemijiska elektroeroziona obrada*);
- *Tehnologije, mašine, alati i pribor za zavarivanje*;
- *Mašine, alati i pribor za mikro i nano tehnologije*;
- *Tehnologije, mašine, alati i pribor za dodatne procese*: 3D štampa, **CVD** (*Chemical Vapour Deposition – hemijsko nanošenje pare*) prevlacenje, **PVD** (*Physical Vapour Deposition – fizicko nanošenje pare*)

- prevlacenje, lasersko sinterovanje, **RP (Rapid Prototyping - brza izrada prototipa, odn. brzo prototipiranje)** i sl.;
- **Obradni i tehnološki sistemi upravljani pomocu racunara:** **NC (Numerical Control – numericko upravljanje)**, **CNC (Computer Numerical Control - racunarsko numericko upravljanje)**, **DNC (Direct Numerical Control – direktno numericko upravljanje)**, **PLC (Programmable Logic Control - programabilni logicki kontroler)** i sl.;
 - **Automatski tehnološki sistemi:** transfer mašine, montažni sistemi, automatski sistemi i celije, **FMS (Flexible Manufacturing Systems - fleksibilni proizvodni sistemi)**, **IMS (Intelligent Manufacturing Systems - inteligentni proizvodni sistemi)**, **RMS (Reconfigurable Manufacturing Systems - rekonfigurabilni ili brzo izmenljivi proizvodni sistemi)**;
 - **Tehnologije i oprema za transport i rukovanje materijalom:** transporteri, automatski prenosnici vodeni motorom, izmenljive palete, industrijski roboti i sl.;
 - **Proizvodni informacioni sistemi,**
 - **CAX tehnologije i ostali softverski sistemi:** **CAD (Computer Aided Design - projektovanje pomocu racunara)**, **CAM (Computer Aided Manufacturing – proizvodnja pomocu racunara)**, **CAPP (Computer Aided Process Planning – planiranje procesa pomocu racunara)**, softver za program optimizacije, softver za integraciju tehnologija i sistema i sl.;
 - **Efektivnost, održavanje, pouzdanost i dijagnostika obradnih, tehnoloških i proizvodnih procesa i sistema;**
 - **Menadžment kvalitetom, ISO 9000, ISO 14000, TQM i menadžment u proizvodnom mašinstvu,**
 - **Proizvodna metrologija i kvalitet;**
 - **CIM (Computer Integrated Manufacturing - racunarski integrisana proizvodnja) koncept preduzeca i PLM (Product Lifecycle Management - upravljajne životnim ciklusom proizvoda) model proizvoda;**
 - **Primena veštacke inteligencije u proizvodnom mašinstvu itd.**
- U direktnoj sprezi sa proizvodnim mašinstvom su i sledece naucne discipline:
- **Sistemska inženjerstvo (Systems Engineering);**
 - **Operaciona istraživanja (Operations Research);**
 - **Ergonomija (Ergonomics);**
 - **Vrednosno inženjerstvo (Value Engineering);**
 - **Inverzno inženjerstvo (Reverse Engineering) itd.**

3. MEĐUNARODNA I REGIONALNA UDRUŽENJA U OBLASTI PROIZVODNOG MAŠINSTVA

U oblasti proizvodnog mašinstva danas postoji veliki broj organizacija i institucija aktivnih na medunarodnom, regionalnom i nacionalnom nivou.

Na medunarodnom nivou postoje i deluju mnoga društva i udruženja u oblasti proizvodnog mašinstva među kojima su najznacajnije (tabela 1) [2,3]:

- **AMT (Association for Manufacturing Technology – udruženje za proizvodne tehnologije)**, dostupno na Web sajtu: <http://www.amtonline.org/> i <http://www.mfgtech.org/>;
- **ASME (American Society of Mechanical Engineers - Americko društvo mašinskih inženjera)** International, dostupno na Web sajtu: <http://www.asme.org/>;
- **CIRP (College International pour l'Etude Scientifique des Techniques de Production Mecanique ili na engleskom International Institution for Production Engineering Research - medunarodna institucija za istraživanja u proizvodnom inženjerstvu)**, dostupna na Web sajtu: <http://www.cirp.net/>;
- **IASME (International Association for the Mechanical Engineers - medunarodno udruženje za mašinske inženjere)**, dostupno na Web sajtu: <http://www.iasme.org/>;
- **IFPR (International Foundation for Production Research - medunarodna fondacija za proizvodna istraživanja)**, dostupno na Web sajtu: <http://www.ifpr.org/> i <http://www.ifpr-icpr.org/>;
- **SME (Society of Manufacturing Engineers - društvo proizvodnih inženjera)**, dostupno na Web sajtu: <http://www.sme.org/>.

AMT je medunarodno neprofitno i strucno udruženje osnovano 1902. godine, sa ciljem da reprezentuje i promoviše interese, u pocetku americkih a kasnije i medunarodnih isporucilaca proizvodnih mašina i opreme. **AMT** udruženje organizuje i promoviše **IMTS (International Manufacturing Technology Show – medunarodnu izložbu proizvodnih tehnologija)** izložbu (URL: <http://www.imts.com/>), koja predstavlja najveću industrijsku izložbu u Americi, a održava se svake parne godine u Cikagu. Sedište **AMT**-a je u McLean-u (VA – SAD).

ASME je americka neprofitna edukativna i tehnicka organizacija osnovana 1880. godine. Danas je **ASME** najveće udruženje mašinskih inženjera u Americi, a **ASME International** jedno od najvećih u svetu, sa preko 125.000 članova. **ASME** godišnje organizuje oko 30 strucnih konferencija i preko 200 profesionalno razvojnih seminara i kurseva. **ASME** je ukljucen u rad, tehnickih komiteta **ANSI**-ja za standardizaciju u oblasti mašinstva, a poznato je i po razvoju sopstvenih tzv. **ASME** industrijskih i proizvodnih standarda. Udruženje **ASME** ima

odeljke za različite delatnosti mašinstva, kao što su npr.: za proizvodno mašinstvo, CAx tehnologije, održavanje, tribologija i sl. ASME godišnje organizuje više desetina međunarodnih konferencija i međunarodni kongres i izložbu mašinogradnje. ASME takode publikuje i preko 10-ak međunarodnih casopisa iz razlicitih oblasti mašinstva (podaci za neke od njih nalaze se u tabeli 6). Sedište ASME udruženja je u New Yorku (NY – SAD).

CIRP je jedna od najznacajnijih svetskih organizacija, za istraživanja u oblasti proizvodnog inženjerstva i primenu novih naučnih metoda u proizvodnim tehnologijama, osnovana 1951. godine. CIRP danas ima oko 500 po strogim kriterijumima odabranih vodećih istraživaca kao reprezentativne članove iz oko 40 razlicitih zemalja sveta. CIRP je ukljucen u rad ISO tehnickih komiteta (TC 29, TC 39 i TC 184), za standardizaciju u oblasti alata, mašina alatki i industrijske automatizacije i integracije. U ostavri vanju svojih ciljeva CIRP organizuje svake godine Generalnu konferenciju u jednoj od zemalja iz koje su članovi, pa je tako i 23. Generalna konferencija CIRP-a 1973. godine bila organizovana u Jugoslaviji na Bledu. Pored toga CIRP organizuje i seminare na odredenu usko strucnu temu. Svi materijali i diskusije na Generalnim konferencijama se inace publikuju u periodicno serijsku publikaciju CIRP – Annals, koja prema vrednostima JIF faktora za casopise (tabela 6) spada u vodeće međunarodne casopise. Sedište CIRP udruženja je u Parizu (Francuska).

IASME je međunarodno neprofitno naučno udruženje, koje promovise mašinstvo kroz casopise, knjige, konferencije, seminare, radionice, istraživacke projekte i letnje škole. IASME udruženje osnovano je 1996. godine, kao sektor za mašinstvo **WSEAS** (*World Scientific and Engineering Academy and Society - Svetska naučna i inženjerska akademija i društvo*) društva. Sedište IASME udruženja je u Atini (Grcka).

IFPR je međunarodna fondacija koja je zapocela sa radom u toku 1960-ih godina. Misija IFPR je da podstice komunikaciju između istraživaca proizvodnih sistema i procesa u svetu. IFPR je od 1971. godine, svake druge godine, organizator međunarodne konferencije **ICPR** (*International Conference on Production Research*). Oficijelna publikacija IFPR fondacije je casopis International Journal of Production Research koji izdaje Taylor & Francis. Sedište IFPR fondacije je u West Lafayette-u (IN – SAD).

SME je vodeće svetsko neprofitno naučno udruženje osnovano 1932. godine, sa ciljem da promovise i prenosi informacije i znanje proisteklo iz istraživackog rada inženjera kao pojedinaca, kompanija, edukatora i ostalih institucija za naprednu proizvodnu industriju. SME društvo organizuje periodicnu međunarodnu konferenciju i publikuje međunarodni casopis **JMS** (*Journal of Manufacturing Systems*), koji je ustanovljen 1982. godine. Centar SME društva je u Dearbornu (Michigan – SAD).

Tabela 1: Prikaz najznacajnijih međunarodnih društava i udruženja u oblasti proizvodnog mašinstva

Red. br.	Skraceni naziv	Naziv međunarodnog društva ili udruženja u oblasti proizvodnog mašinstva	Web sajt ili URL adresa	Sedište udruženja
1.	AMT	Association for Manufacturing Technology	http://www.amtonline.org/ i http://www.mfgetech.org/	McLean (VA – SAD)
2.	ASME	American Society of Mechanical Engineers	http://www.asme.org/	New York (NY – SAD)
3.	CIRP	College International pour l'Etude Scientifique des Techniques de Production Mecanique (International Institution for Production Engineering Research)	http://www.cirp.net/	Pariz (Francuska)
4.	IASME	International Association for the Mechanical Engineers	http://www.iasme.org/	Atina (Grcka)
5.	IFPR	International Foundation for Production Research	http://www.ifpr.org/ i http://www.ifpr-icpr.org/	West Lafayette (IN – SAD)
6.	SME	Society of Manufacturing Engineers	http://www.sme.org/	Dearborn (Michigan – SAD)

Osim navedenih postoji i veliki broj međunarodnih društava i udruženja iz pojedinih podoblasti proizvodnog mašinstva među kojima su najznacajnija (tabela 2) [2,3]:

- **AME** (*Association for Manufacturing Excellence – udruženje za proizvodnu izvrsnost*), dostupno na Web sajtu: <http://www.ame.org/>;
- **ASAM** (*Association for Standardisation of Automation and Measuring Systems – udruženje za standardizaciju automatizovanih i mernih sistema*), dostupno na Web sajtu: <http://www.asam.net/>;
- **CADSociety** (*Computer Aided Design Society - društvo za projektovanje pomocu racunara*), dostupna na Web sajtu: <http://www.cadsociety.com/>;
- **IAMOT** (*International Association for Management of Technology - međunarodno udruženje za upravljanje tehnologijom*), dostupna na Web sajtu: <http://www.iamot.org/>;
- **IAQ** (*International Academy for Quality - međunarodna Akademija za kvalitet*), dostupna na Web sajtu: <http://www.iaq.asq.org/>;

- **IFR** (*International Federation of Robotics - međunarodni savez za robotiku*), dostupno na Web sajtu: <http://www.ifr.org/>;
- **IIE** (*Institute of Industrial Engineers – institut za industrijske inženjere*), dostupan na Web sajtu: <http://www.iienet.org/>;
- **IIW** (*International Institute of Welding – međunarodni institut za zavarivanje*), dostupan na Web sajtu: <http://www.iiw-iis.org/>;
- **ISPEN** (*International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology - međunarodna društva za precizno inženjerstvo i nanotehnologije*);
- **ITC** (*International Tribology Council – međunarodni tribološki savet*), dostupan na Web sajtu: <http://www.itctribology.org/>;
- **PDES** (*Product Data Exchange using STEP - razmena podataka o proizvodu koristeći STEP*), dostupno na Web sajtu: <http://pdesinc.aticorp.org/>;
- **PMA** (*Precision Metalforming Association - Udruženje za precizno oblikovanje metala*), dostupno na Web sajtu: <http://www.pma.org/>;
- **PMPA** (*Precision Machined Products Association - Udruženje preciznih mašinskih proizvoda*), dostupno na Web sajtu: <http://www.pmpa.org/>;
- **QEMA** (*Quality, Engineering and Manufacturing Association – udruženje za kvalitet, inženjering i proizvodnju*), dostupno na Web sajtu: <http://www.tqm.com/index.html>;
- **RIA** (*Robotic Industries Association - Udruženje za industrijsku robotiku*), dostupno na Web sajtu: <http://www.roboticonline.com/>;
- **TMA** (*Tooling & Manufacturing Association - Udruženje alatnicara i proizvođača*), dostupno na Web sajtu: <http://www.tmanet.com/>;
- **SAMPE** (*Society for the Advancement of Material and Process Engineering – društvo za unapređenje materijala i inženjerstva procesa*), dostupno na Web sajtu: <http://www.sampe.org/>;
- **SMRP** (*Society for Maintenance & Reliability Professionals – društvo za profesionalaca za održavanje i pouzdanost*), dostupno na Web sajtu: <http://www.smrp.org/>;
- **SRE** (*Society of Reliability Engineers – društvo inženjera za pouzdanost*), dostupno na Web sajtu: <http://www.sre.org/> i sl.

Na regionalnom nivou postoje i deluju mnoga društva i udruženja u oblasti proizvodnog mašinstva kao i njegovim podoblastima, kao npr. kod evropskih, američkih, azijskih, afričkih, skandinavskih, mediteranskih, balkanskih, baltičkih i drugih država. Među najznacajnijim regionalnim društvima i udruženjima, u oblasti proizvodnog mašinstva kao i njegovim podoblastima, koja deluju u Evropi svakako su (tabela 3) [2,3]:

- **CECIMO** (*Comité Européen de Coopération des Industries de la Machine - Outil* ili na engleskom *European Committee for Co-operation of the Machine Tool Industries - Evropski komitet za koopearciju industrija mašina alati*), dostupno na Web sajtu: <http://www.cecimo.be/> ili <http://www.cecimo.org/>;
- **EDMA** (*European Diagnostics Manufacturers Association - Evropsko udruženje za proizvođača dijagnostike*), dostupno na Web sajtu: <http://www.edma-ivd.be/>;
- **EFNDT** (*European Federation for Non-Destructive Testing - Evropski savez ne-destruktivno testiranja*), dostupno na Web sajtu: <http://www.efndt.org/>;
- **EFNMS** (*European Federation of National Maintenance Societies - Evropski savez nacionalnih društava za održavanje*), dostupno na Web sajtu: <http://www.efnms.org/>;
- **EFQM** (*European Foundation for Quality Management - Evropska fondacija za upravljanje kvalitetom*), dostupno na Web sajtu: <http://www.efqm.org/>;
- **EIRMA** (*European Industrial Research Management Association - Evropsko udruženje za upravljanje industrijskim istraživanjem*), dostupno na Web sajtu: <http://www.eirma.org/> i <http://www.eirma.asso.fr/>;
- **ENTA** (*European Nanotechnology Trade Association - Evropsko trgovinsko udruženje za nanotehnologiju*), dostupno na Web sajtu: <http://www.nano.org.uk/enta/>;
- **EOQ** (*European Organization for Quality - Evropska organizacija za kvalitet*), dostupno na Web sajtu: <http://www.eoq.org/>;
- **EOTC** (*European Organization for Testing and Certification - Evropska organizacija za ispitivanje i sertifikaciju*), dostupno na Web sajtu: <http://www.eotc.be/>;
- **EUSPEN** (*European Society for Precision Engineering and Nanotechnology - Evropsko društvo za precizno inženjerstvo i nanotehnologije*), dostupno na Web sajtu: <http://www.euspen.org/>;
- **EWA** (*European Welding Association - Evropsko udruženje za zavarivanje*);
- **EWf** (*European Welding, Joining and Cutting Federation - Evropski savez za zavarivanje, spajanje i rezanje*), dostupno na Web sajtu: <http://www.ewf.be/>;
- **FEANI** (*Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs* ili na engleskom *European Federation of National Engineering Associations -EFNEA - Evropski savez nacionalnih udruženja inženjera*), dostupno na Web sajtu: <http://www.feani.org/>;

- **ProSTEPiViP** (*Product Data STEP Integrated Virtual Product - STEP proizvodni podaci, integrisani virtualni proizvod*), dostupno na Web sajtu: <http://www.prostep.org/>;
- **SEFI** (*Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs* ili na engleskom *European Society for Engineering Education - Evropsko društvo za obrazovanje inženjera*) dostupno na Web sajtu: <http://www.sefifrance.fr/> i <http://www.ntb.ch/SEFI/> i sl.

Tabela 2: Prikaz najznacajnijih medunarodnih društava i udruženja u podoblastima proizvodnog mašinstva

Red. br.	Skraceni naziv	Naziv medunarodnog društva ili udruženja u oblasti proizvodnog mašinstva	Web sajt ili URL adresa	Sedište udruženja
1.	AME	Association for M anufacturing E xcellence	http://www.ame.org/	Wheeling (IL – SAD)
2.	ASAM	Association for S tandardisation of A utomation and M easuring S ystems	http://www.asam.net/	Hoehenkirchen (Nemacka)
3.	CAD Society	C omputer A ided D esign S ociety	http://www.cadsociety.com/	Bethesda (MD – SAD)
4.	IAMOT	I nternational A ssociation for M anagement of T echnology	http://www.iamot.org/	Vancouver (Kanada)
5.	IAQ	I nternational A cademy for Q uality	http://www.iaq.asq.org/	Milwaukeeu (WI - SAD)
6.	IFR	I nternational F ederation of R obotics	http://www.ifr.org/	Pariz (Francuska)
7.	IIE	I nstitute of I ndustrial E ngineers	http://www.iienet.org/	Norcross (GA – SAD)
8.	IIW	I nternational I nstitute of W elding	http://www.iiw-iis.org/	Cedex (Francuska)
9.	ISPEN	I nternational S ocieties for P recision E ngineering and N anotechnology		
10.	ITC	I nternational T ribology C ouncil	http://www.itctribology.org/	London (Velika Britanija)
11.	PDES	P roduct D ata E xchange using S TEP	http://pdesinc.atiincorp.org/	North Charlestonu (South Carolina - SAD)
12.	PMA	P recision M etalforming A ssociation	http://www.pma.org/	Richmond Heights (OH – SAD)
13.	PMPA	P recision M achined P roducts A ssociation	http://www.pmpa.org/	Brecksville Ohio
14.	QEMA	Q uality E ngineering and M anufacturing A ssociation	http://www.tqm.com/index.html	
15.	RIA	R obotic I ndustries A ssociation	http://www.roboticsonline.com/	Ann Arbor (MI – SAD)
16.	TMA	T ooling & M anufacturing A ssociation	http://www.tmanet.com/	Park Ridge (IL – SAD)
17.	SAMPE	S ociety for the A dvancement of M aterial and P rocess E ngineering	http://www.sampe.org/	Covina (CA – SAD)
18.	SMRP	S ociety for M aintenance & R eliability P rofessionals	http://www.smrp.org/	Knoxville (TN – SAD)
19.	SRE	S ociety of R eliability E ngineers	http://www.sre.org/	Madison (AL – SAD)

Tabela 3: Prikaz najznacajnijih regionalnih društava i udruženja u oblasti proizvodnog mašinstva kao i njegovim podoblastima koja deluju u Evropi

Red. br.	Skraceni naziv	Naziv Evropskog društva ili udruženja u oblasti proizvodnog mašinstva	Web sajt ili URL adresa	Sedište udruženja
1.	CECIMO	Comité Européen de Coopération des Industries de la Machine – Outil (European Committee for Cooperation of the Machine Tool Industries)	http://www.cecimo.be/ i http://www.cecimo.org/	Brisel (Belgija)
2.	EDMA	European Diagnostics Manufacturers Association	http://www.edma-ivd.be/	Brisel (Belgija)
3.	EFNDT	European Federation for Non-Destructive Testing	http://www.efndt.org/	Northampton (Velika Britanija)
4.	EFNMS	European Federation of National Maintenance Societies	http://www.efnms.org/	Glostrup (Danska)
5.	EFQM	European Foundation for Quality Management	http://www.efqm.org/	Eindhoven (Holandija)
6.	EIRMA	European Industrial Research Management Association	http://www.eirma.org/ i http://www.eirma.asso.fr/	Pariz (Francuska)
7.	ENTA	European Nanotechnology Trade Association	http://www.nano.org.uk/enta/	Stirling (Škotska)
8.	EOQ	European Organization for Quality	http://www.eoq.org/	Brisel (Belgija)
9.	EOTC	European Organization for Testing and Certification	http://www.eotc.be/	Brisel (Belgija)
10.	EUSPEN	European Society for Precision Engineering and Nanotechnology	http://www.euspen.org/	Bedford (Velika Britanija)
11.	EWA	European Welding Association	http://www./	London (Velika Britanija)
12.	EWf	European Welding, Joining and Cutting Federation	http://www.ewf.be/	Brisel (Belgija)
13.	FEANI	Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs (European Federation of National Engineering Associations – EFNEA)	http://www.feani.org/	Brisel (Belgija)
14.	ProSTEP iViP	Product Data STEP Integrated Virtual Product	http://www.prostep.org/	Darmstadt (Nemacka)
15.	SEFI	Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs (European Society for Engineering Education)	http://www.seffrance.fr/ i http://www.ntb.ch/SEFI/	Pariz (Francuska)

4. NACIONALNA UDRUŽENJA U OBLASTI PROIZVODNOG MAŠINSTVA

Na nacionalnom nivou postoje i deluju, u oblasti proizvodnog mašinstva kao i u njegovim podoblastima, u velikom broju država nacionalna društva ili udruženja. Ona igraju važnu ulogu u promovisanju istraživanja u proizvodnom mašinstvu na svetskom nivou. Nacionalna društva i udruženja iz oblasti proizvodnog mašinstva kao i u njegovim podoblastima, poredani po abecedi skracenog naziva su:

- **AGMA** (*American Gear Manufacturers Association – Americko udruženje za proizvodnju zupčanika*), dostupno na Web sajtu: <http://www.agma.org/>;
- **AMTDA** (*American Machine Tool Distributors' Association – Americko udruženje distributera mašina alatki*), dostupno na Web sajtu: <http://www.amtda.org/>;
- **ASEE** (*American Society for Engineering Education – Americko društvo za obrazovno inženjerstvo*), dostupno na Web sajtu: <http://www.asee.org/>;
- **ASNT** (*American Society for Non-destructive Testing - Americko društvo za nedestruktivno testiranje*), dostupno na Web sajtu: <http://www.asnt.org/>;
- **ASPE** (*American Society for Precision Engineering - Americko društvo za precizno inženjerstvo*), dostupno na Web sajtu: <http://www.aspe.net/>;
- **ASQ** (*American Society for Quality - Americko društvo za kvalitet*), dostupno na Web sajtu: <http://www.asq.org/>;
- **ASTM** (*American Society for Testing and Materials - Americko društvo za ispitivanje i materijale*), dostupno na Web sajtu: <http://www.astm.org/>;
- **AWS** (*American Welding Society – Americko društvo za zavarivanje*), dostupno na Web sajtu: <http://www.aws.org/>;
- **BARA** (*British Automation and Robot Association – Britansko udruženje za automatizaciju i robote*), dostupno na Web sajtu: <http://www.bra-automation.co.uk/>;

- **CMES** (*Chinese Mechanical Engineering Society - Kinesko društvo za mašinski inženjering*), dostupno na Web sajtu: <http://www.cmes.org/>;
- **CSME** (*Canadian Society of Mechanical Engineering - Kanadsko društvo za mašinski inženjering*), dostupno na Web sajtu: <http://www.csme-scgm.ca/>;
- **CWS** (*Chinese Welding Society – Kinesko društvo za zavarivanje*), dostupno na Web sajtu: <http://www.china-weldnet.com/>;
- **DOTS** (*Društvo održavalaca tehničkih sistema ili na engleskom Technical System Maintenance Society*), dostupno na Web sajtu: <http://www.dots.org.yu/>;
- **DUZS** (*Društvo za unapređenje zavarivanja u Srbiji ili na engleskom Society for Advantage Welding in Serbia*), dostupno na Web sajtu: <http://solair.eunet.yu/~duzs/>;
- **DVS** (*Društvo Vzdrževalcev Slovenije ili na engleskom Slovenian Maintenance Society*), dostupno na Web sajtu: <http://www.drustvo-dvs.si/>;
- **HDO** (*Hrvatsko društvo održavatelja ili na engleskom Croatian Maintenance Society*), dostupno na Web sajtu: <http://www.hdo.hr/>;
- **HDR** (*Hrvatsko društvo za robotiku ili na engleskom Croatia Robotics Society - CRS*), dostupno na Web sajtu: <http://www.hdr.hr/> i <http://flrcg.rasip.fer.hr/hdr/>;
- **HDTZ** (*Hrvatsko društvo za tehniku zavarivanja*), dostupno na Web sajtu: <http://hdtz.fsb.hr/>;
- **HUPS** (*Hrvatska udruga proizvodnog strojarstva ili na engleskom Croatia Association of Production Engineering - CAPE*), dostupno na Web sajtu: [http://www.cim2005.fsbhr/index.php?d=11](http://www.cim2005.fsbhr/index.php?d=11;);
- **IDAA** (*Industrial Diamond Association of America – Udruženje Amerike za industrijski dijamant*), dostupno na Web sajtu: <http://www.superabrasives.org/>;
- **IMechE** (*Institution of Mechanical Engineers - institucija za mašinske inženjere*), dostupno na Web sajtu: <http://www.imeche.org.uk/>;
- **IWS** (*Indonesian Welding Society – Indonežansko društvo za zavarivanje*);
- **JARA** (*Japan Robot Association - Japansko udruženje za robote*), dostupno na Web sajtu: <http://www.jara.jp/e/>;
- **JAST** (*Japanese Society of Tribologists - Japansko društvo tribologičara*), dostupno na Web sajtu: <http://www.tribology.jp/>;
- **JMSA** (*Japan Metal Stamping Association - Japansko udruženje za kovanje metala*), dostupno na Web sajtu: http://www.nikken.or.jp/e_index.html;
- **JŚME** (*Japan Society of Mechanical Engineers - Japansko društvo mašinskih inženjera*), dostupno na Web sajtu: <http://www.jsme.or.jp/>;
- **JSPE** (*Japan Society for Precision Engineering - Japansko društvo za precizno inženjerstvo*), dostupno na Web sajtu: <http://www.jspe.or.jp/>;
- **KSME** (*Korean Society of Mechanical Engineers - Koreansko društvo mašinskih inženjera*), dostupno na Web sajtu: <http://eng.ksme.or.kr/>;
- **MEP** (*Manufacturing Extension Partnership – Partnerstvo za proširenu proizvodnju*), dostupno na Web sajtu: <http://www.mep.nist.gov/>;
- **NAM** (*National Association of Manufacturers – Nacionalno udruženje proizvođača*), dostupno na Web sajtu: <http://www.nam.org/>;
- **NTMA** (*National Tooling & Machining Association – Nacionalno udruženje alatnicara i obradivaca*), dostupno na Web sajtu: <http://www.ntma.org/>;
- **NZHERA** (*New Zealand Heavy Engineering Research Association – Novo Zelandsko udruženje za istraživanja u teškom inženjerstvu*);
- **ÖTG** (*Österreichische Tribologische Gesellschaft ili na engleskom Austrian Tribology Society - Austrijsko društvo za tribologiju*), dostupno na Web sajtu: <http://www.oetg.at/>;
- **SAIT** (*South African Institute of Tribology – Južno afrički institut za tribologiju*), dostupno na Web sajtu: <http://www.sait.org.za/>;
- **SIAA** (*Singapore Industrial Automation Association – Singapursko udruženje za industrijsku automatizaciju*);
- **SIMA** (*Stanford Integrated Manufacturing Association – Stanfordsko udruženje za integralnu proizvodnju*), dostupno na Web sajtu: <http://www-sima.stanford.edu/> ili <http://gummo.stanford.edu/html/SIMA/>;
- **STLE** (*Society of Tribologists & Lubrication Engineers – društvo inženjera za tribologiju i podmazivanje*), dostupno na Web sajtu: <http://www.stle.org/>;
- **SWS** (*Singapore Welding Society – Singapursko društvo za zavarivanje*);
- **TSI** (*Tribology Society of India – tribološko društvo Indije*), dostupan na Web sajtu: <http://www.tribologyindia.org/>;
- **TWI** (*The Welding Institute – institut za zavarivanje*), dostupan na Web sajtu: <http://www.twi.co.uk/>;
- **VDI** (*Verein Deutscher Ingenieure ili na engleskom ili na engleskom Germany Association Engineers – Nemačko udruženje inženjera*), dostupno na Web sajtu: <http://www.vdi.de/>;

- **WTIA** (*Welding Technology Institute of Australia – institut za tehnologiju zavarivanja Australije*), dostupan na Web sajtu: <http://www.wtia.com.au/>;
- **YuTrib** (*Yugoslav Tribology Society – Jugoslovensko društvo za tribologiju*), dostupan na Web sajtu: <http://www.triblabs.com/>;
- **ZDVTS** (*Zveza drustev za varilno tehniko Slovenije*), dostupno na Web sajtu: <http://www2.arnes.si/~lwelding/ZDVTS/>;
- **ZNIIPMSCG** (*Zajednica naucno-istraživackih institucija proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore*) dostupna na Web sajtu: <http://www.smpj.org.yu/>;
- **ZSIS** (*Zveza strojnih inženirjev Slovenije ili na engleskom Association of Mechanical Engineers of Slovenia - AMES – društvo mašinskih inženjera Slovenije*) itd.

Navedeni broj nacionalnih društva i udruženja, koja deluju u oblasti proizvodnog mašinstva kao i u njegovim podoblastima, predstavlja samo deo onog što deluje u svetskim razmerama.

Uglavnom su navedena nacionalna društva i udruženja Amerike, Kanade, Japana, Srbije i Crne Gore, novoformiranih država bivše Jugoslavije, pojedinih zemalja u razvoju itd.

U bivšoj Jugoslaviji u vreme održavanja I Jugoslovenskog savetovanja proizvodnog mašinstva u Beogradu 1965. godine formirana je Zajednica Jugoslovenskih naucno-istraživackih institucija proizvodnog mašinstva (za koju se dosta cesto koristio skraceni naziv ZJNIIPM). U ovu zajednicu su vrlo brzo pristupile skoro sve znacajne naucno-istraživacke institucije iz podrucja proizvodnog mašinstva bivše Jugoslavije. Clanovi ZJNIIPM zajednice (poredane po abecedi) bili su tada:

- Fakulteta za strojništvo Ljubljana,
- FSB (*Fakultet strojarstva i brodogradnje*) Zagreb,
- Fakultet tehnickih nauka Novi Sad,
- IAMA (*Institut za alatne mašine i alate*) Beograd,
- Institut za alatne strojeve "Prvomajska" Zagreb,
- Mašinski fakultet Banja Luka,
- Mašinski fakultet Beograd,
- Mašinski fakultet Kragujevac,
- Mašinski fakultet Mostar,
- Mašinski fakultet Niš,
- Mašinski fakultet Priština,
- Mašinski fakultet Sarajevo,
- Mašinski fakultet Skoplje,
- Mašinski fakultet Titograd,
- Pedagoško-tehnicki fakultet Cacak,
- Tehnicki fakultet Rijeka i
- Viša tehnicka škola Maribor.

Raspadom bivše Jugoslavije pocetkom 1990-ih godina iz ZJNIIPM zajednice istupile su institucije iz Hrvatske, Slovenije, Bosne i Hercegovine i Makedonije, tako da ovu zajednicu danas cine:

- Mašinski fakultet Beograd,
- LOLA institut Beograd,
- Tehnicki fakultet Cacak,
- Mašinski fakultet Kragujevac,
- Mašinski fakultet Kraljevo,
- Mašinski fakultet Niš,
- Institut za proizvodno mašinstvo FTN Novi Sad,
- Institut za industrijske sistem FTN Novi Sad,
- Mašinski fakultet Podgorica i
- Mašinski fakultet Kosovska Mitrovica.

Danas zajednica nosi naziv Zajednica naucno-istraživackih institucija proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore (za koju se dosta cesto koristio skraceni naziv ZNIIPMSCG).

Pojedine republike bivše Jugoslavije po istupanju iz Jugoslavije formirale su svoja udruženja, i to:

- Hrvatska je 1992. godine formirala svoje udruženje za proizvodno mašinstvo pod nazivom **HUPS** (*Hrvatska udruga proizvodnog strojarstva*), i udruženja iz podoblasti proizvodnog mašinstva, kao što su npr.: HDO, HDR, HDTZ itd.,
- Slovenija je pocetkom 1990-ih godina formirala svoje udruženje za mašinstvo pod nazivom **ZSIS** (*Zveza strojnih inženirjev Slovenije ili na engleskom Association of Mechanical Engineers of Slovenia - AMES – društvo mašinskih inženjera Slovenije*), koje publikuje medunarodni casopis Strojniški vestnik (*Journal of Mechanical Engineering*), i udruženja iz podoblasti proizv. mašinstva, kao što su npr.: DVS, ZDVTS itd.,
- Za Makedoniju i BiH nema informacija o ovakvim udruženjima, sem što je u BiH osnovano Društvo za robotiku Bosne i Hercegovine (*Society for Robotics of Bosnia and Herzegovina*).

5. RETROSPEKTIVA ODRŽANIH SAVETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA SRBIJE I CRNE GORE

Prvo savetovanje proizvodnog mašinstva bivše Jugoslavije održano je 1965. godine u Beogradu na inicijativu prof. dr Vladimira B. Šolaje, kada je i formirana ZJNIIPM zajednica. Za jubilarnih četrdeset godina održano je trideset savetovanja proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore. Pregled do sada održanih savetovanja proizvodnog mašinstva prikazan je u tabeli 4.

Dalekih 1960-ih godina Savetovanje proizvodnog mašinstva je bilo, može se slobodno reci, jedino mesto okupljanja na kome je naš naučno-istraživački kadar sa fakulteta, instituta i iz privrednih organizacije mogli da publikuju rezultate svog naučno-istraživačkog rada i razmenjuju iskustva.

Ne dugo zatim započete su sa održavanjem JUPITER i MMA konferencije, nešto kasnije IS i TM itd. Tako da su danas prisutne sledeće konferencije:

- nacionalna konferencija sa međunarodnim učešćem **JUPITER** (*Jedinstveno upravljanje proizvodnim i tehnološkim resursima*),
- međunarodna konferencija **mma** (*Mašinska obrada, mašine alatke, alati, pribori, merenja i kontrola, fleksibilni tehnološki sistemi, CAD, CAPP, CAM, CAQ, CIM*),
- međunarodna konferencija **IS** (*Industrijski sistemi* ili na engleskom *Industrial Systems*),
- međunarodna konferencija **TM** (*Teška mašinogradnja* ili na engleskom *Heavy Machinery - HM*),
- međunarodna konferencija **RaDMI** (*Research and Development in Mechanical Industry – Istraživanje i razvoj u mašinskoj industriji*)²³, dostupna na Web sajtu: <http://www.radmi.co.yu/> itd.

Tabela 4: Prikaz održanih Savetovanja proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore

Dosadašnji dobitnici ovog značajnog priznanja prikazani su u tabeli 5.

Red. br. S.	Vreme održavanja	Mesto održavanja	Organizatori Savetovanja	Br. uvodn. referata	Ukupan br.radova	Br.pub. strana
1.	1965.	Beograd	Mašinski fakultet Beograd			
2.	1966.	Zagreb	FSB Zagreb			
3.	1967.	Ljubljana	Fakulteta za strojništvo Ljubljana			
4.	1968.	Sarajevo	Mašinski fakultet Sarajevo			
5.	15-16. maja 1969.	Kragujevac	IAMA Beograd i Mašinski fakultet od Kragujevac	3	48	
6.	1970.	Opatija	FSB Zagreb			
7.	1971.	Novi Sad	Fakultet tehnickih nauka Novi Sad			
8.	1973.	Ljubljana	Fakulteta za strojništvo Ljubljana			
9.	1974.	Niš	Mašinski fakultet Niš			
10.	09-10.oktobra 1975.	Beograd	IAMA Beograd i Mašinski fakultet Beograd	4	48	650
11.	01-03. juna 1977.	Ohrid	Mašinski fakultet Skopje		60	
12.	28-29. septembra 1978.	Maribor	Visoka tehnicka škola Maribor	3	34	570
13.	06-08. juna 1979	Banja Luka	Mašinski fakultet Banja Luka			
14.	24-26. septembra 1980.	Cacak	Tehnicki fakultet Cacak	4	70	909
15.	1981.	Novi Sad	Fakultet tehnickih nauka Novi Sad			
16.	1982.	Mostar	Mašinski fakultet Mostar			
17.	12-14. oktobra 1983.	Budva	Mašinski fakultet Podgorica	2	90	505
18.	26-28. septembra 1984.	Niš	Mašinski fakultet Niš	0	13	130
19.	26-28. septembra 1985.	Kragujevac	Mašinski fakultet Kragujevac	0	122	716
20.	19-22. maja 1986.	Beograd	Mašinski fakultet Beograd	0	36	223
21.	6-7. oktobra 1987.	Opatija	FSB Zagreb			
22.	24-26. maja 1989.	Ohrid	Mašinski fakultet Skopje			
23.	1991.	Zagreb	Nije održano			
24.	1992.	Novi Sad	Fakultet tehnickih nauka Novi Sad			
25.	29-30. septembra 1994.	Beograd	Mašinski fakultet Beograd i LOLA institut Beograd	0	133	868
26.	1996.	Podgorica	Mašinski fakultet Podgorica			
27.	23-25. septembra 1998.	Niš	Mašinski fakultet Niš			
28.	28-29. septembra 2000.	Kraljevo – Mataruška Banja	Mašinski fakultet Kraljevo	7	74	508
29.	2002.	Beograd	LOLA institut Beograd			
30.	01-04. septembra 2005.	Vrnjacka Banja	Tehnicki fakultet Cacak	10	100	~650

²³ međunarodna konferencija RaDMI je naučno-strucni skup sa najvećim brojem radova iz inostranstva i sa najvećim WIF faktorom, koja se kontinuirano održava od 2000. godine u Srbiji i Crnoj Gori iz oblasti proizvodnog mašinstva

Tabela 5: Prikaz dosadašnjih dobitnika povelje i plakete "Prof. dr PAVLE STANKOVIC"

Godina dodele priznanja	Organizatori Savetovanja
1983.	1. Prof. dr Rudolf Zdenkovic, dipl. ing, Strojarski fakultet, Zagreb 2. Prof. dr Vladimir Šolaja, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd 3. Prof. dr Julije Kremer, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Beograd
1984.	1. Prof. dr Janez Peklenik, dipl. ing, Fakultet, Ljubljana 2. Prof. dr Binko Musafija, dipl. ing, Mašinski fakultet, Sarajevo
1985.	1. Prof. dr Predrag Popovic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Niš 2. Prof. dr Vladimir Milacic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd
1986.	1. Prof. dr Branko Ivkovic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Kragujevac 2. Prof. dr Strezo Trajkovski, dipl. ing, Mašinski fakultet, Skoplje
1987.	1. Prof. dr Svetislav Zaric, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd 2. Prof. dr Josip Hribar, dipl. ing, Mašinski fakultet
1989.	1. Prof. dr Branislav Devedžic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Kragujevac 2. Prof. dr Elso Kuljanic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Rijeka 3. Prof. dr Zoran Seljak, dipl. ing, Mašinski fakultet, Ljubljana
1992.	1. Prof. dr Jožef Rekecki, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad 2. Prof. dr Sava Sekulic, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad 3. Prof. dr Joko Stanic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd 4. Prof. dr Vlado Vujovic, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad
1994.	1. Mile Benedetic, dipl. ing, LOLA Institut, Beograd 2. Prof. dr Vuko Domazetovic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Podgorica 3. Prof. dr Milenko Jovicic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd
1996.	1. Prof. dr Milisav Kalajdzic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Beograd 2. Prof. dr Dragutin Zelenovic, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad
1998.	1. Prof. dr Ratko Gatalo, dipl. ing, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad 2. Prof. dr Vucko Mecanin, dipl. ing, Mašinski fakultet, Kraljevo
2000.	1. Prof. dr Mihailo Milojevic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Kraljevo 2. Prof. dr Dragoje Milikic, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad
2002.	1. Prof. dr Vojislav Stojiljkovic, dipl. ing, Mašinski fakultet, Niš 2. Prof. dr Ilija Cosic, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad

6. MEĐUNARODNI CASOPISI U OBLASTI PROIZVODNOG MAŠINSTVA

Rezultati naucno-istraživackog rada mogu se publikovati i u 13.673²⁴ vodeca medunarodna i medunarodna casopisa iz svih oblasti ljudskog delovanja i više desetina hiljada nacionalnih casopisa. Ocena i vrednovanje, a samim tim i kategorizacija casopisa određuje se prema impakt faktoru casopisa ili skraceno JIF (*Journal Impact Factor*), za cije određivanje je prvu ideju dao E. Garfield još 1955. godine. JIF impakt faktor za vodece medunarodne i medunarodne casopise utvrđuje se za svaku godinu, a uzima u obzir citiranost radova objavljenih u casopisu na godišnjem nivou i broj objavljenih radova za tu godinu. JIF impakt faktor svake godine određuje i objavljuje **ISI** (*Institute for Scientific Information - Institut za naucne informacije*) institut (URL: <http://www.isinet.com/>). U tabeli 6 dat je prikaz nekoliko desetina najznacajnijih svetskih medunarodnih i medunarodnih casopisa iz oblasti proizvodnog mašinstva, sa adresom Web sajta na kome se mogu naci osnovne informacije o casopisu i podacima o JIF impakt faktoru za poslednje osam godina.

Prema podacima o JIF impakt faktoru vodećih medunarodnih i medunarodnih casopisa za 2004. godinu casopis "*Advanced in Applied Mechanics*" (ISSN 0065-2156) sa JIF faktorom 4,000 svrstava se u prvih 350 casopisa, ili npr. casopis "*Nanotechnology*" (ISSN 0957-4484) sa JIF faktorom 3,322 svrstava se u prvih 600 casopisa, ili npr. casopis "*Surface Science*" (ISSN 0039-6028) sa JIF faktorom 2,168 svrstava se u prvih 1.000 casopisa. Casopisi sa JIF faktorom od 1,000-2,000 svrstavaju se u prvih 2.400 casopisa, ili od 0,500-1,000 u prvih 3.900 casopisa, a od 0,100-0,500 u prvih 5.500 casopisa.

²⁴ prema evidenciji ISI instituta od 30.06.2005. godine

Tabela 6: Prikaz nekoliko desetina najznacajnijih svetskih medunarodnih i medunarodnih casopisa iz oblasti proizvodnog masinstva sa JIF impekt faktorom za poslednje osam godina

Naziv časopisa	ISSN broj	Web sajt ili URL adresa	Impekt faktor / godina							
			1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Advanced in Applied Mechanics	0065-2156		2.500	3.778	4.900	3.125	5.667	2.400	4.222	4.000
Advanced Robotics	0169-1864	http://www.kluweronline.com/issn/0169-1864/	0,133	0,138	0,225	0,090	0,111	0,182	0,375	0,254
AIEDAM (Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing)	0890-0604	http://journals.cambridge.org/9780521849010/journals/AIE	0,348	0,402	0,157	0,171	0,251	0,240	0,302	0,156
Archive of Applied Mechanics	0999-1533 ¹ 1402-0081 ²	http://link.springer.de/link/service/journals/0040-0100/index.htm	0,442	0,557	0,347	0,505	0,906	0,538	0,568	0,514
Assembly Automation	0144-5154	http://www.tandf.co.uk/journals/0144-5154								
CBPP Annals – Manufacturing Technology	0007-8506	http://www.cim-net.org/publications/year_by_year.html								
Computer & Industrial Engineering	0360-8332	http://www.elsevier.com/locate/compecon	0,105	0,093	0,128	0,391	0,270	0,413	0,632	
Computers in Industry	0166-3615	http://www.elsevier.com/locate/compecon	0,239	0,246	0,418	0,357	0,602	0,692	0,690	
Engineering Applications of Artificial Intelligence	0952-1976	http://www.elsevier.com/locate/engappai	0,190	0,239	0,152	0,231	0,306	0,295	0,393	0,421
Experimental Techniques	0732-8818	http://www.elsevier.com/locate/et	0,172	0,205	0,150	0,201	0,371	0,267	0,209	0,371
Festschrifts, series Mechanical Engineering ³	0354-2025	http://www.elsevier.com/locate/et								
Industrial Lubrication and Tribology Journal	0036-8792	http://www.elsevier.com/locate/tribol	0,031	0,000	0,020	0,152	0,167	0,302	0,304	
Industrial Robot	0143-991X	http://www.elsevier.com/locate/robot	0,025	0,052	0,055	0,090	0,105	0,041	0,160	0,167
International Applied Mechanics	1063-7095 ¹ 1573-8582 ²	http://www.kluweronline.com/issn/1063-7095/	0,004	0,040	0,003	0,315	0,808	1,142	1,614	1,427
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768 ¹ 1403-3015 ²	http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=journal&issn=0268-3768	0,184	0,310	0,333	0,274	0,390	0,376	0,446	0,352
International Journal of CIM (Computer Integrated Manufacturing)	0951-192X	http://www.tandf.co.uk/journals/0951-192X	0,286	0,434	0,494	0,667	0,341	0,367	0,733	0,305
International Journal of Flexible Manufacturing Systems	0920-6199	http://www.kluweronline.com/issn/0920-6199	0,213	0,258	0,419	0,282	0,322	0,694	0,735	0,600
International Journal of Industrial Systems ⁴	1450-7609									
International Journal of Machine Tools & Manufacture	0890-6955	http://www.elsevier.com/locate/ijmt	0,425	0,258	0,306	0,388	0,326	0,688	0,712	1,183
International Journal of Mechanical Sciences	0020-7403	http://www.elsevier.com/locate/ijms	0,509	0,524	0,626	0,747	0,858	0,811	0,873	0,906
International Journal of Production Research	0020-7143	http://www.elsevier.com/locate/ijpr	0,516	0,584	0,512	0,504	0,438	0,600	0,557	0,558
International Journal of Robotics Research	0278-3689 ¹ 1741-3170 ²	http://www.elsevier.com/locate/ijrr	0,636	0,503	0,740	0,717	1,043	0,014	1,207	1,168
Journal of Intelligent Manufacturing	0950-5515	http://www.kluweronline.com/issn/0950-5515/	0,200	0,226	0,214	0,285	0,296	0,551	0,610	0,495
Journal of Japanese Society of Tribologists	0915-1168		0,015	0,019	0,036	0,041	0,038	0,021	0,023	0,047
Journal of Manufacturing Science and Engineering – Transactions of the ASME	1087-1357	http://www.asme.org/pubs/journals/JMES	0,114	0,138	0,417	0,389	0,356	0,356	0,485	0,477
Journal of Manufacturing Systems	0278-6125	http://www.elsevier.com/locate/jms	0,300	0,380	0,307	0,431	0,324	0,329	0,253	0,271
Journal of Mechanical Engineering ³	0741-2123	http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productC3-ROB.html	0,120	0,378	0,398	0,254	0,505	0,477	0,459	0,380
Journal of the Italian Tribological Association	1310-4772									
Journal of Tribology – Transactions of the ASME	0742-4787	http://www.asme.org/pubs/journals/JT	0,408	0,490	0,751	0,643	0,667	0,607	0,670	0,541
ISME International Journal Series C – Mechanical Systems Machine Elements and Manufacturing	1344-7653		0,087	0,112	0,097	0,098		0,141	0,212	0,107
ISME International Journal	1326-4865		0,098	0,172	0,154	0,253	0,249	0,239	0,272	0,444
Lasers in Engineering	0898-1507	http://www.pennedicals.com/stack_4/912409.html	0,368	0,305	0,487	0,296	0,186	0,182	0,295	
Lubrication Engineering (S TLE) ⁴	0024-7154		0,177	0,242	0,398	0,279	0,418	0,300	0,312	0,423
Machining Science & Technology	1091-0344 ¹ 1532-2403 ²	http://www.tandf.co.uk/journals/10910344.asp				0,024	0,243	0,436	0,500	0,327
Manufacturing Engineering	0361-0833		0,051	0,062	0,078	0,060	0,031	0,077	0,050	0,047
Materials and Manufacturing Processes	1042-6914	http://www.pennedicals.com/stack_4/912409.html	0,176	0,302	0,248	0,288	0,238	0,250	0,472	
Mechanical Engineering	0025-6101	http://www.mechmagazine.org/	0,121	0,134	0,165	0,105	0,109	0,111	0,137	0,131
Nanotechnology	0957-4484	http://www.elsevier.com/locate/nanotech	1,000	1,505	1,663	1,300	1,621	1,426	2,304	3,232
Precision Engineering	0141-6739	http://www.elsevier.com/locate/pe	0,355	0,446	0,291	0,389	0,408	0,790	0,626	0,796
Proceedings of the IMechE Part B – Journal of Engineering Manufacture	0954-4054	http://www.imechenet.com/content/pb/jms/	0,262	0,243	0,336	0,235	0,209	0,182	0,280	0,249
Proceedings of the IMechE Part C – Journal of Mechanical Engineering Science	0954-4062	http://www.imechenet.com/content/pc/jms/	0,237	0,250	0,397	0,241	0,326	0,226	0,212	0,206
Proceedings of the IMechE Part J – Journal of Engineering Tribology	1350-6101	http://www.imechenet.com/content/pj/jms/				0,394	0,506	0,511	0,469	0,566
Production Planning & Control	0953-7287	http://www.tandf.co.uk/journals/09537287.asp	0,243	0,180	0,290	0,224	0,380	0,466	0,326	
Robotics	0263-5747	http://journals.cambridge.org/9780521849010/journals/02635747	0,258	0,207	0,468	0,189	0,346	0,357	0,527	0,400
Robotics and Autonomous Systems	0021-8890	http://www.elsevier.com/locate/robot	0,283	0,415	0,415	0,544	0,650	0,620	0,458	
Robotics and CIM (Computer Integrated Manufacturing)	0736-5845	http://www.elsevier.com/locate/cim	0,063	0,068	0,156	0,255	0,456	0,348	0,618	0,699
Science and Technology of Welding and Joining	1362-1718	http://www.jointe.com/journals/scw/jms/jms/				0,444	0,257	0,295	0,324	0,513
Strojstvo	0562-1887		0,071	0,081	0,024	0,059	0,065	0,047	0,049	
Strojstvo – Journal of Mechanical Engineering	0089-2480	http://www.fctm.si/revije/	0,024	0,049	0,012	0,049	0,050	0,048	0,150	
Surface & Coatings Technology	0257-8972	http://www.elsevier.com/locate/surfcoat	0,892	0,900	1,008	1,002	1,236	1,267	1,410	1,432
Surface Science	0039-6028	http://www.elsevier.com/locate/susc	2,180	2,241	2,385	2,198	2,189	2,140	2,063	2,168
Transactions of the ASME	0315-8977		0,094	0,109	0,064	0,093	0,164	0,148	0,140	0,164
Trenje i iznos (Friction and Wear)	0302-4977	http://www.ac.ty/publications/fric/jms/								
International Scientific Journal ⁴	1008-2666	http://www.tandf.co.uk/journals/10082666								
Tribology in Industry ³	0354-8996									
Tribology International	0301-679X	http://www.elsevier.com/locate/tribint	0,450	0,528	0,572	0,555	0,494	0,613	0,874	0,913
Tribology Letters	1023-6883 ¹ 1573-2711 ²	http://www.kluweronline.com/issn/1023-6883/				1,816	1,277	1,068	1,504	1,400
TLT (Tribology & Lubrication Technology)	0024-7154	http://www.sle.org/publications/ltm								0,040
Tribology Transactions (S TLE)	1040-2004 ¹ 1547-352X ²	http://www.asme.org/tribology_transactions/index.cfm	0,522	0,456	0,508	0,406	0,619	0,567	0,547	0,735
Wear	0043-1648	http://www.elsevier.com/locate/wear	0,686	0,602	0,838	0,698	0,595	0,792	1,046	1,082

¹⁾ ISSN broj za štampanu verziju casopisa

²⁾ ISSN broj za on-line verziju caso pisa

³⁾ casopis "Lubrication Engineering" je zamenjen sa "TLT (Tribology & Lubrication Technology)" casopisom u oktobru 2003. godine

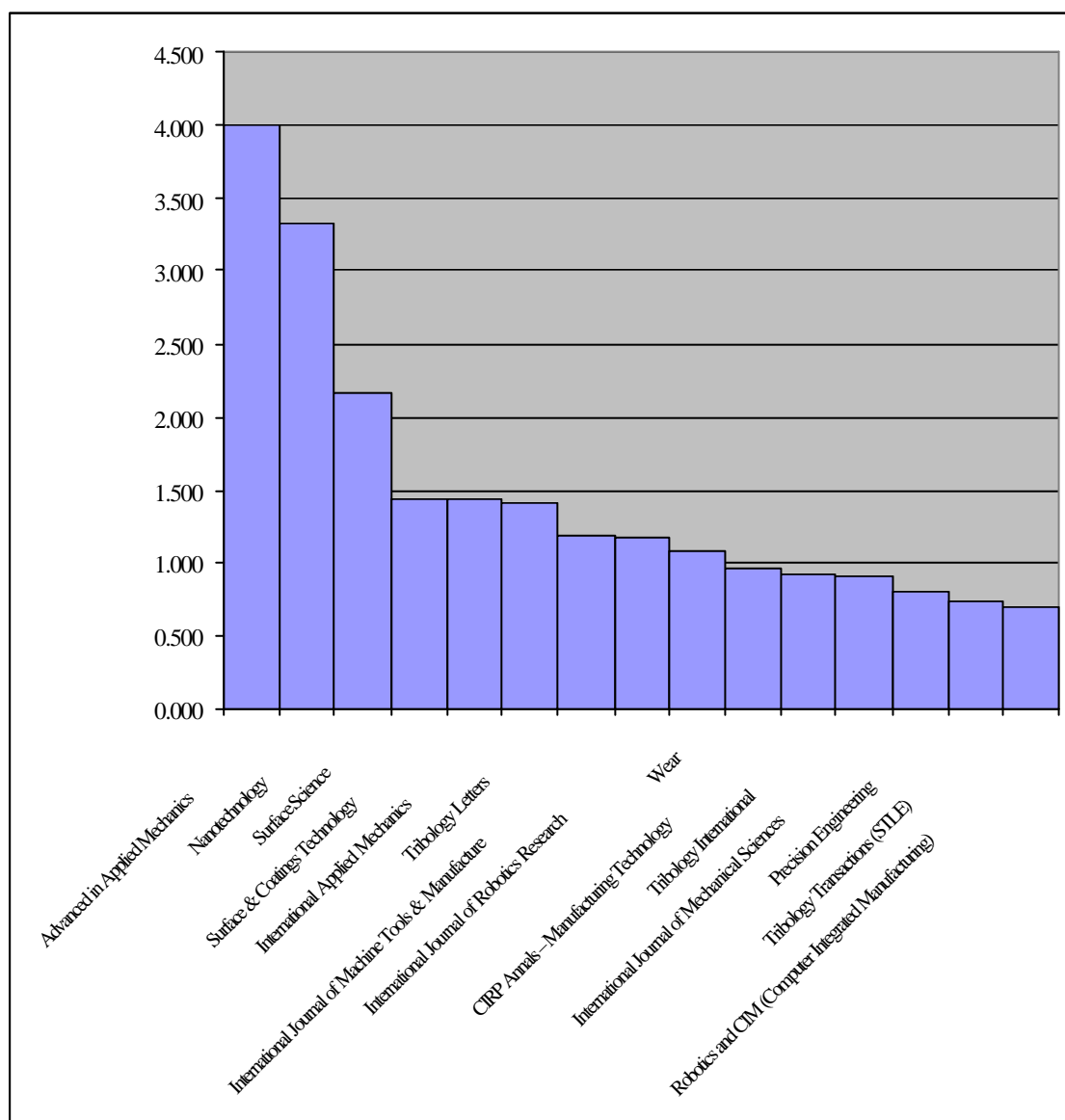
⁴⁾ casopisi iz naše zemlje i zemalja u razvoju koji nisu ukljuceni u ISI sistem i nemaju impekt faktor

Nijedan od naših međunarodnih časopisa iz oblasti proizvodnog mašinstva nema vrednost JIF faktora. Dok npr. Hrvatski međunarodni časopis "Strojarstvo" (ISSN 0562-1887) za 2004. godinu ima JIF faktor 0,049, a Slovenacki međunarodni časopis "Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering" (ISSN 0562-1887) za 2004. godinu ima JIF faktor 0,150. Prema podacima za 2004. godinu naš časopis "Journal of the Serbian Chemical Society" (ISSN 0352-5139) čiji je JIF faktor za tu godinu 0,522 je uvršćen u vodeći međunarodni časopis.

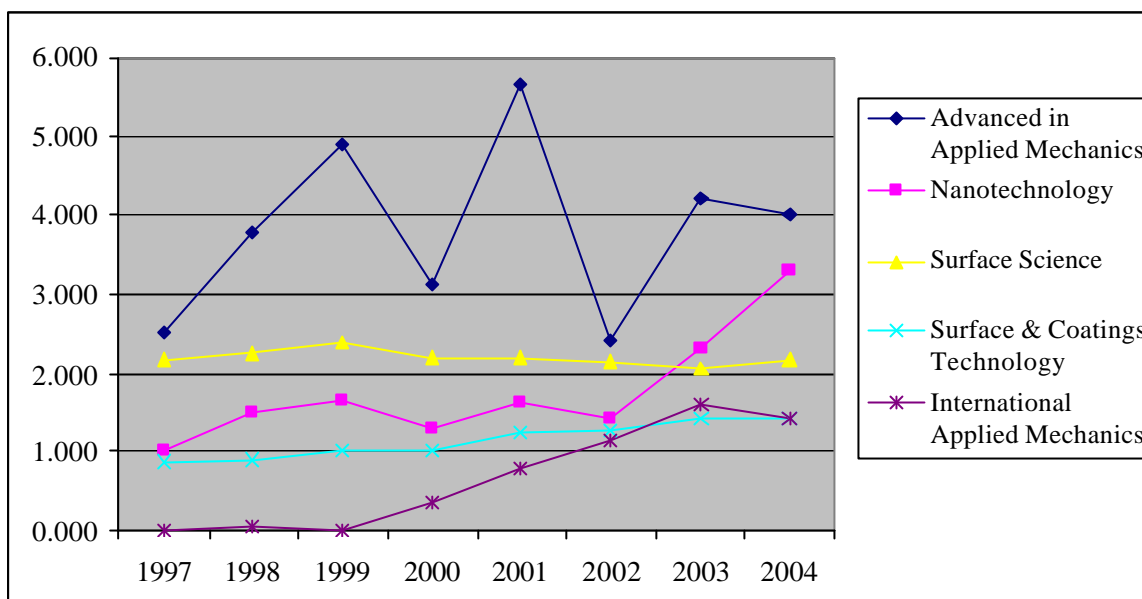
Na slici 1 prikazane su vrednosti JIF faktora za 2004. godinu za prvih 15 vodećih međunarodnih časopisa iz tabele 6, dok je na slici 2 prikazan trend kretanja JIF faktora za poslednjih osam godina za prvih 5 vodećih međunarodnih časopisa.

Na osnovu JIF faktora časopisa i njegovog naziva mogu se odrediti pravci razvoja u oblasti proizvodnog mašinstva. Tako npr. časopisi za nanotehnologiju ili za primenu **IT** (*Information Technology – informacione tehnologije*) ili **AI** (*Artificial Intelligence - veštacka inteligencija*) u oblasti proizvodnog mašinstva imaju velike vrednosti JIF faktora što ih svrstava u vodeće međunarodne časopise i imaju tendenciju rasta JIF faktora a time i interesovanje naučno-istraživačkog kadra u svetu, što nije slučaj za klasičnim tehnologijama proizvodnog mašinstva.

Naglim razvojem Interneta ocena i vrednovanje kako časopisa, tako i međunarodnih i nacionalnih institucija i kompanija vrednuje se pomoću tzv. Web impakt faktora ili skraćeno WIF (*Web Impact Factor*). Predlog za izračunavanje WIF faktora dao je P. Ingwersen [6] 1998. godine. WIF faktor meri prisutnost ispitivanog subjekta u celokupnom Web prostoru na osnovu prebrojavanja linkova [6],23.



Slika 1: Prikaz vrednosti JIF faktora za 2004. vodećih međunarodnih časopisa iz oblasti proizvodnog mašinstva



Slika 2: Prikaz trenda kretanja JIF faktora za poslednjih osam godina vodećih međunarodnih časopisa iz oblasti proizvodnog mašinstva

7. TEHNOLOŠKO TEHNIČKI RAZVOJ I GLOBALIZACIJA

U dosadašnjem delu ovog rada dato je stanje međunarodnih, regionalnih i nacionalnih društava i udruženja iz oblasti proizvodnog mašinstva i njegovim podoblastima i retrospektiva do sada održanih savetovanja proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore iz koga se vidi da je od Prvog savetovanja prošlo četrdeset godina, u kojima je odžano trideset okupljanja naučnih i stručnih pregalaca iz oblasti proizvodnog mašinstva. Znacajan jubilej, ali veoma kratak period vremena u razvoju civilizacije kojoj pripadamo. Međutim, promene koje su se desile u tehničko-tehnološkoj sferi u tom periodu su takve da iziskuju fundamentalno nov – konceptijski u osnovi izmenjen pristup – u mnogim domenima i oblastima života i rada čoveka – pa i u domenu proizvodnog mašinstva.

Istraživanja čiji je zadatak da se poboljšaju rezne sposobnosti strugarskih noževa ili iznade optimalniji oblik alata za duboko izvlacenje i sl., čak i pomoću savremenih sistema (ekspertni sistemi) ili metodama (genetski algoritam) u sadašnjem vremenu postala su besmislena i za odgovorne i ozbiljne istraživače i naučne poslenike nedopustiva, jer tehnike i tehnologije razvijene na zabludama iz početka XX veka i principi njihove gradnje, kao i daljeg razvoja istih, vode ovu civilizaciju u katastrofu koja se završava prestankom života na planeti Zemlji, i to u bliskoj budućnosti – koliko sutra.

Tragika utopističkih shvatanja pojma kvaliteta života i postojećih strategija njegovog obezbeđivanja mogu se sagledati:

- Analizom dosadašnjeg tehničko-tehnološkog razvoja i
- Kroz razvoj globalnih problema opstanka.

7.1. Tehničko-tehnološki razvoj

Dosadašnji tehničko-tehnološki razvoj bazirao se na:

- Zabludama da su prirodni resursi građivnih i energetskih materijala neiscrpni i da čovekova ostvarenja ne mogu ugroziti planetu Zemlju kao jedinstven ekološki sistem u kome pulsira život,
- Na parcelizovanim, odn. segmentiranim naukama i
- Na čisto tehničko-ekonomskim kriterijumima vrednovanja svega ostvarenog od strane čoveka, tj. da parametar profita f_p bude što veći od jedinice, i da parametar ostvarenja željenih i definisanih performansi f_i što približniji jedinici.

Pri tome parametar profita se izračunava po formuli:

$$f_p = \frac{F_d}{F_u} \quad (1)$$

a parametar ostvarenja željenih i definisanih performansi po formuli:

$$f_t = \frac{\sum_{i=1}^n f_{oi}}{\sum_{i=1}^n f_{zi}} \quad (2)$$

gde su:

- F_d – dobijena finansijska sredstva,
- F_u – uložena finansijska sredstva,
- f_{oi} – ostvarena i-ta performansa i
- f_{zi} – zamišljena i definisana i-ta performansa.

Posledice ovakvog razvoja su:

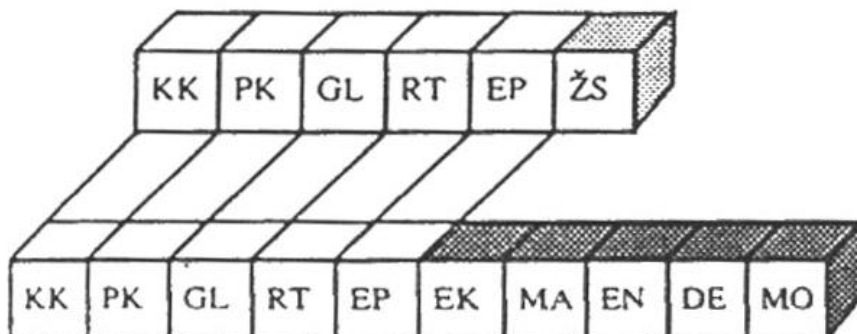
- Iscrpljivanje prirodnih resursa vratolomnom brzinom, tako da već sredinom ovog veka oko 70-80 % poznatih će nestati i
 - Sve progresivnije zagađivanje prirodnog životvora ambijenta naše Zemlje.
- Konacni rezultat je uništenje života na planeti čiji smo mi stanovnici.

7.2. Globalni problemi opstanka

Istorijski posmatrano, večita borba čoveka sa prirodom može se podeliti u dva perioda, i to:

- Prvi period, period niskog civilizacijskog nivoa u kome se čovek borio za svoj opstanak i
- Drugi period, period razvijene i visoke civilizacije u kome su sve njegove delatnosti bile usmerene na stvaranje povoljnih uslova življenja.

Ne ulazeći dublje u analizu ova dva perioda, već u nameri samo da se istakne sva ozbiljnost problema, identifikovani su globalni u njima problemi opstanka čoveka na planeti Zemlji, koji prezentirani na slici 3.



Slika 3: Globalni problemi opstanka u periodima niske i visoke civilizacije

U prvom periodu – periodu niskog civilizacijskog nivoa – globalni problemi opstanka su bili:

- KK – kosmičke kataklizme, odn. velike pretnje odraza promena kretanja materije i energije u Sunčevom sistemu i Galaksiji na planeti Zemlji,
- PK – planetarne stihijske nepogode i katastrofe (potresi, erupcije vulkana, poplave itd.),
- GL – glad izazvana nestašicom hrane u širim područjima,
- RT – uništavanje čoveka od strane čoveka, odn. pretnja međusobnog uništenja ljudi kao posledica ratovanja,
- EP – epidemije i
- ŽS – uništavanje čoveka od strane životinjskog sveta.

U drugom periodu – periodu visokog civilizacijskog nivoa – kada je započelo intenzivno osvajanje prirode i eksploatacije njenih materijalnih i energetske resursa, zbog toga što je čovek stvorio moćne radne i ratne mašine i naprave, stvoreni su novi dodatni globalni problemi, i to:

- EK – ekološki problemi koji su se pojavili kao posledica dejstva stvorenih tehnologija na prirodu,
- MA – problem materijala, jer se spoznaje nepovoljan odnos između prekomerne potrošnje i ograničenih izvora neobnovljivih materijala,
- EN – energetske problem zbog geometrijskog porasta utroška energije i ograničenih rezervi energetske materijala,
- DE – demografski problem zbog nekontrolisanog i sve bržeg porasta broja ljudi na zemlji i
- MO – moralna degradacija koja zahvata vrlo široko i masovno sve slojeve ljudskog društva.

Imajući u vidu globalne probleme opstanka čoveka na planeti zemlji sa jedne strane, a sa druge, pitanje kvaliteta njegovog življenja – i sa tim u vezi rezultate njegove delatnosti koja je dovela do civilizacijskog progressa – dolazi se do poražavajućih konstatacija, i to:

- Čovek je rešio samo jedan globalni problem, a to je opasnost od životinjskog sveta,
- Stvorio je pet novih, veoma ozbiljnih i izraženo krupnih problema (ekološki, materijala, energije, demografski i moralni) i
- Uvecao dva iz prvog perioda – problem gladi i problem rata.

Dva globalna problema opstanka: problem gladi i problem rata su se tehnološko-tehnickim razvojem znacajno uvecali.

Što se tice uvecanja gladi tako npr.: prema poslednjem izveštaju Programa Ujedinjenih nacija za razvoj (*United Nations Development Programme - UNDP*) bogatstvo planete od 1950. godine uvecano je za oko šest puta, dok je u isto vreme siromaštvo u 100 od 174 ispitivane zemlje, povecano. Ili drugi kuriozitet, tri najbogatija coveka na svetu poseduju bogatstvo koje je vece od bruto nacionalnog proizvoda 48 najsiromašnijih zemalja. Imetak 15 najbogatijih pojedinaca premašuje bruto nacionalni proizvod svih zemalja supersaharske Afrike. Najzad, bogatstvo 84 najimucnija pojedinca premašuje bruto nacionalni proizvod Kine, koja ima 1,2 milijarde stanovnika.

Što se tice problema rata intenzivni tehnološko-tehnicki razvoj omogucio je drasticnu dominaciju vodećih najrazvijenih zemalja sveta u oblasti vojne proizvodnje. Tako su npr. u ratne svrhe proizvedeni avioni koji lete i prosipaju bombe sa visina iznad 10 km za koje protivoružje ima vrlo mali broj zemalja sveta. Ili npr. posle irackog rata zapocet je razvoj specijalnog robora u ratne svrhe **SWORDS** (*Special Weapons Observation Reconnaissance Detection Systems - specijalni naoružani sistemi za osmatranje, nadgledanje i detekciju*). SWORDS su borbeni roboti koji ce poslužiti kao svojevrsno pojačanje vojnicima u ratu, a koriste se za osmatranje, nadgledanje i detekciju i opremljeni su automatskim oružjem. SWORDS roboti ne odlucuju samostalno o upotrebi svog arsenala, vec se slika cilja iz njegovih kamera prenosi do operatera, koji se nalazi manje od kilometar u pozadini, a onda ovaj pritiskom na dugme aktivira oružje.

Medutim, pored ovih poražavajućih konstatacija problem se još više usložnjava kada se izvrši identifikacija porekla nastanka navedenih globalnih problema opstanka, i izvrši njihova podela u dve grupe, i to:

- Prva vrsta, koju cine globalni, tzv. osnovni problemi opstanka (GPO_o) nastali nezavisno od delatnosti i postojanja coveka (kosmicki, planetarni i dr.) i
- Druga vrsta, koju cine dodatni problemi koje je stvorio covek (GPO_d), u koje spadaju: ekološki, materijala i dr.

Naime, međuzavisnost između navedenih jednih i drugih globalnih problema – osnovnih (GPO_o) i dodatnih (GPO_d) – sve do ovog veka, nije postojala. Medutim, razvojem tehnologija kojima danas svet raspolaže – nažalost – uspostavlja se, u negativnom smislu, zavisnost globalnih problema prve vrste (GPO_o) od delatnosti coveka. Kao dokaz dovoljna je spoznaja da su se nekada planetarne nepogode i katastrofe dešavale nezavisno od coveka, što danas nije uvek slucaj.

8. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega iznetog mogu se izvuci sledeći zaključci, i to:

- Najteži ispit koji covek današnjice polaže od njegovog nastanka može se uspešno savladati i položiti, ne npr. raznim sistemima kvaliteta koji se momentalno propagiraju i predlažu, vec isključivo i samo promenom kvaliteta samog coveka. Sa ovim u vezi, moralna degradacija – iz globalnih problema opstanka predstavlja problem iznad svih problema covečanstva i nas kao njegovog sastavnog dela,
- Bez energicnog i rigoroznog obracuna sa daljim zagadivanjem ljudskog duha u svim sverama i na svim nivoima, nema ni uspešnih rešenja problema u domenu materijalnih dobara,
- Ako naucna elita, koja stvara podloge za kreiranje i planiranje razvoja naše civilizacije u ovom trenutku ne bude veoma ozbiljno i odgovorno shvatila opasnosti koje se apokaliptično nadnose nad ovim scetom, i ako ne bude energicno upozorila realizatore razvoja, tada ce se vrlo brzo – koliko sutra – civilizacija kojoj pripadamo naci pred svojim nestankom,
- Neophodno je temeljno i sveobuhvatno razumevanje i definisanje nove uloge svih ucesnika i aktera u kreiranju politike i strategije svih razvojnih procesa u sferi proizvodnih tehnologija,
- Temeljno i sveobuhvatno, izraženo kriticki – pre svega pojmovno – preispitivanje koncepta i filozofije razvoja, koji ce realno osvetliti ulogu nauke i pravce istraživanja, ulogu proklamovanih novih koncepta razvoja, ulogu preduzetnicke filozofije i profita, ulogu novih tehnologija i šta se sve pod ovim nazivom podrazumeva,
- Preduzeti hitne mere u pogledu školovanja visokostrucnog kadra ogranicenih, veoma usko omedenih sposobnosti, jer se stvaraju tzv. "fah-idioti" cije strucno i menadžersko delovanje je najčešće poražavajuće, što je narocito kod nas dovelo do vec poznate izreke "osveta ponavljać",
- U oblasti tehnickih nauka promeniti filozofiju istraživanja – promeniti filozofiju projektovanja i proracuna funkcionalnih sistema i elemenata baziranu na tehnološko-ekonomskim kriterijumima.

LITERATURA

- [1] *Britannica, the Encyclopedia on Web site* (URL: <http://www.Britannica.com/>)
- [2] Dašić P.: *Enciklopedija ICT skraćenica i akronima* (u pripremi)
- [3] Dašić P.: *Računarske skraćenice*, Viša tehnološko tehnička škola u Kruševcu i Viša tehnička mašinska škola u Trsteniku, Kruševac-Trstenik, 1996. - 133 s.
- [4] Dašić P., Ječmenica R., Nedić B.: *Istorijski prikaz i tendencije daljeg razvoja proizvodnog mašinstva* (uvodni referat), Zbornik radova 30. savetovanja proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore
- [5] Garfield E.: *Citation indexes to science: a new dimension in documentation through association of ideas*, Journal Science 1955;122:108-11. (Available: <http://garfield.library.upenn.edu/essays/v6p468y1983.pdf>)
- [6] Ingwersen P.: *The calculation of Web Impact Factors*, Journal of Documentation, Vol. 54 (1998.) No. 2, p. 236-243.
- [7] Ivković B.: *Teorija rezanja*, Samostalno autorsko izdanje, Kragujevac, 1991. – 354 s.
- [8] Jovanović B. i dr.: *Nova tehnologija i održivi razvoj*, Zbornik radova II međunarodne konferencije Teška mašinogradnja, Mataruška Banja, s. 4.188-4.193, 1996.
- [9] Jovičić M.: *Obrada rezanjem*, Mašinski fakultet, Beograd, 1993. - 300 s.
- [10] Kalajdžić M.: *Tehnologija mašinogradnje I, I deo*, Mašinski fakultet, Beograd, 1983. – 261 s.
- [11] Lazarević B., Radovanović M.: *Nekonvencionalne metode, Obrada materijala odnošenjem*, Mašinski fakultet, Niš, 1994.. – 264 s.
- [12] Milikić D., Kovač P.: *Postupci obrade skidanjem materijala - Stanje i tendencije razvoja*, Monografija naučne konferencije sa međunarodnim učešćem "Mašinstvo za XXI vek", s. 101-118, 1995, Novi Sad
- [13] Opća enciklopedija, Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb, 1981.
- [14] Popović P.: *Globalni problemi sistema kvaliteta*, Zbornik radova naučno-stručnog skupa IRMES'95, s. 19-28, Niš, 1995.
- [15] Radovanović M.: *Tehnologija mašinogradnje, Obrada rezanjem*, Mašinski fakultet, Niš, 2002. 328 s.
- [16] Spur G., Stoferle T.: *Hanbuch der Fertigungstechnik, Band 3/1 Spanen*, Carl Hanser Verlag, Munchen, Wien, 1980.
- [17] Stanić J.: *Teorija obrade metala*, Mašinski fakultet, Beograd, 1994. – 350 s.
- [18] Старков В. К.: *Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве*, Машиностроение, Москва, 1989. – 296 с.
- [19] Stefanović V., Popović T.: *Ekologizacija proizvodnje kao pravo na zdravu životnu sredinu*, Zbornik radova XXIII međunarodne konferencije o zaštiti radne i životne sredine, s. 45-50, Niš, 1998.
- [20] Šolaja B. V.: *Proizvodno mašinstvo 1965-1975 – mesto IR-delatnosti u privrednom napredovanju* (uvodni referat), Zbornik radova X Savetovanja proizvodnog mašinstva, knjiga 1, Uvodni referati, s. UR.1.1-UR.1.108, Beograd, 9-10. oktobra 1975.
- [21] Šolaja B. V.: *Sedamdeset godina proizvodnog mašinstva u Beogradu* (uvodni referat), Naučno-stručni skup "Sedamdeset godina proizvodnog mašinstva u Beogradu", Uvodni referati, s. 1-116, Mašinski fakultet – IAMA, Beograd, 1976.
- [22] Tehnička enciklopedija, Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb, 1988.
- [23] Thelwall M.: *A comparison of sources of links for academic Web Impact Factor calculations*, Journal of Documentation, Vol. 58 (2002.) No. 1, p. 60-72.
- [24] Trent E. M.: *Metal cutting*, Butterworths, London - Baston, 1980.
- [25] Urošević S.: *Proizvodno mašinstvo, I deo, Teorijske osnove mašinske obrade u komadnoj proizvodnji*, Naučna knjiga, Beograd, 1987. – s. 600
- [26] Uzunović R.: *Tehnologija i zaštita okoline*, časopis Kvalitet, Beograd, Vol. (1977.) br. , s. 29-36
- [27] Victor H., Muller M., Opferkuch R.: *Zerspantechnik, Teil II: Drehe, Hobeln und Stoßen, Raumen, Bohren, Frasen*, Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1983.
- [28] *Wikipedia, the free encyclopedia on Web site* (URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)



Rad po pozivu

PRIMJENA INDUSTRIJSKIH ROBOTA U EVROPI I SVIJETU

Isak Karabegovic¹, Milan Jurkovic¹, Vlatko Dolecek²

¹ Univerzitet u Bihacu, Tehnicki fakultet Bihac, Bosna i Hercegovina, tfbih@.net.ba

² Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet Sarajevo, Bosna i Hercegovina

SAŽETAK: U radu je pokušano da se da presjek primjene industrijskih robota u Evropi i svijetu. Analiziran je broj instaliranih robota u Evropi i svijetu te procjena godišnja instalacija industrijskih robota. Konkretno je analizirana primjena u Japanu i Evropskoj Uniji i konstatirana razlika. Data je analiza robota po industrijskim granama. Detaljno je analizirana cijena robota po pojedinim zemljama, odnosno analizirana je cijena robota u odnosu na cijenu obavljenog rada. Pokušali smo da izvršimo procjenu primjene robota u narednom periodu i vanindustrijskim oblastima.

Ključne riječi: industrijski robot, instalacija, primjena, cijena

1. UVOD

Sistemi i inteligentne mašine kao što su: roboti, tehnološke celije i slicno cine Inteligentne mašine i sistemi razlicitog nivoa složenosti su danas sve prisutniji za obavljanje stub CIM-sistema (Computer Integrated Manufacturing) koji predstavlja temelj svake koncepcije fabrike buducnosti. Industrijski roboti su automatizovani sistemi koji koriste racunar kao inteligentni dio upravljanja. Definiciju robota-reprogramabilne i multifunkcionalne mehanicke strukture daje internacionalna organizacija za standarde: "Robot je mašina koja se sastoji od mehanizama sa više stepeni slobode kretanja, a sposoban je da vrši manipulaciju sa alatom, radnim predmetom ili nekim drugim sredstvom". Komercijalna primjena industrijskih robota sa racunskim upravljanjem pocinje 70-tih godina XX vijeka. Automatizacija procesa i mašina nalazi primjenu prvenstveno kod izvođenja proizvodnih procesa i upravljanjem mašinama a manje kod drugih takoder važnih proizvodnih aktivnosti kao što su: posluživanje radnog mjesta, pozicioniranje radnog komada i slicno.

Primjena industrijskih robota je u slijedecim tehnološkim operacijama:

- posluživanje radnog mjesta,
- držanje materijala u radnoj poziciji u raznim fazama izrade i operacioni transport,
- tehnološke operacije (zavarivanje, bojenje, brušenje, lemljenje, lijepljenje, čišćenje, poliranje itd.),
- automatsku montažu i
- predprocesnu, procesnu i poslijepocesnu kontrolu.

Roboti su idealni za poslove koji se smatraju teškim i nepogodnim za ljude. Koriste se za poslove koji se ponavljaju više puta i kao takvi se smatraju monotonim. U onim procesima gdje se traži visok kvalitet i velika produktivnost takoder se koriste industrijski roboti. Savremena industrijska proizvodnja u vecini svojih grana uspješno koristi robotske sisteme. Kada je u pitanju pokretljivost pojedinih clanova robota, mogucnost izvođenja razlicitih putanja, sposobnost dosezanja u bilo koju tacku manipulacijskog prostora sa postizanjem određene orijentacije, može se reci da su mogucnosti primjene robota u proizvodnji prakticno neogranicene. Ono što ogranicava primjenu robota u pojedinim operacijama jeste pitanje ekonomičnosti. Nije rentabilno da jedna robotska struktura velikog volumena radnog prostora, velikih brzina i snage, obavlja radne zadatke za koje u potpunosti ne iskorištava svoje sposobnosti. Dizajnirani su raznovrsni industrijski roboti specijalno za određenu vrstu radnih zadataka.

Primjena robotskih sistema u industriji jeste i humanizacija rada, pogotovo na poslovima štetnim po ljudsko zdravlje (rad u zagadenoj sredini, prašini, visokoj temperaturi, rad na monotonim i zamarajucim poslovima). Roboti nalaze primjenu ne samo u industriji, vec i u drugim oblastima života. Roboti se koriste u bolnicama za pomoc bolesnicima, za liječenje odnosno kirurške zahvate, u domaćinstvu za obavljanje raznih poslova kao što su čišćenje stana, pranje posuda itd.

2. PODJELA ROBOTSKIH SISTEMA

Razlog za sve veću motivaciju primjene robota leži u nekoliko slijedecih temeljnih osnova:

- povećanje produktivnosti,
- smanjenje troškova,
- savladivanje nedostataka stručnosti čovjeka (preciznost),
- veća fleksibilnost kod određenog stepena proizvodnje,
- poboljšanje kvaliteta proizvodnje,
- oslobađanje čovjeka od monotoni i ponavljajućih zadataka ili od rada u za čovjeka opasnoj okolini.

Opcenito se robotski sistemi mogu podijeliti na (slika 1):

1. Roboti Nulte Generacije:

Ovo su roboti sa tzv. cvrstim programom, dakle ne mogu se reprogramirati, niti imaju upravljacki dio - to su ustvari mehanicke ruke.

2. Roboti Prve Generacije:

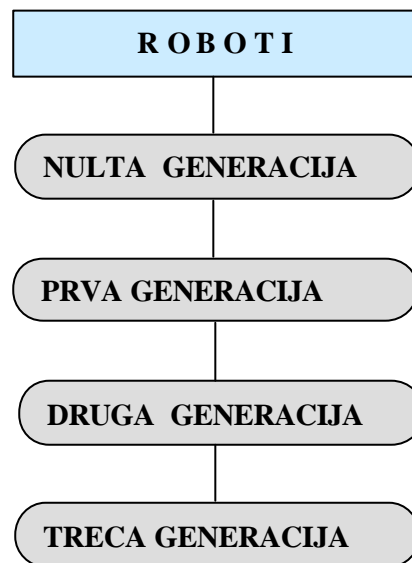
Ovi roboti se još nazivaju i programski roboti i oni imaju mogućnost upravljanja sa svakim stepenom slobode kretanja.

3. Roboti Druge Generacije

Ovi roboti se još nazivaju i adaptivni roboti i imaju mogućnost fleksibilne izmjene programa kretanja u saglasnosti sa stvarnom situacijom, zahvaljujuci raznim ugrađenim sensorima.

4. Roboti Trece Generacije

Ovi roboti se još nazivaju i inteligentni roboti i oni sadrže elemente vještacke inteligencije odnosno mogućnost ucenja tj. povezivanja novih iskustava sa postojećim znanjem.



Slika 1: Podjela robotskih sistema

Definiciju robota možemo dati prema:

- **ISO (International Standard Organisation)**

“Industrijski robot je višenamjenski uređaj koji vrši ponavljajuće operacije i za izvršavanje tih operacija ima mogućnost prilagodavanja okolini. Industrijski roboti obično imaju jednu ili više ruku, zatim upravljacki uređaj s mogućnošću memoriranja, a ponekad koriste i senzore za prikupljanje informacija iz okoline.”

- **Robot Institute of America (1979)**

“Robot je reprogramirani, multifunkcionalni manipulator dizajniran sa ciljem pomjeranja materijala, dijelova alata ili specijaliziranih uređaja uz pomoć raznih programiranih pokreta sa ciljem izvođenja različitih zadataka”.

Prednosti upotrebe robota su:

- povećanje produktivnosti,
- smanjenje troškova, savladivanje nedostataka stručnosti čovjeka (preciznost),
- poboljšanje kvaliteta proizvodnje,
- oslobađanje čovjeka od monotoni i ponavljajućih zadataka ili od rada u opasnoj okolini.

3. RASPROSTRANJENOST ROBOTA U INDUSTRIJI

Broj instaliranih višenamjenskih robota i broj ukupnih robota koji su instalirani u Japanu, USA, Europska Unija, Ostatak Evrope, Azija, Australija, dat je u tabeli 1.

Statistički podaci koji su navedeni u tabelama i dijagramima preuzeti su od International Federation of Robotics (IFR), podataka Ekonomske komisije pri UN za Evropu (UNECE) i Organizacije za ekonomsku kooperaciju i razvoj (OECD). Ova prezentacija treba da pokaže koje ucinke roboti imaju na troškove, proizvodnju i strukturu zapošljavanja odnosno da da indicaciju o sveukupnoj profitabilnosti. Korisnici robota i potencijalni korisnici su uglavnom zainteresirani da dobiju informacije kako robot može riješiti određene proizvodne probleme, kako se ta rješenja postignu.

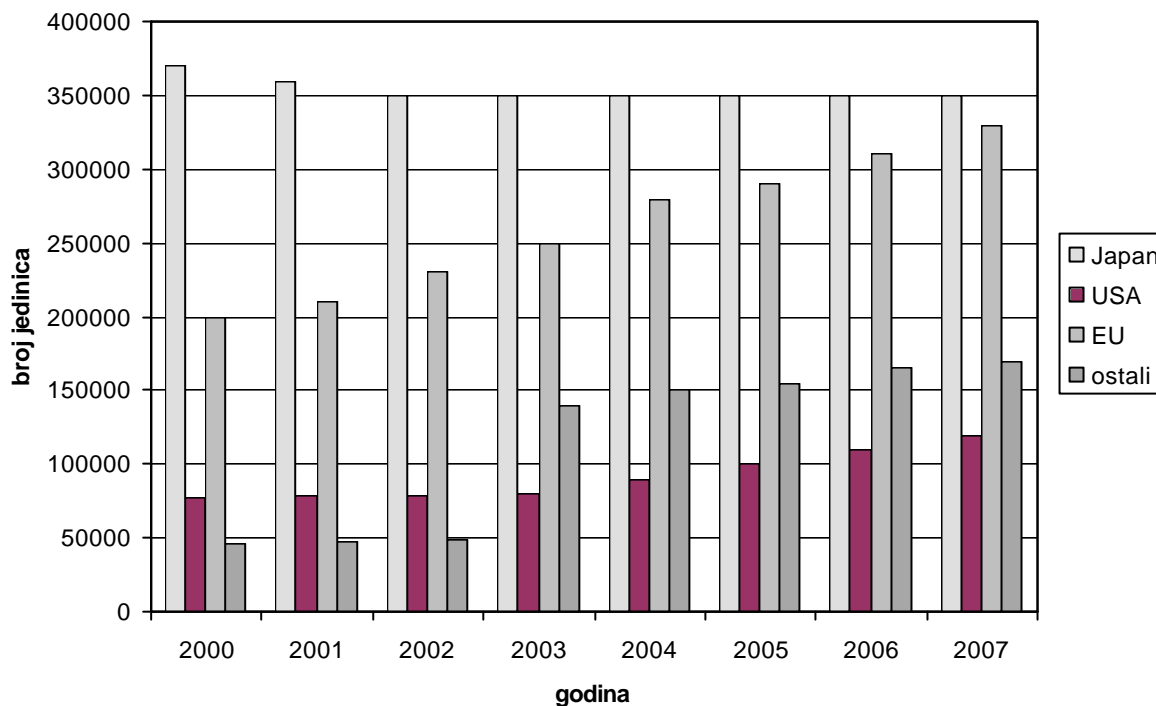
Tabela 1: Instaliranje i ukupan broj robota u upotrebi za 2000, 2001, 2002 i predviđanja za 2005 godinu (broj jedinica) [1]

Zemlja	Godina instalacije				U upotrebi broj jedinica			
	2000	2001	2002	2005	2000	2001	2002	2005
Japan (svi tipovi industrij. robota)	46,968	28,369	28,400	36,100	389,442	361,232	352,800	351,600
SAD	12,986	10,824	11,100	14,200	89,880	97,268	104,700	130,600
Evropska Unija	29,796	30,553	32,600	41,800	198,897	219,333	239,700	321,400
Njemačka	12,781	12,524	12,800	15,300	91,184	99,013	106,000	133,000
Italija	5,897	6,373	7,000	9,400	39,238	43,911	48,400	67,000
Francuska	3,793	3,484	3,800	5,100	20,674	22,753	25,100	35,700
Velika Britanija	1,538	1,941	2,100	2,800	12,344	13,411	15,000	20,700
Austrija a/	320	330			3,046	3,153		
Benelux a/	630	620			8,211	8,590		
Danska	307	330			1,414	1,683		
Finska	492	408			2,647	2,927		
Portugal	124	100			700	800		
Španija	2,941	3,584			13,163	16,378		
Švedska	973	859			6,276	6,714		
Ostali dio Evrope	858	801	900	1,200	10,783	10,869	9,300	10,300
Republika Češka	100	70			915	985		
Madarska	20	30			123	123		
Norveška	97	98			540	618		
Poljska	100	20			462	384		
Ruska federacija a/	250	250			5,000	5,000		
Slovačka b/								
Slovenia b/								
Švicarska a/	291	333			3,743	3,759		
Azija/Australija	6,221	5,310	5,800	7,700	53,132	56,997	61,100	74,00
Australia	440	270			2,833	2,953		
Republ. Koreja	4,731	4,080			37,987	41,267		
Singapur a/	300	300			5,370	5,458		
Tajvan	750	660			6,942	7,319		
Ostale zemlje a/	2,060	2,250	2,500	3,400	8,900	10,840	13,000	21,000
Podzbir bez Japana i Rep. Koreje	47,190	45,658	48,400	62,200	323,605	354,040	383,000	557,300
Ukupno ukljuc. Sve tipove ind. Robota u Japanu i Rep.Koreji	98,907	78,107	81,300	104,400	751,034	756,539	780,600	964,500

Iz tabele 1., vidi se da tržišta EU i USA stalno rastu i da hvataju priključak sa Japanom.

- **Svjetsko tržište** robota se povećalo za 19 % u 2003. godini, što je dovelo do brojke od 81,000 jedinica;
- **Japan** - tokom 2003. godine zabilježen je oporavak na tržištu koje je poraslo za 25 %, tj. 31, 600 jedinica
- **SAD** - u toku 2003 godine bilježimo snažni oporavak. Tržište se proširilo za 28 % odnosno za 12,700 jedinica;
- **Evropska unija** - tokom 2003. godine bilježimo blagi oporavak od 4 %, odnosno 27,100 jedinica. Postoje velike razlike između samih zemalja članica, tako da istovremeno bilježimo povećanu prodaju od 48 % u Velikoj Britaniji i smanjenu prodaju od 46 % u Austriji.

Ukupni broj instaliranih industrijskih robota 1998-2002 i predviđanja do 2005 godine je na slici 2.



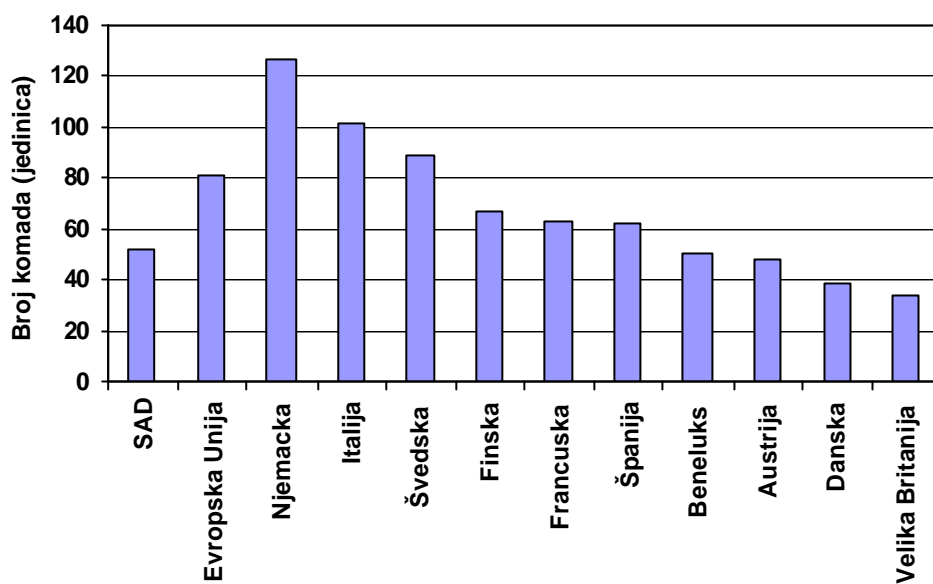
Slika 2: Ukupni broj instaliranih industrijskih robota 1998-2002. i predviđanja do 2005. godine [1]

Na osnovu slike 2. dolazimo do zaključka da je ukupan broj industrijskih robota u svijetu krajem 2000 godine iznosio između minimum 757.000 komada i moguće maksimuma 1.020.000 komada. [1]

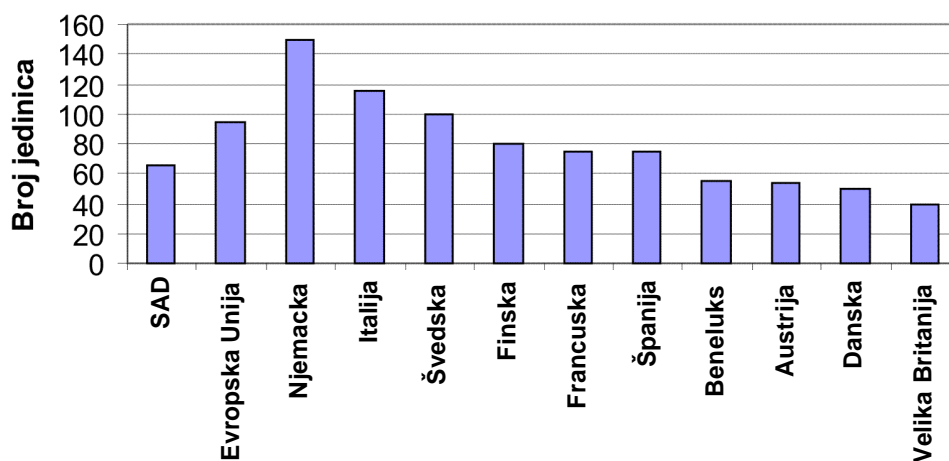
Ovaj rad ima za svrhu da se dobiju informacije iz prve ruke o upotrebi robota. Kod primjene robota neophodno je izučiti:

- Kratki opis proizvodnog procesa prije robotizacije, sa osobinama opreme i osnovne proizvodnje (konfiguracija mašina, tok materijala, velicina smjena, vremenski krug, radna snaga, itd.),
- Identificirati problem,
- Objasniti zašto je robot izabran kao rješenje,
- Propisati opremu za upotrebu robota,
- Analizirati troškove prije investiranja i kasnije nakon nekog robotskog rada.

Na slici 3 i 4 prikazan je broj industrijskih robota na 10.000 radnika zaposlenih u proizvodnoj industriji u 2001 i 2003. godini.



Slika 3: Broj robota na 10.000 zaposlenih u proizvodnoj industriji 2001.god. [1]



Slika 4: Broj robota na 10.000 zaposlenih u proizvodnoj industriji 2003.god. [1]

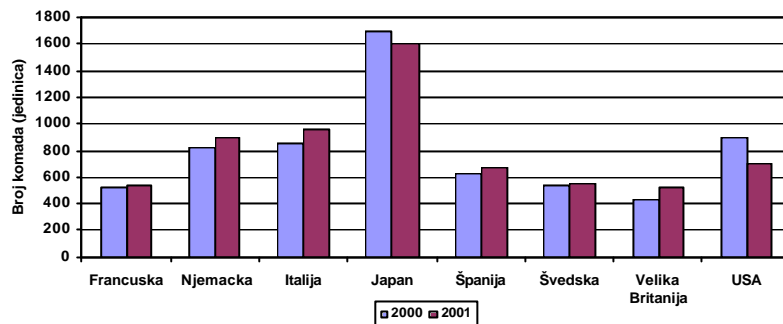
3.1. Zastupljenost robota

Razlikujemo pet grupa zemalja s obzirom na zastupljenost robota, a izraženo kroz broj robota na 10,000 radnika u proizvodnji:

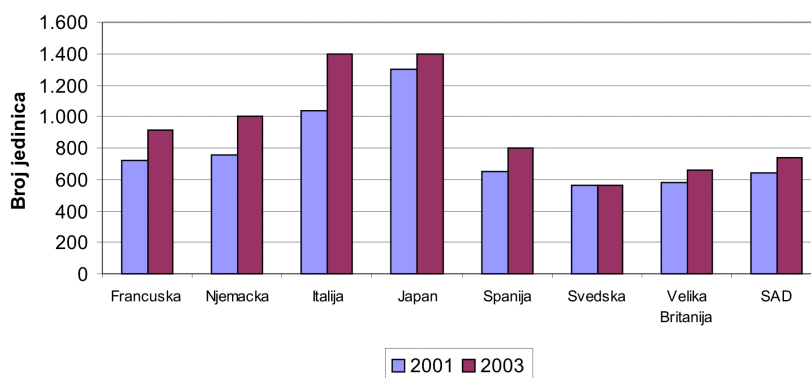
- I Grupa:** Japan (320) i Koreja (140);
- II Grupa:** Njemačka (148), Italija (116) i Švedska (99);
- III Grupa:** Finska (78), Španija (72) i Francuska (71);
- IV Grupa:** SAD, Beneluks, Danska, Austrija, Velika Britanija (zastupljenost između 63 – 39);
- V Grupa:** Norveška (24), Australija (36), Portugal (15);

Napomena: Japan i Koreja uključuju sve vrste industrijskih robota i zato se ne može vršiti njihovo upoređivanje sa ostalima

Na slici 5 i 6 dat je prikaz broja robota na 10.000 proizvodnih radnih sati u tvornici motornih vozila u periodu 2000.-2001. godina i 2001.-2003. godina.



Slika 5: Broj robota na 10.000 proizvodnih radnih sati u tvornici motornih vozila u periodu 2000.-2001. godina [1]



Slika 6: Broj robota na 10.000 proizvodnih radnih sati u tvornici motornih vozila u periodu 2001.-2003. godina [1]

U tabeli 2 data je analiza upotrebe industrijskih robota sa više od pet osovina.

Tabela 2. Broj višenamjenskih robota [1]

	Svi roboti	Roboti sa ≥ 5 osovina	% udio
SAD	10.824	10.175	94,0
Španija	3.584	3.341	93,2
Švedska	859	787	91,6
Velika Britanija	1.941	1.687	36,9
Francuska	3.484	2.951	84,7
Norveška	96	83	84,7
Australija (1998)	347	283	81,6
Švicarska	333	250	75,0
Poljska (1999)	42	28	66,7
Njemačka	12.524	7.994	63,8
Italija	6.373	3.765	59,1
Finska	406	232	56,9
Danska	330	182	55,2
Austria (2000)	320	157	49,1
Japan a/	28.369	12.200	43,0
Tajvan (1997)	753	108	14,3
Koreja	4.080		

Iz tabele 2 vidimo da je udio višenamjenskih robota sa pet ili više osovina oko 75% u odnosu na sve instalirane industrijske robote.

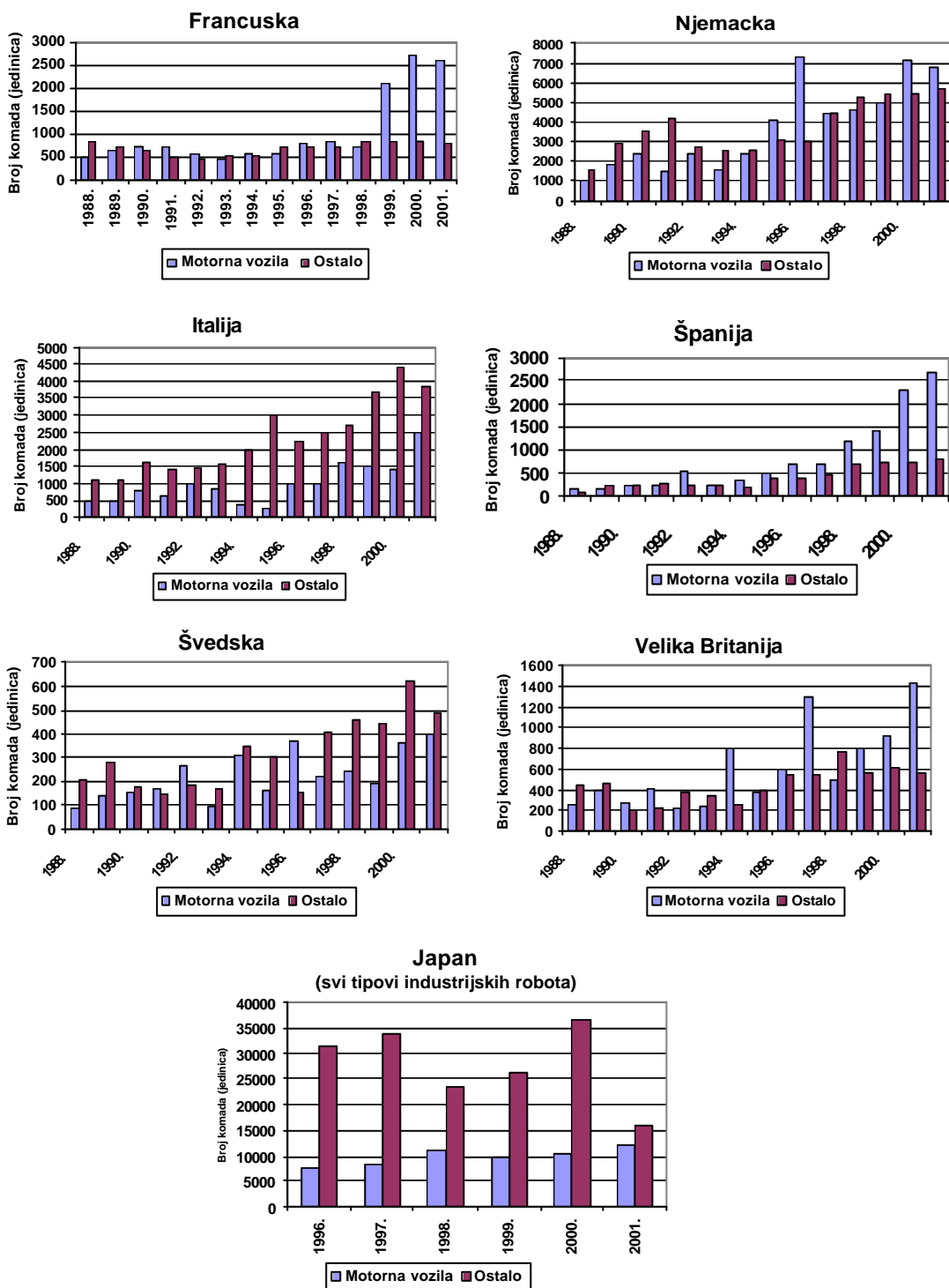
Na slijedecim tabelama i slikama data je analiza poredjenja primjene robota u industriji motornih vozila i svim ostalim industrijskim granama.

Tabela 3: Broj industrijskih robota u upotrebi u industriji motornih vozila i postotak od svih instaliranih industrijskih robota

<i>Broj komada</i>	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Australija	642	708	1,048	1,079			
Austrija						554	
Finska	78	76	83	86	85	85	91
Francuska	6,363	7,212	7,820	8,099	9,732	11,987	13,919
Njemacka	21,993	28,562	32,123	35,308	39,439	45,586	50,554
Italija	6,833	7,781	8,724	9,883	10,824	11,765	13,655
Japan	94,536	95,430	96,550	98,816	95,994	91,413	89,385
Norveška	2	8	19	19	28	55	81
Poljska		212	231	196	209		
Španija	2,809	3,527	4,212	5,301	6,525	8,607	11,157
Švedska	1,692	1,989	2,141	2,259	2,354	2,632	2,879
Tajvan	1,832	1,975	2,186	2,337	2,428		
Velika Britanija	3,773	4,136	5,209	5,589	6,305	6,972	7,988
<i>Postotak od ukupne upotrebe</i>	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Australija	34.9	35.2	43.4	41.3			
Austrija		15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
Finska	5.6	5.1	5.1	4.5	3.7	3.2	3.1
Francuska	47.9	48.8	50.0	50.0	53.6	58.0	61.2
Njemacka	42.8	47.6	48.1	48.3	48.6	50.0	51.1
Italija	29.8	30.5	30.7	31.4	30.9	30.0	31.1
Japan	24.4	23.9	23.4	24.0	23.9	23.5	24.7
Norveška	0.4	1.7	4.0	4.1	5.8	10.2	13.1
Poljska		32.9	37.9	40.6	42.1		
Španija	57.2	59.2	60.2	61.4	62.3	65.4	68.1
Švedska	38.0	42.6	42.9	42.3	42.1	41.9	42.9
Tajvan	47.6	44.2	42.5	40.1	37.8		
Velika Britanija	45.4	47.3	52.3	51.9	54.7	56.5	59.6

Na osnovu navedenih tabela i slika dolazimo do slijedecih zakljucaka:

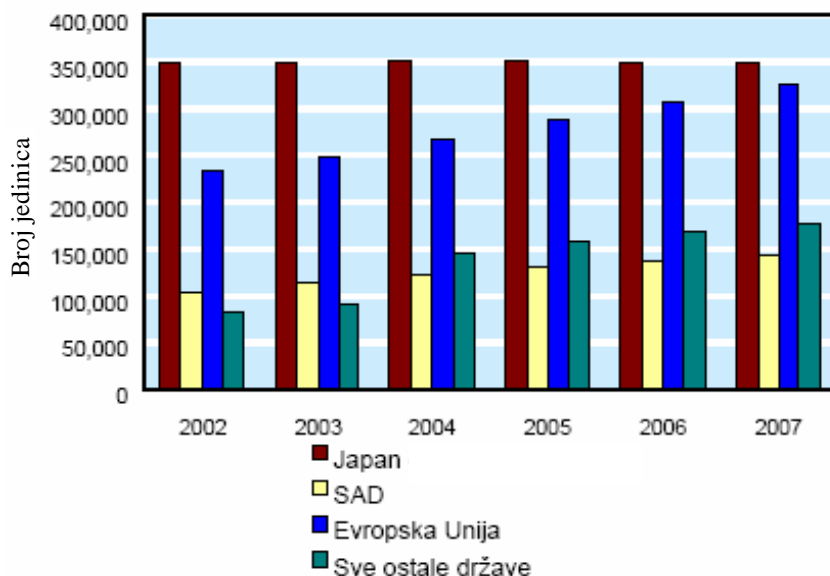
- Od ukupno instaliranih robota u periodu 1996 – 2001 godine u industriji motornih vozila instalirano je:
 - Španija 71%
 - Francuska 65%
 - V. Britanija 61%
 - Njemacka 58%
 - Švedska 41%
 - Italija 33%
 - Japan je u industriju motornih vozila instalirao 26% od ukupne raspoloživosti svih tipova industrijskih robota.
- Investiranje u instalaciju industrijskih robota u industriji motornih vozila tece znacajno više u odnosu na druge industrijske grane, a razlog je u tome što kompanije motornih vozila imaju veci oblik investiranja u tom pravcu, te povezivanje velikih linija kao što je linija tackastog zavarivanja i uslužna linija. Razlog više je i to što se industrija motornih vozila povezuje u velike koncerne te vrše zajednicka ulaganja i povezivanja.



Slika 7: Godišnja instalacija industrijskih robota u tvornicama motornih vozila u porednju sa drugim

4. PROCJENA OPERACIONIH ZALIHA INDUSTRIJSKIH ROBOTA ZA 2002-2003. I PROGNOZA ZA 2004-2007. GODINU

Ukupne operacione zalihe industrijskih robota na kraju 2003. g. kreću se između 800,000 - 1,090,000 jedinica na svjetskom tržištu. Ove zalihe slikovito su prikazane na slici 8 prema pojedinim državama.



Slika 8: Operacione zalihe industrijskih robota za period 2002.-2003. i procjena za 2004.-2007.

Prognoze za period 2004 – 2007:

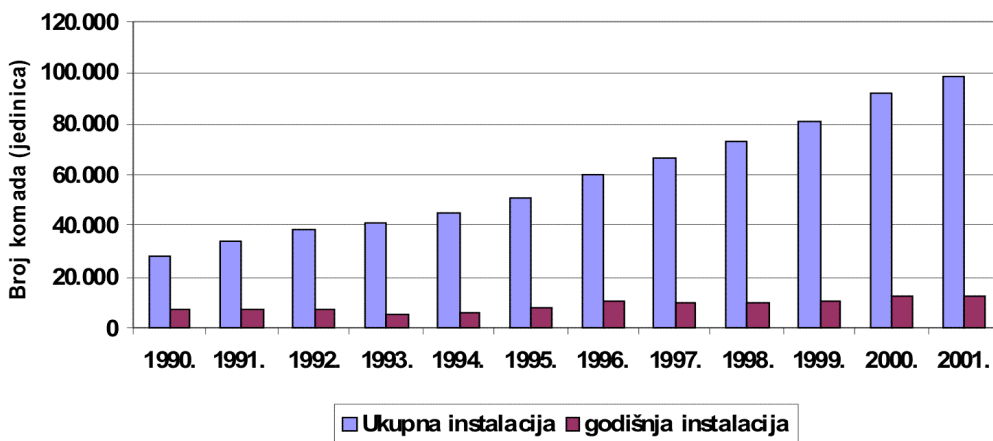
- Svjetsko tržište industrijskih robota ce se povecati sa sadašnjih 81,800 jedinica u 2003. godini na 106,000 jedinica u 2007. godini, odnosno u prosjeku godišnje 6,8 %;
- Japan - između 2003 i 2007. godine predviden je porast od 31,600 jedinica na nekih 41,000 jedinica;
- Evropska Unija - Očekuje se porast na tržištu robota u Evropskoj Uniji od 27,100 jedinica u 2003. godini do preko 34,000 jedinica u 2007. godini, sa prosječnim godišnjim rastom od 6,1 %;
- SAD - očekuje se porast na tržištu robota sa prosječnom godišnjom stopom od 5,8 %, što dalje ukazuje na cifru od 16,000 jedinica u 2007. godini.

Operacione zalihe industrijskih robota (2004 – 2007)

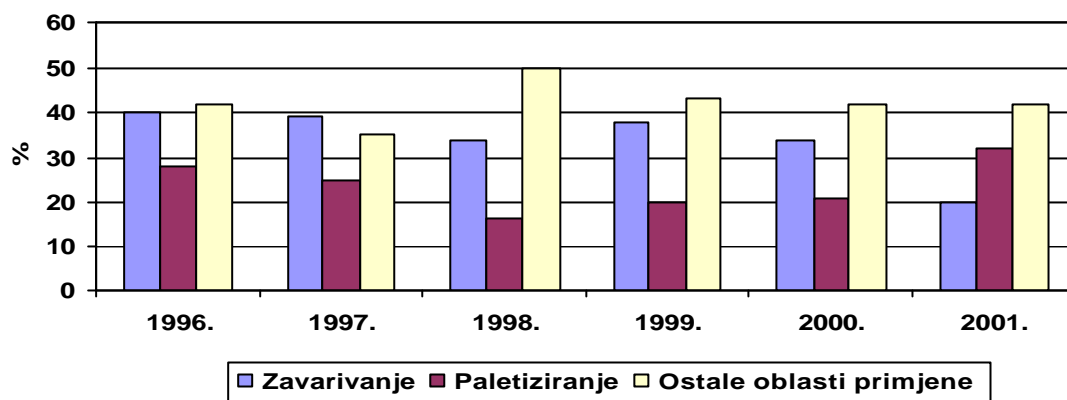
- **Svjetsko tržište** - procjena je da ce zalihe operacionih industrijskih robota porasti od 800,000 jedinica na kraju 2003. godine do 1,000,000 na kraju 2007. godine, sa prosječnim godišnjim porastom od 5,7 %
- **Japan** - Očekuje se smanjenje operacionih zaliha industrijskih robota. Do kraja 2003. godine, ove zalihe su pale na 349,000 jedinica i predvideno je da ce ostati na tom nivou i tokom 2007.
- **Evropska Unija** - Predvidene brojke za Evropsku Uniju su 326,000 jedinica, od kojih 151,000 u Njemačkoj, 63,000 u Italiji, 36,000 u Francuskoj i 16,000 u Velikoj Britaniji.
- **SAD** - Pretpostavke su da ce operacione zalihe višenamjenskih industrijskih robota dostici brojke od 145,000 jedinica u 2007. godini

4.1. Primjena industrijskih robota u Njemačkoj

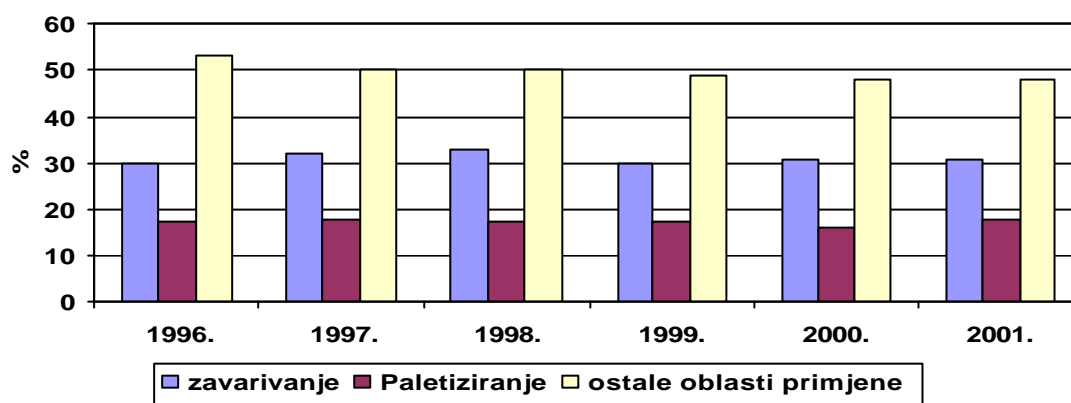
Na slijedecim slikama i tabelama data je analiza upotrebe robota u Njemačkoj.



Slika 9. Broj instaliranih robota u proizvodnji u Njemačkoj [1]



Slika 10. Instaliranje industrijskih robota izražena u % po oblastima industrije



Slika 11: Ukupan broj instaliranih robota u % po oblastima industrije

Analizirajući navedene tabele i dijagrame instalacije industrijskih robota u Njemačkoj dolazimo do zaključka:

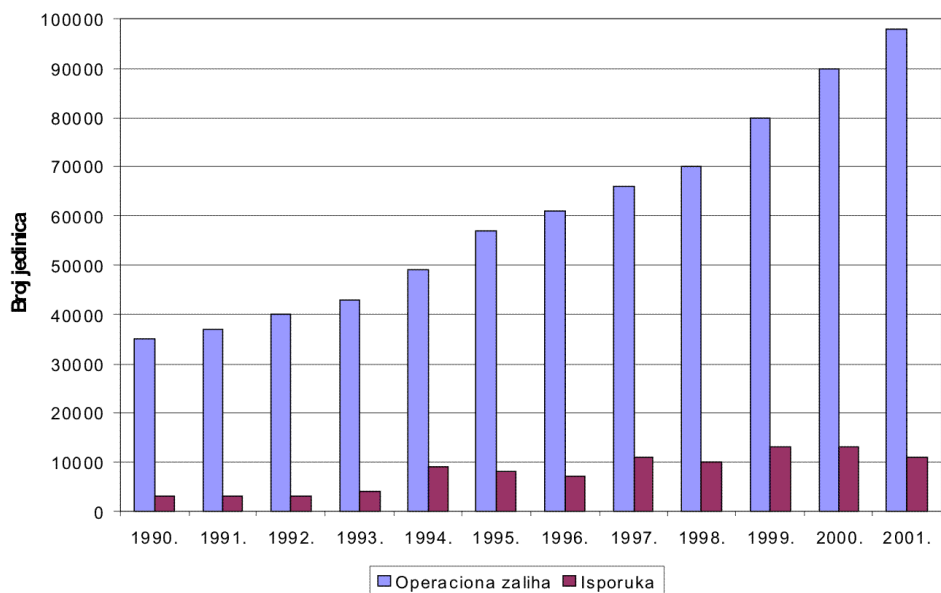
- U toku 2001 godine instalirano 12.520 robota što je 2% manje u odnosu na 2000 godinu
- Procentualno je instalirano

- zavarivanje	36%
- plasticno livenje	14%
- transport materijala	13%
- pakiranje	9%
- ind. Motornih vozila	57%
- kemijska industrija	13%

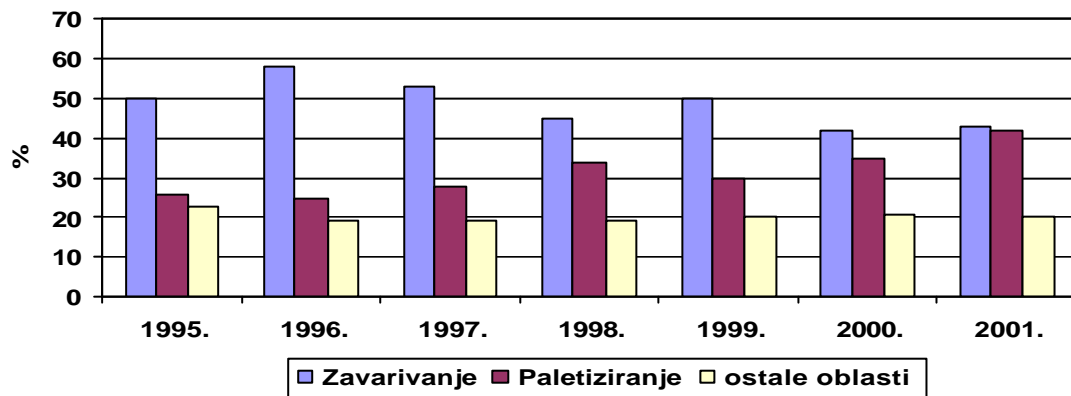
Najveća primjena industrijskih robota je u industriji motornih vozila i to za zavarivanje.

4.2. Primjena industrijskih robota u SAD

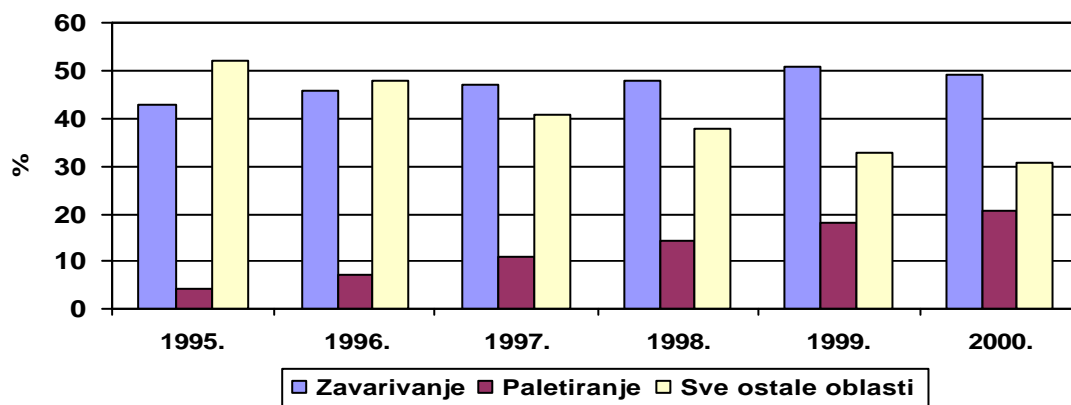
Na slijedecim slikama i tabelama data je analiza upotrebe robota u SAD.



Slika 12: Broj instaliranih robota u proizvodnji u SAD [1]



Slika 13: Instalacija industrijskih robota izražena u % po oblastima industrije



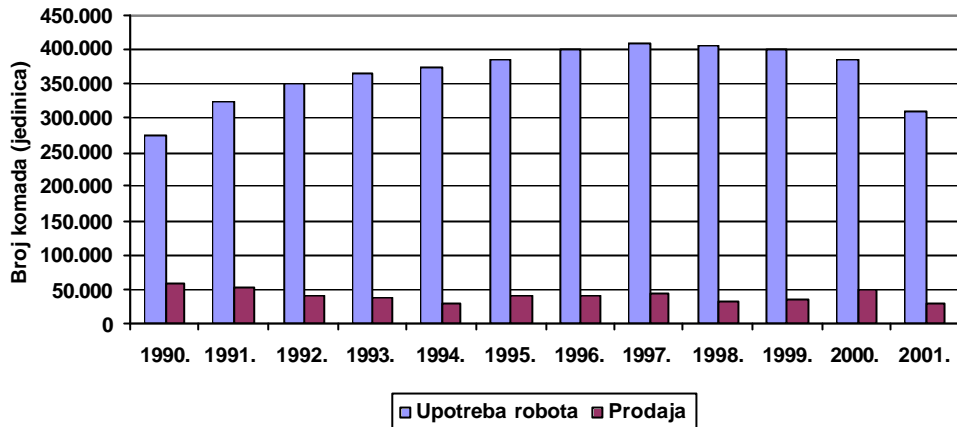
Slika 14: Instalacija industrijskih robota izražena u % po oblastima industrije

Nakon analize instaliranih industrijskih robota u SAD možemo zaključiti:

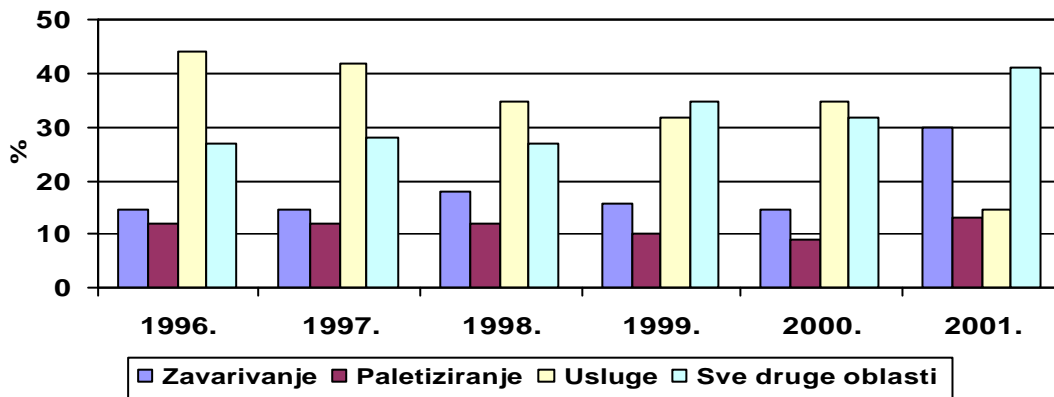
- U toku 2001 godine instalirano je 10.800 industrijskih robota a za 17% je manja instalacija u odnosu na 2000 godinu,
- Procentualno je instalirano
 - zavarivanje 41%
 - transport mat. 39%
- Ukupan broj instaliranih industrijskih robota u 2001 godini je veći za 8% u odnosu na 2000 godinu.

4.3. Primjena industrijskih robota u Japanu

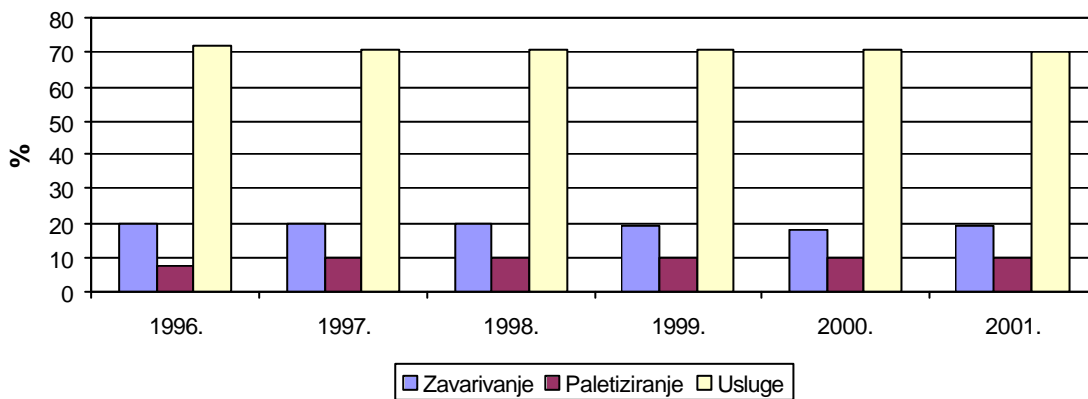
Na slijedecim slikama i tabelama izvršena je analiza instalacije industrijskih robota u Japanu.



Slika 15: Broj instaliranih industrijskih robota u primjeni u Japanu [1]



Slika 16: Instalacija industrijskih robota izražena u % procena po obliku industrije u JAPANU



Slika 17: Instalacija industrijskih robota izražena u % po oblastima industrije u JAPANU

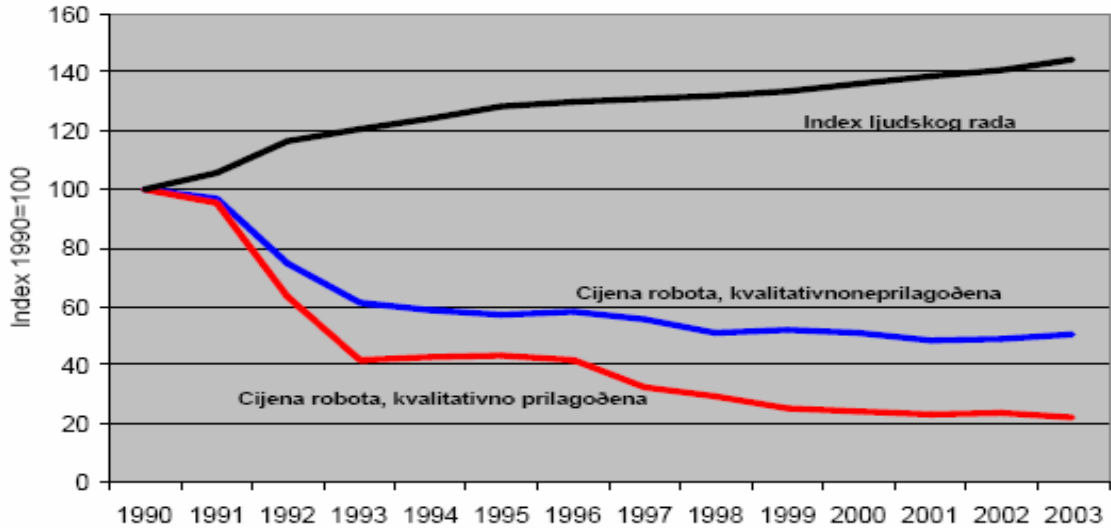
Analizom rezultata ispitivanja instalacija industrijskih robota u Japanu dolazimo do slijedecih zakljucaka:

- U toku 2001 godine instalirano je 28.400 industrijskih robota što je manje oko 40% u odnosu na 2000.
- Ukupni broj instaliranih industrijskih robota je 361.200 što je 7% manje u odnosu na 2000 godinu,
- Procentualno je instalirano
 - zavarivanje 32%
 - usluživanje 15%
 - ind. Motor.voz.43%
 - mašinska ind. 13%
 - livenje 7%
- U JAPANU znatno je pocela opadati upotreba industrijskih robota.

5. CIJENE ROBOTA PO POJEDINIM ZEMLJAMA

NJEMACKA

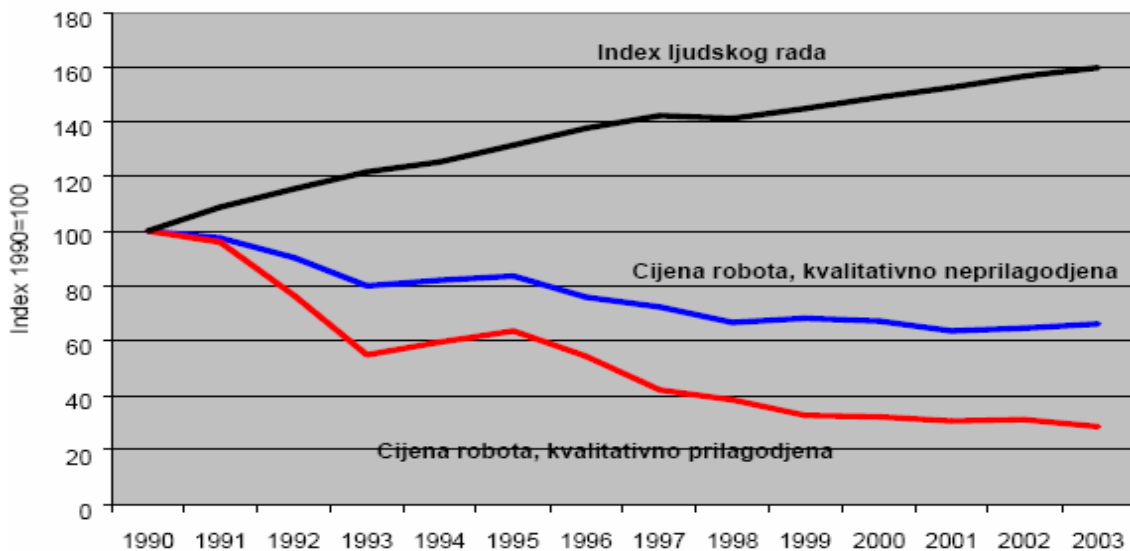
- **Pad cijene robota** u periodu 1990 - 2003 sa index 100 na 51 odnosno na 22 ako se uzmu u obzir bolje karakteristike iz 2003;
- **Index ljudskog rada** je porastao istovremeno sa 100 na 144;
- **Relativna cijena robota** je istovremeno pala sa 100 na 35, tj. 15.



Slika 18: Indeks cijene industrijskog robota u Njemackoj i indeks ljudskog rada

ITALIJA

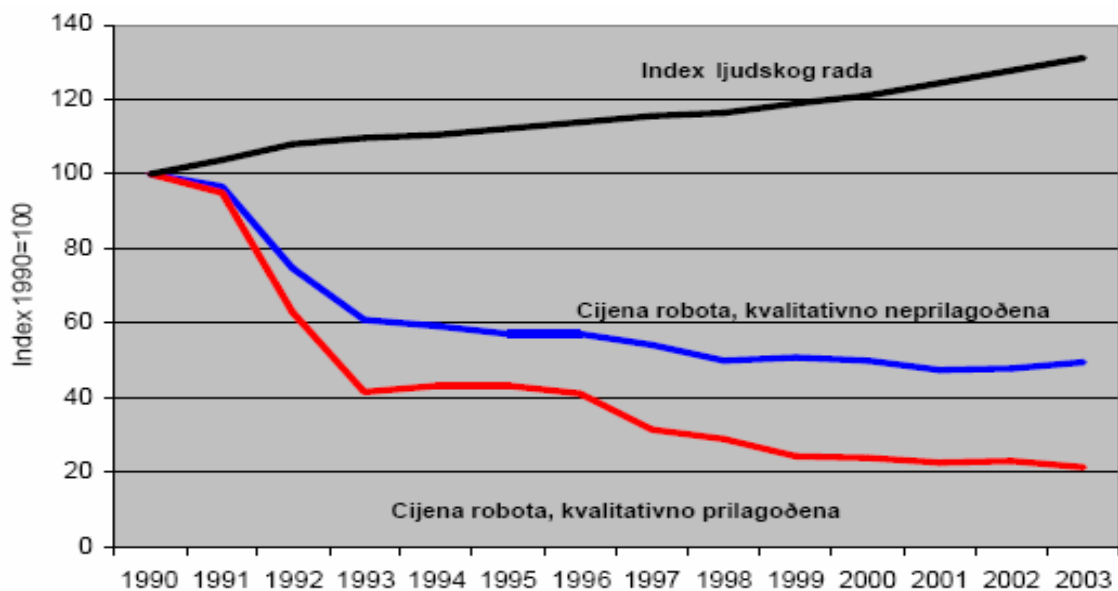
- **Pad cijene robota** u periodu 1990 - 2003 sa index 100 na 66 odnosno na 29 ako se uzmu u obzir poboljšane karakteristike iz 2003 godine;
- **Index ljudskog rada** je porastao istovremeno sa 100 na 160;
- **Relativna cijena robota** je istovremeno pala sa 100 na 41, tj. 18.



Slika 19: Indeks cijene industrijskog robota u Italiji i indeks ljudskog rada

FRANCUSKA

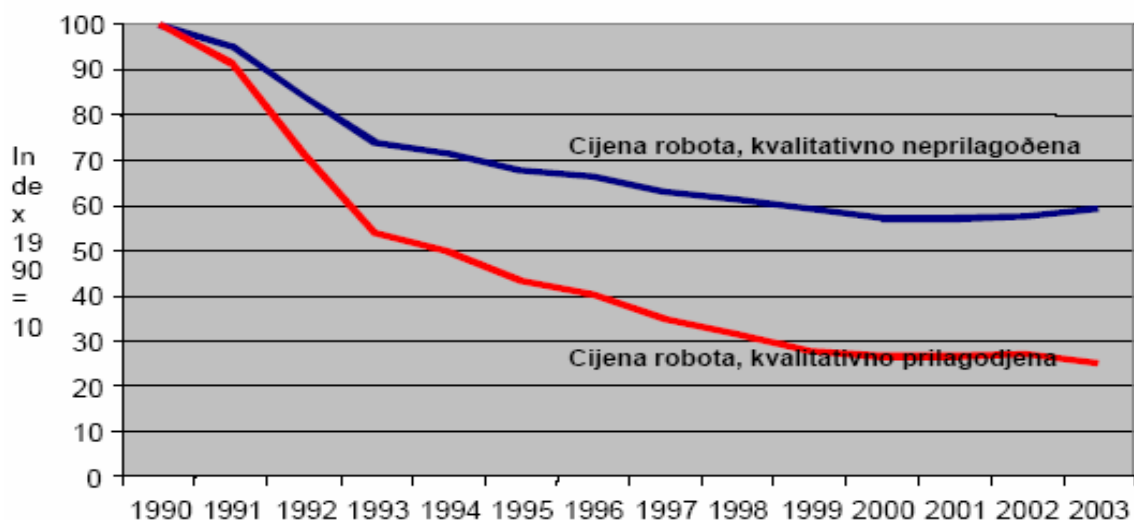
- **Pad cijene robota** u periodu 1990 - 2003 sa index 100 na 48, odnosno na 23 ako se uzmu u obzir poboljšane karakteristike iz 2003 godine;
- **Index ljudskog rada** je porastao istovremeno sa 100 na 131;
- **Relativna cijena robota** je istovremeno pala sa 100 na 38, tj. 16.



Slika 20: Indeks cijene industrijskog robota u Francuskoj i indeks ljudskog rada

ŠPANJIA

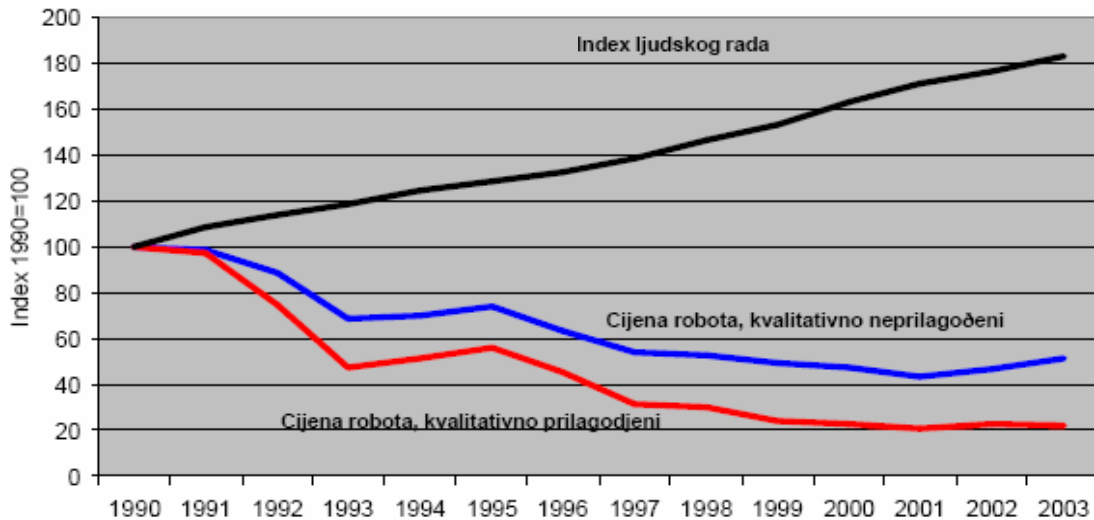
- **Pad cijene robota** u periodu 1990 - 2003 sa index 100 na 59, odnosno na 25 ako se uzmu u obzir poboljšane karakteristike iz 2003 godine;
- **Index ljudskog rada** je porastao istovremeno sa 100 na 192;



Slika 21: Indeks cijene industrijskog robota u Španiji i indeks ljudskog rada

VELIKA BRITANIJA

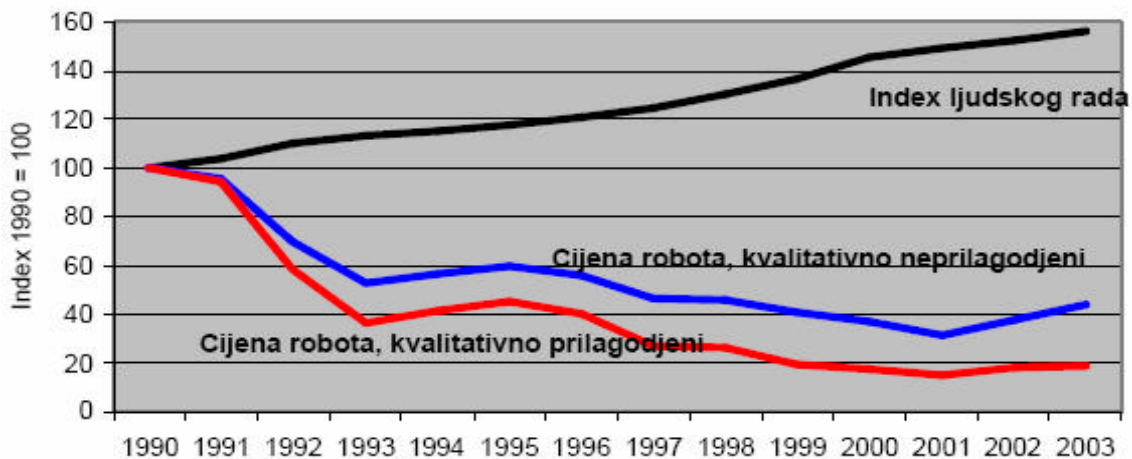
- **Pad cijene robota** u periodu 1990 - 2003 sa index 100 na 52, odnosno na 22 ako se uzmu u obzir poboljšane karakteristike iz 2003 godine;
- **Index ljudskog rada** je porastao istovremeno sa 100 na 183;
- **Relativna cijena robota** je istovremeno pala sa 100 na 28, tj. 12.



Slika 22: Indeks cijene industrijskog robota u Velikoj Britaniji i indeks ljudskog rada

SJEDINJENE AMERICKE DRŽAVE

- **Pad cijene robota** u periodu 1990 - 2003 sa index 100 na 44, odnosno na 19 ako se uzmu u obzir poboljšane karakteristike iz 2003 godine;
- **Index ljudskog rada** je porastao istovremeno sa 100 na 156;
- **Relativna cijena robota** je istovremeno pala sa 100 na 28, tj. 12.



Slika 23: Indeks cijene industrijskog robota u SAD-u i indeks ljudskog rada

6. SOCIJALNI ASPEKT UVOĐENJA ROBOTA

Predvideni uticaj robota i napredne automatizacije na društvo do 2010 može se posmatrati iz sljedećih perspektiva (Antonio Lopez Pelaez, UNED-GETS i Miguel Krux, VDI-TZ):

- ona će uticati na stopu zaposlenosti u onim okruženjima gdje dolazi do veće automatizacije samog posla;
- dolazi do promjena radnih navika i opisa samih poslova za koje je neophodna dodatna obuka;
- promjene se mogu dogoditi i u samoj organizacionoj strukturi firme;
- promjenjen odnos između rada i slobodnog vremena tj. odmora;
- Smanjenje rizika na poslu (povreda), sa sobom nosi i neke nove rizike, psihološke prirode poput: dosade, povećanog stresa i depresije kao direktne posljedica držanja koraka sa robotima

7. ZAKLJUCCI

Na osnovu izvedene analize primjene robota u Evropi i svijetu, dolazimo do slijedećih zaključaka:

- **Primjena industrijskih robota u tehnološki najrazvijenijim zemljama, USA, EU i Japan, stalno se povećava i ima tendenciju širenja primjene robota u malim i srednjim firmama.**
- Prema podacima prikazanim na slikama 3 i 4 [1], broj robota na broj industrijskih radnika najveći je u Njemačkoj, Italiji, Švedskoj i Finskoj i po ovom parametru zemlje Evropske unije su ispred Sjedinjenih američkih država. Za očekivati je da se u narednom periodu ova tendencija nastavi i da će uskoro broj instaliranih robota na 10.000 industrijskih radnika dostići cifru od 200.
- Najveći procenat industrijski instaliranih robota je u automatskoj industriji. Ovo je posljedica kako povećanja proizvodnje motornih vozila, u zemljama proizvođačima motornih vozila, tako isto i još uvijek visoke cijene višenamjenskih industrijskih robota. U pogledu trenda primjene robota u automobilskoj industriji karakteristični su primjeri Francuske, Španije i Njemačke (slika 7.). U automobilskoj industriji ovih zemalja, u posljednje dvije godine, procenat industrijski instaliranih robota kreće se oko 75% od ukupnog broja robota instaliranih u industrijama ovih zemalja u istom periodu.
- Prema dijagramima datih na sl. 7, sl. 10 i sl. 13. možemo zaključiti da je tržište industrijskih robota u Njemačkoj (slika 11). i SAD-u (sl. 10.), u stalnom porastu, dok se tržište u Japanu (slika 15) nalazi u maloj stagnaciji. Ovo se tumači time što je Japan u predhodnom periodu, u zadnjoj dekadi XX stoljeća, imao najveći gradijent primjene industrijskih robota.
- Prema radnim operacijama koje vrše industrijski roboti još uvijek je najveća primjena industrijskih robota koji vrše operacije zavarivanja. U Njemačkoj industriji procenat instaliranih industrijskih robota koji vrše operaciju zavarivanja je 36%, u SAD-u 41%, dok je u Japanu taj procenat 32%.
- Jedna od karakteristika robotskih instalacija instaliranih u posljednje vrijeme je broj stepeni slobode kretanja. Naglo se povećava procenat instaliranih robota sa više od 5 (pet) stepeni slobode kretanja. Tako je, prema tabeli 2., procenat robota sa više od stepeni slobode kretanja (sa više od pet osovina) najveći u SAD-u i iznosi 91%, a zatim slijede Španija sa 93,2%, Švedska sa 91,6% i Francuska i Norveška sa 84,7%. Daljim razvojem upravljačkih software-a i senzora značajno će se povećati procenat primjene robota sa više stepeni slobode i drugim oblastima. Ovi roboti moći će obavljati i složenije radne operacije.
- Razvoj software i hardware omogućio je i dizajniranje robota koji su u stanju da obavljaju sve složenije zadatke. Ovome umnogome doprinosi i razvoj sistema za prepoznavanje scene u radnom prostoru. Za razliku od toga cijena industrijskog robota u odnosu na cijene rada koju obavlja taj robot u stalnom je padu. O ovoj činjenici je potrebno voditi računa kod uvođenja sistema visoke tehnologije u industrijske pogone. Na slikama 18-23, prikazan je odnos cijene koštanja robot u odnosu na cijenu rada kojeg obavlja taj robot. Dok cijena rada ima stalnu tendenciju rasta, zbog sve složenijih poslova koje može da obavlja robot, dotle cijena robota opada.
- U budućnosti će doći do značajne primjene robota u neindustrijskim oblastima. Tako se već sada može reći da će uskoro doći do značajne primjene mobilnih robota u domaćinstvu. Nastavice se veća primjena robota u medicini. Povećace se primjena robota u kosmičkim istraživanjima, kao i veće korišćenje robota u istraživanjima morskog dna na većim dubinama u kojima se kriju još neistražena ležišta ruda i minerala.
- Vodeće firme iz informacionih tehnologija, kao što su INTEL i MICROSOFT, odlucile su da se značajnije angažuju na planu robotike. To sigurno znači da će se upravljački sistemi robota još više sofisticirati, ali istovremeno to je i signal da se očekuje povećanje primjene robota u razlicitim

oblastima, a što će, između ostalog, imati za posljedicu masovniju produkciju i smanjenje relativne cijene koštanja robota u odnosu na funkcije koje će izvršavati takvi roboti.

- Prema broju laboratorija koje rade na dizajniranju ANDROIDA (dvonožnih robota) čini se kako dan kada će prosječna porodica, u razvijenim sredinama, imati još jednog umjetnog člana, nije tako daleko. Takva predviđanja najbolje potvrđuju posljednji roboti iz pogona vodećih japanskih tehnoloških kompanija HONDA i SONY-a. Njemačka automobilska kompanija VOLSWAGEN – AG razvila je robota za vožnju automobila. Za narednu godinu DRAPA (Defense Advanced Research Projects Agency) će organizirati takmicenje u vrijednosti od milijun dolara, onome čiji robot stigne prvi na cilj upravljajući automobilom. Utrka automobila će se održati 11. marta 2004. godine, a prijavljeno je 150 ucesnika (proizvodaca). Iz ovoga se može zaključiti da će se buduća istraživanja u robotici značajno usmjeriti na primjenu robota u neindustrijske svrhe.
- U narednim decenijama možemo očekivati značajne multidisciplinarnе projekte iz oblasti robotike koji će imati za rezultat dizajniranje robota kod koji će osnovni kriterijum biti humanizacija rada. Ovo istovremeno daje za pravo, glavnim protagonistima teorije postindustrijskog društva, kao što su Daniel Bell (Daniel Bell), Herman Kan (Hermann Khan), Alvin Tofler (Alvin Toffler), Alen Turan (Alaine Touraine) i dr., da će buduću tehnološki razvoj umnogome osloboditi čovjeka dodatnih i opasnih poslova i time mu osloboditi vrijeme i prostor za njegovo sofisticiranо angažovanje.
- Doci će do sve veće automatizacije u domovima i na radnim mjestima.
- Humanizacija rada predstavlja važnu karakteristiku primjene robota u industriji naročito na poslovima koji su štetni po ljudsko zdravlje.
- Može se očekivati porast investiranja u industrijske robote a naročito u EU i SAD.
- Posebna pažnja se treba posvetiti socijalnim aspektima uvođenja industrijskih robota. Ovo se odnosi na: na stopu zaposlenosti, promjenama u organizacionoj strukturi kompanija, mjenjanju radnih navika, kao i promjenama između vremena provedenog na radu i slobodnog vremena.
- I na kraju možemo zaključiti da će sa razvojem informaciono komunikacione tehnologije i senzoričke roboti biti sve pametniji i sposobniji za samostalno obavljanje poslova, uz istovremeno smanjenje njihove cijene, čime će ući u svakodnevnu široku upotrebu.

6. LITERATURA

- [1] World Robotics 2004, United Nations, New York and Geneva, 2002.
- [2] Wolka, D.W.: Roboter sisteme, Technische Universität des Saarlandes im Stadtwald, 1992.
- [3] Wolka, D.W.: Roboter sisteme I, Technische Grundlagen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1992.
- [4] www.irf.org.
- [5] Bell, D.: Svijet u 2013. godini, Pregled br. 224, USA ambasada, Sarajevo, 1988/89.
- [6] Beginski, B.: Motion Planning for Manipulators, Technische Universität München, Deutschland
- [7] Binner, H.F.: Prozessorientierte Arbeitsverbereizung, Carl Hanser Verlag München Wien, 1999
- [8] Craig, J.J.: Introduction to robotics, Addison-Wesley Publishing Company, 1989
- [9] Craig, J.J.: Introduction to robotics, mechanics and control, 2nd, USA, Addison-Wesley Publishing company, 1997.
- [10] Coiffet, P., Chirouze M.: An introduction to robot technology, Kogan Page Ltd, 1983
- [11] Dolecek, V., Karabegovic, I.: Programiranje industrijskih robota, RIM 2001, Bihac
- [12] Dolecek, V., Karabegovic, I.: Robotika, Tehnicki fakultet Bihac 2002, Knjiga godine (2002), iz oblasti naučno stručne literature.
- [13] Drucker, P.F.: Post-Capitalist Society, Harper Business, A Division of Harper Collins, Publisher 1993
- [14] Dolecek, V.: Razvoj generičkih tehnologija i njihova primjena, Uvodni referat na trećem međunarodnom skupu: Tendencije u razvoju mašinskih konstrukcija i tehnologija, Zenica, 5-7. oktobar, 1995.
- [15] Dolecek, V.: Postindustrijsko društvo-budućnost koja već traje, časopis "Stecak", br. 16., travanj, 1995.
- [16] Dolecek, V.: Strategija tehnološkog razvoja, ZEPS 94, savjetovanje, Zenica, 3.-6. novembar, 1994.
- [17] Dolecek, V.: The Production of the means of Transportation and Advanced Technologies, SPS, Sarajevo, maj 1994.
- [18] Dolecek, V.: Nove tehnologije i zaštita okoline, ANU BiH, Sarajevo, 4.-5. juni, 1993.
- [19] Dolecek, V.: Bazine strukture fabrika budućnosti, Produktika '92., Uvodni referat, Sarajevo, 2.-3. april, 1992.
- [20] Dolecek, V., Karabegovic, I.: Nivo tehnološkog razvoja Bosne i Hercegovine, RIM 2001, Bihac, Zbornik radova, str. 3.-24., septembar 2001.

- [21] Karabegovic I, Dolecek V.: Primjena industrijskih robota u 21. stoljecu, RIM 2003, Bihac, Zbornik radova, str. 3.-22., septembar 2003.
- [22] Dolecek, V., Voloder, A.: Matematski model prostornog robotskog manipulatora sa fleksibilnim clanovima, III Medunarodni naucno-strucni skup "Tendencije u razvoju mašinskih konstrukcija i tehnologija", Zenica, 1996.
- [23] Freund, E., Stern, O.: Robotertechnologie I, Institut für Roboterforschung, Dortmund 1999
- [24] Husty, M., Karger, A.: Sachs, H. & Steinhilper, W.: Kinematik und Robotik, Springer-Verlag berlin Heidelberg, 2000.
- [25] Jurkovic, M., Karabegovic, I.: Nova filozofija proizvodnje i revitalizacija proizvodnih procesa i sistema, RIM: 331, Eds. Jurkovic, M. & Karabegovic I. (uvodno predavanje), University of Bihac, Faculty of Technical Engineering, Bihac, 1999. ISBN 9958-624-06-0
- [26] Jurkovic, M., Karabegovic I.: Production reengineering and verification of its results, Proc. 6th Int. Research/Expert Conference, TMT-2002, University of Sarajevo and Universitat Politecnica de Catalunya De Barcelona, 207-210, Neum, 2002. ISBN 9958-617-11-0.
- [27] Jurkovic, M., Karabegovic, E.: Modernization of Metal processing Domestic Industry by CIM Strategy Application/Modernizacija domace metaloprerađivacke industrije primjenom CIM strategije, RIM 2001, 513-521, Eds. M. Jurkovic & I. Karabegovici, University of Bihac, Faculty Technical Engineering, Bihac 2001, isbn 9958-624-10-9.
- [28] Jurkovic M., Karabegovic, I.: Neki trendovi u razvoju proizvodnog inženjerstva/ Some trends in the development of manufacturing engineering, (keynote paper), Proc. 4th Int. Research/Expert Conference, 1-10, University of Sarajevo-Faculty of Mechanical Engineering, Zenica, 2000. ISBN 9958-617-06-4.
- [29] Jurkovic, M., Karabegovic, I.: Razvoj i oblikovanje novih proizvoda od ideje do primjene / Development and design of the new products from idea to a application, Proceedings 1st Int. Conf. DIR'98, 245-252, Bihac, 1998.
- [30] Jurkovic M.: Visoke tehnologije i inteligentni tehnicki sistemi / Prilказ knjige "Robotika": V. Dolecek, I. Karabegovic, Revija slobodne misli/Review of free thought, 8(2002)38, 121-124. Sarajevo, 2002. ISSN 1512/522X
- [31] Jurkovic, M., Karabegovic, I., Dolecek, V.: Projekt modela razvoja i organizovanja instituta Mašinskog fakulteta u Bihacu, Univerziteta u Sarajevu, Bihac 1996. s. 1-65.
- [32] Kreuzer, E.J., Lugtenburg, J.B.; Meißner, H.-G. & Trckenbrodt, A.: Industrie roboter-Technik, Berechnung und anwendungsorientierte Auslegung, Springer-Verlag berlin Heidelberg, 1994.
- [33] Kecskemethy, A.: Kinematics of Robots and Mahanisms, International Summer School on Modeling and Control of Mechanisms and Robots, Publisching, Singapore, 1996.
- [34] Karabegovic, I., Voloder, A.: Application of Hamilton's principle on the dynamic model of flexible robotic manipulator, 3rd International Congress of Croatian Society of Mechanics, Cavtat/Dubrovnik, 2000.
- [35] Müller, M.: Roboter mit Tastsinn, Rogowski – Institut für Elektotechnik der RTH Achen, 1994.
- [36] Sciacivico, L. Siciliano, B.: Modeling and control of robot manipulators, University of Naples, Naples, Italy, McGraw-Hill Series in Electrical Engineering Series, 1996.
- [37] Spektrum der Wissenschaft, Dossier: Roboter erober den Alltag, Scvientific American-Deutsche ausgabe, 1998.
- [38] Šurina, T., Crnekovic, M.: Industrijski roboti, Školska knjiga, Zagreb, 1990.



SAVREMENI METALNI MATERIJALI

dr Nenad Radovic

Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, SCG email: nenrad@tmf.bg.ac.yu

Rezime: U radu su date fiziko-metalurške osnove razvoja metalnih materijala, primeri savremenih rešenja metalnih materijala za specifične namene i pretpostavke daljeg razvoja. Nedvosmisleno, u budućnosti, metalni materijali će ostati suvereno najrasprostranjeniji konstrukcioni materijal zbog najboljeg odnosa kvalitet/cena. Dominantno mesto će zauzimati celici predviđeni za izradu zavarenih konstrukcija, a njihov razvoj će biti omogućen konceptom totalne termomehanicke prerade. Uporedo, razvoj ostalih vrsta metalnih materijala, npr. celika za poboljšavanje, nerdjajucih celika, aluminijumskih legura, će biti motivisan sniženjem troškova i povećanjem efikasnosti konstrukcija.

Ključne reci: Celik, Mikrolegirani celik, Termomehanicka prerada, Aluminijumske legure

Abstract: Physical basis of metallic materials development and some modern solutions for specific applications, together with predictions and projections of future development are reviewed in this paper. Undoubtly, in future, metallic materials will remain absolutely most used construction material due to best relationship properties/price. Dominant place is reserved for steels for welded constructions, and their further development will be provided by application of concept of Total Thermomechanical Control Processing (TTCMP). Simultaneously, development of other metallic materials, i.e. quenched and tempered steels, stainless steels, aluminium alloys will be motivated by cost decrease and structural efficiency.

Key words: Steels, Microalloyed steels, Thermomechanical treatment, Aluminium alloys

1. SAVREMENI METALNI MATERIJALI

Danas dominantno mesto kao konstrukcioni materijali zauzimaju celici i aluminijumske legure. Jedini industrijski materijal koji se proizvodi u vecoj kolicini od ova dva metala je cement. Za 2004 godinu, ukupna proizvodnja celika je iznosila 935 miliona tona (!), a aluminijuma oko 23.5 miliona tona. Proizvodnja celika je pokazala rast za skoro 15% u toku 2003-2005, a aluminijuma 9% samo u 2004 godini! Sa druge strane, procene od pre samo 5 godina su ukazivale da ce industrija do 2020 godine, nevezano za razlog, zahtevati promenu ili alternativu za oko 95% materijala iz današnje industrijske upotrebe [1]. Ove projekcije se ipak moraju uzimati sa rezervom, jer nas tome uci iskustvo o projekcijama zamene celika drugim konstrukcionim materijalima, koje su radjene šezdestih godina prošlog veka i koje su predviđjale dramatično smanjenje upotrebe celika na racun obojenih metala, a što se nije obistinilo ni u malom procentu [2]. Glavni razlog ovakvih pogrešnih procena je superiornost celika u pogledu odnosa zahteva kvaliteta i cene za koju se taj kvalitet obezbedjuje. Na razvoj celika u proteklih više od 100 godina su paralelno uticala dva pravca: razvoj i osvajanje znanja iz fizicke metalurgije i razvoj opreme i tehnologije za izradu celika.

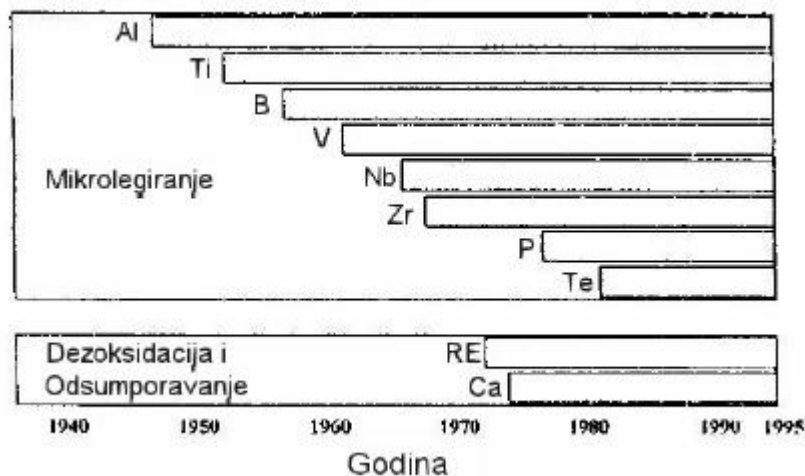
Ugljenicni celici. Kod obicnih ugljenicnih celika, kao prve i najstarije vrste celika koja je proizvedena, povećanje cvrstoce je zasnovano na povećanju sadržaja ugljenika, koji je u Fe ograniceno intersticijski rastvoren. U toku deformacije, kao posledica primene spoljnog naprežanja, dislokacije pri kretanju nailaze na prepreke, što zahteva povećanje naprežanja za dalju deformaciju. Kako je dominantna uloga rastvorenih atoma ugljenika, ovaj mehanizam se naziva rastvarajuće ojacavanje. Ovi celici, pored ugljenika, sadržali su i znatne kolicine Si, S, P, i u nekim slucajevima Mn (isključivo zavisno od sadržaja Mn u rudi), i u tim vremenima su predstavljali znatan napredak i omogućili znacajno proširenje korišćenja celika kao konstrukcionog materijala. Struktura je zavisila od sadržaja ugljenika i bila je uglavnom feitna, feritno-perlitna, a veoma retko beinitna. Kriticna primena ovih celika je bila vezana i za prisustvo S i P, koji se kao necistoce, zbog niskog nivoa tehnologije, nisu mogli uspešno odstraniti pri proizvodnji celika. Sumpor sa železom gradi niskotopivi eutektikum koji se, u obliku tankog filma, raspoređuje po granicama zrna, te dovodi do loma. Generalno uzevši, povećanje cvrstoce ugljenicnih celika izazvano povećanjem sadržaja ugljenika nije moglo da reši tri osnovna problema: zahtev za povišenu žilavost i nisku prelaznu temperaturu; zavarljivost i velike težine konstrukcije [3]. Sa povećanjem sadržaja ugljenika preko 0.8%, u mikrostrukturi dolazi do izdvajanja cementita, koji, u uslovima zagrevanja, koje omogućava difuziju C u Fe,, može da formira karbidnu mrežu sa cementitnim lamelama veoma oštih ivica, te

tako predstavljaju koncentrator naprezanja koji smanjuju žilavost.

C-Mn celici. Za komponente konstrukcije koje zahtevaju poboljšane mehanicke osobine, zahtev bolje žilavosti može da ispuni samo celik sa nižim sadržajem ugljenika, ali je njegova cvrstoca niža. Zato je potreban veci presek konstrukcije, što povecava njenu težinu. Prevazilaženje navedenih problema je bilo moguće tek razvojem nove vrste celika, uvodjenjem C-Mn celika. Uloga mangana je dvojaka: uticaj na ojacavanje i kontrola sumpornih ukljucaka. Intezitet rastvarajućeg ojacavanja zavisi od vrste legirajućeg elementa, odnosno da li dodati elemenat stvara supstitucijski ili intersticijski cvrsti rastvor. Mn je u Fe rastvoren supstitucijski, i efekat ojacavanja pre svega zavisi od razlike u velicini atoma. Kako su Mn i Fe susedni elementi u periodnom sistemu, sam efekat ojacavanja nije toliko znacajan i primaran. Prisustvo Mn je uobicajeno u granicama do 1.5-1.7, i efekat ojacavanja usled Mn se može lako odrediti. Smatra se da u niskougljenicnim celicima veci dodatak Mn izaziva pojavu proeutektoidnog ferita, i na taj nacin podiže A_{r3} temperaturu [4]. Mangan ima veliki hemijski afinitet prema sumporu (atomi Mn i S teže da spontano izgrade jedinjenje -MnS). MnS je ukljucak koji se formira u toku ocvrščavanja. Usled velikog afiniteta Mn i S, najjednostavniji nacin za potpuno vezivanje sumpora je dodatak dovoljne kolicine Mn (u višku). Ova uloga Mn je omogucila da se u konstrukcionim celicima znacajno poveca žilavost. U toku dalje prerade MnS se ili izdužuje (valjanje) ili lomi i sitni (kovanje). Prisustvo velikih izduženih MnS ukljucaka u valjanim proizvodima je opasno, jer se MnS ponaša kao koncentror naprezanja, a izaziva i pojavu lamelnog cepanja [3].

Umireni celici. Sledeci problemi sa kojima su se suočili proizvođjaci celika bio je višak slobodnog kiseonika, kao posledica nestehiometrijske kolicine kiseonika dovedene u toku izrade celika. Za eliminisanje ove pojave bilo je potrebno dodati neki od hemijskih elemenata koji imaju veliki afinitet prema kiseoniku, a odgovor je dobijen iz periodnog sistema i na osnovu Ricardsonovog dijagrama (dijagram stabilnosti oksida). Najčešće su korišćeni Al i Si, u kolicini koja se odredjuje na osnovu poslednje hemijske analize u toku proizvodnje celika, koja se uzima iz medjulonca. Tako je dobijena nova vrsta celika, tzv. umireni celici. Ime su dobili po ponašanju u toku livenja, jer kako više nije bilo slobodnog kiseonika, nije dolazilo do oksidacije preostalog ugljenika i izdvajanja gasovitog produkta CO, pa se na površini nisu zapažali mehurici, vec je površina bila mirna. Dodatak Al je postao zanimljiv, jer je primećeno da je u nekim Al-umirenim celicima došlo do taloženja aluminijum nitrda po granicama zrna, te da je tako granica zrna postala mehanicki blokirana. Rec je bila o celicima u kojima je Al dodat u velikom višku i koji su imali visok sadržaj azota (period u kome je u konvertore uduvavan vazduh, a ne kiseonik), i usled velikog afiniteta Al i N, dolazi do taloženja AlN po granicama zrna. Ovo je bio prvi slucaj empirijske kontrole granica zrna, ali nije doživio vecu ekspanziju, jer tehnicke mogucnosti u proizvodnji nisu mogle uvek da obezbede željenu raspodelu aluminijuma (za umirenje - Al_2O_3 ili za taloženje na granicama zrna - AlN), vec je zbog amfoternosti dolazilo i do stvaranja ukljucaka tipa aluminata, što je prakticno bio gubitak aluminijuma [3].

Mikrolegirani celici. Razvojem fizicke metalurgije, koja je dala odgovore na mehanizme deformacionog ojacavanja i rekristalizacije, istraživaci su pokušavali da u laboratorijskim uslovima u periodnom sistemu pronadju elemente koji ce dati po mehanizmu slicno ponašanje Al, ali da se to ponašanje može bolje kontrolisati. Tako su razvijeni potpuno novi, do tada nepoznati celici, legirani sa Nb, Ti, V, Zr, B i sl, kod kojih dolazi do povećanja cvrstoce usled dodatka male kolicine legirajućeg elementa [5-10]. Hronološki razvoj upotrebe pojedinih mikrolegirajućih elemenata u celicima je dat na slici 1[5].



Slika 1. Hronološki razvoj upotrebe pojedinih mikrolegirajućih elemenata u celicima [5]

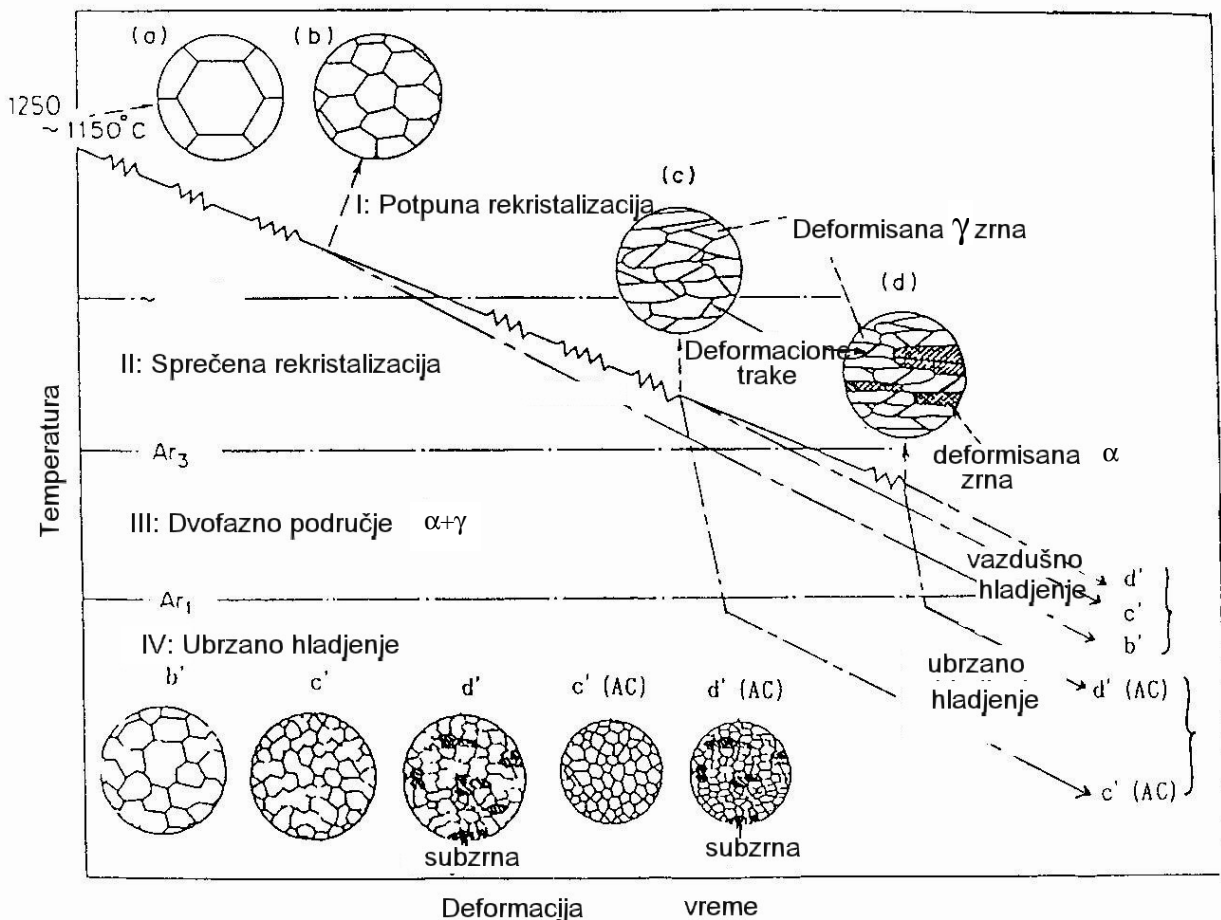
Dominacija nekog od navedenih elemenata je zavisila iskljucivo od cene i pogodnosti za termomehanicku obradu. Pošto su se dodavali u farmaceutskim kolicinama, poznati su i kao mikrolegirani celici. Ovaj pojam se

tradicionalno vezivao za niskouglenične celike povišene cvrstoce koji su sadržavali male količine Nb i/ili V. Zato je najprihvatljivija definicija da su mikrolegirani celici oni celici kod kojih mali dodatak legirajućih elemenata dovodi do intenzivnog smanjenja zrna i/ili taložnog ojacavanja usled izdvajanja stabilnih čestica karbida, nitrida ili karbonitrida. To su celici legirani sa Nb i/ili V i/ili Ti, u ukupnom sadržaju sva tri elementa ispod 0.15%.

Masovna upotreba i razvoj mikrolegiranih celika se vezuje za početak šezdesetih godina prošlog veka, sa počecima komercijalne proizvodnje ferolegura, posebno feroniobijuma [5]. Glavni motivi za njihov razvoj su bili značajno povećanje cvrstoce, koje rezultira u smanjenju težine konstrukcije ili povećanju nosivosti; mogućnost veoma različite termomehanicke obrade; potreba svetskog tržišta za zavarljivim celicima povišene cvrstoce za cevovode, za šta nije bilo moguće primeniti klasični recept za povećanje cvrstoce sa povećanjem sadržaja ugljenika i legirajućih elemenata.

Struktura mikrolegiranih celika posle tople plasticne prerade je tipično sitnozrna i sastoji se od feritnih (α) zrna male veličine, homogenih po obliku. Prisutna je i mala količina cementita (zbog čega se ovi celici često nazivaju niskoperlitni) kao i finodispergovane čestice karbonitrida, koje se mogu identifikovati samo ispitivanjem na elektronskom mikroskopu. U toku završnog valjanja obezbeđuje se pojava velikog broja preferentnih mesta, na kojima je favorizovana pojava klica a faze pri hladjenju ispod A_{r3} temperature.

Preferentna mesta koja smanjuju energetska barijeru za pojavu klica a-faze su dislokacije, granice zrna i subzrna, dvojnici, deformacione trake itd. Ukupan broj preferentnih mesta je direktna posledica primenjenog postupka prerade i stepena deformacije. Kako je reč o preradi na povišenim temperaturama, u toku prerade su prisutni i procesi obnavljanja deformisane strukture, oporavljanje i rekristalizacija. U toku rekristalizacije se deformisana struktura zamenjuje nedeformisanom, što za posledicu ima smanjenje gustine dislokacija. To znači da se u toku prerade uporedo odigravaju dva procesa koji su suprotni po svojoj prirodi: povećanje i smanjenje gustine dislokacija. Mehanizam sprečavanja rekristalizacije je smanjenje brzine nastanka klica i/ili pokretljivosti granica zrna i subzrna, usled prisustva rastvorenih atoma u čvrstom rastvoru (kontinuirano valjanje - kratke pauze, nema taloženja; dominantna uloga Nb) ili čestica taloga (reverzivno valjanje - duge pauze; dominantno izdvajanje karbonitrida)[6].

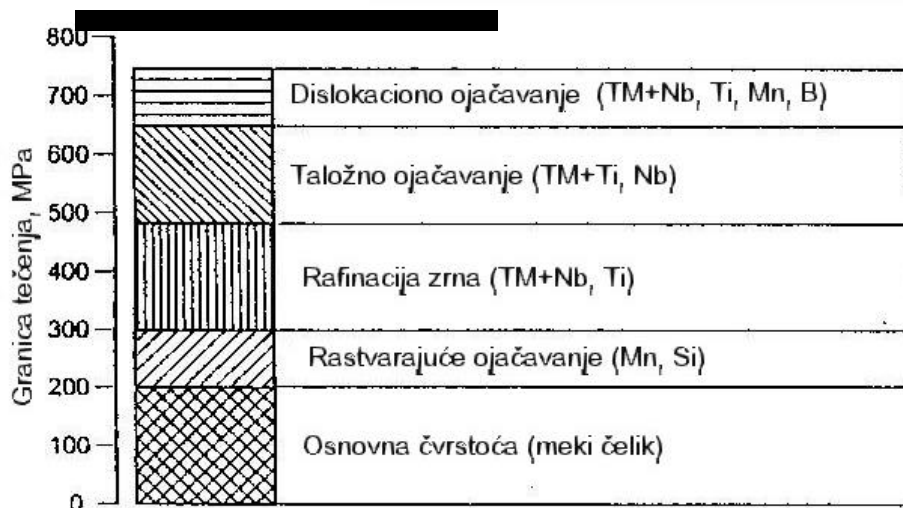


Slika 2. Shematski prikaz termomehanicke prerade mikrolegiranih celika REF

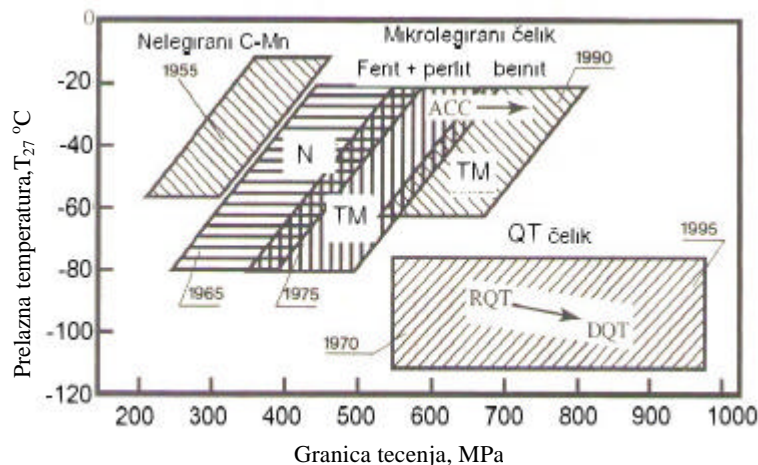
TMCP celici. (Termo Mehanicki Kontrolisano Preradjeni celici). Poznavanjem navedenih fenomena, bilo je moguće osmisliti potpuno novu tehnologiju tople plasticne prerade, koja se zasniva na kontrolisanju mikrostrukture, pošto su poznati procesni parametri (stepen redukcije po stanu, brzinu deformacije, temperaturu) i hemijski sastav. Ova tehnologija je nazvana termomehanicka kontrolisana prerada (Thermo-Mechanical Control Processing - TMCP) ili samo termomehanicka prerada [7-9]. Shematski prikaz termomehanicke prerade mikrolegiranih celika je dat na slici 2., i obuhvata nekoliko tehnologija [8]:

- Rekrystalizaciono kontrolisano valjanje (Recrystallization Control-Rolling -RCR). Predvaljanje i završno valjanje se izvode na višim temperaturama, u temperaturnom podrucju u kome ne dolazi do termickog taloženja, te je staticka rekrystalizacija izmedju provlaka potpuna, kompletno iznad T_{NR} (temperatura ispod koje je rekrystalizacija nepotpuna) temperature. Kako je kompletna deformacija u rekrystalisanom podrucju, pocetna grubozrna struktura [sl.2.skica (a)], posle deformacije se sastoji od homogenih rekrystalisanih zrna ✓sl. 2. skica (b)✓, i hladjenjem na vazduhu se dobija homogena feritna struktura ✓ sl. 2 skica (b') ✓. Ova tehnologija se koristi za preradu debelih limova, kod kojih nije moguće primeniti klasicno kontrolisano valjanje, pošto valjacki stanovi ne mogu da izdrže jako veliki otpor deformaciji, tj. pritisak valjanja.
- Klasicno kontrolisano valjanje (Conventional Control-Rolling - CCR). Predvaljanje se takodje izvodi u temperaturnom podrucju u kome je staticka rekrystalizacija potpuna, a završno valjanje na nižim temperaturama tj. u temperaturnom podrucju u kome je staticka rekrystalizacija izmedju provlaka sprecena. Mehanizam sprecavanja može biti termicko taloženje (dugacke pauze - reverzivno valjanje) ili blokada granica usled prisustva Nb i/ili V u cvrstom rastvoru (kratke pauze - kontinuirano valjanje). Posle predvaljanja, rekrystalisana struktura se hladi do temperaturnog podrucja ispod T_{NR} temperature i završno valjanje je u temepraturnom podrucju do iznad A_{F2} temperature. Na kraju deformacije struktura se sastoji od deformisanih ? zrna, unutar kojih se zapažaju trake deformacije ✓sl.2. skica (c)✓. Kako i one predstavljaju mesta za nastanak klica feritnih zrna, konacna struktura ce biti još finija ✓sl.2. skica (c')✓. Ovo je najčešće korišćena tehnologija kojom se proizvode celici za gasovode, u obliku toplovaljanih traka debljina do 14-18mm, zavisno od snage mašine za namotavanje u kotur.
- Valjanje u dvofaznom podrucju (Two Phase Rolling - ?+a R). Ova tehnologija je modifikacija CCR tehnologije, a razlika je samo u tome što se završno valjanje odvija delimicno i u dvofaznom podrucju. Tako se nakon valjanja u strukturi nalaze deformisana austenitna i feritna zrna ✓sl.2.skica (d)✓. Daljim hladjenjem, iz deformisanih austenitnih zrna ce nastati ravnoosna feritna, a deformisana feritna zrna ce rekrystalisati i na taj nacin se još više smanjiti, formirajuci substrukturu ✓sl.2. skica (d')✓. Ova tehnologija se najčešće koristi za manje debljine, zbog velikog otpora deformaciji, jer se valjanje izvodi na niskim temperaturama.
- Dinamicko rekrystalizaciono kontrolisano valjanje,_(Dynamic Recrystallizaation Control Rolling -DRCR). Još jedna modifikacija CCR tehnologije pri kojoj je ukupni stepen deformacije na završnoj pruži znatno veci nego u slucaju CCR, tako da u toku završnog valjanja dolazi do akumuliranja deformacije iz provlaka u provlak, što omogucava postizanje kritičnog stepena deformacije za dinamicku rekrystalizaciju. Dinamickom rekrystalizacijom se postiže najveći efekat usitnjavanja austenitnog zrna, a time i rezultujućeg feritnog zrna. Ova tehnologija za sada nije komercijalizovana.
- Klasicno kontrolisano valjanje sa ubrzanim hladjenjem_(Conventional Control Rolling + Accelerated Cooling - CCR+AC). Modifikacija TMCP prerade samo preko kontrolisanja brzine hladjenja. Traka se deformiše bilo CCR ili (?+a R) tehnologijom, a zatim se ubrzano hladi do temperaure A_{F1} . Na taj nacin se obezbedjuje da se na višim temperaturama izdvoji određena kolicina ferita, a da se paralelno ostatak austenita bogati na C i N, usporavajuci dalju transformaciju. Tako se obezbedjuje da se iz takvog austenita, ispod A_{F1} izdvaja beinit i/ili martenzit. Ovom tehnologijom se obezbedjuje dobijanje dvofaznih celika koji poseduju veoma fino feritno zrno i uporedo martenzit ili beinit.

Teorijski, najbolja kombinacija cvrstoce i žilavosti se dobija homogenim rasporedom dislokacija u homogenoj smeši dve faze, od kojih je jedna homogeno istaložena faza (kombinacija koherentnih i polukoherentnih taloga) u osnovi velicine zrna manje od λ_{m} . Ovo je idealizovan slucaj, mada se u nekim aspektima može ostvariti i predstavlja najbolji "stepen iskorišćenja" teorijske postavke [2]. Kao ilustracija (sl. 3. i 4.) su prikazani doprinosi pojedinih mehanizama ojacavanja porastu granice tecenja i odnosu izmedju granice tecenja i prelazne temperature krstosti celika dobijenih razlicitim postupcima prerade.



Slika 3. Doprinosi pojedinih mehanizama ojačavanja granici tečenja termomehanicki preradjenog beinitnog celika [7]



Slika 4. Odnos granice tecenja i prelazne temperature krtosti celika dobijenih razlicitim postupcima prerade [11]; N-normalizacija; TM-Termomehanicka prerada; ACC-Ubrzano hladjenje; QT-kaljenje i otpuštanje.

Da bi se iskoristile sve prednosti termomehanicke prerade, prema Tanaki [9] je potrebno pratiti sve faze prerade i fabrikacije celika, od dobijanja celika do zavarivanja. Ovo sveobuhvatno kontrolisanje svih faza se još naziva i "Totalna termomehanicki kontrolisana prerada" i obuhvata sledece aspekte:

- Cistoca celika: prema sadašnjem stanju razvoja industrije celika, moguće je proizvesti veoma čist celik sa ukupnim sadržajem $N+O+S+P < 50\text{ppm}$. Na ovaj način se poboljšava žilavost i u osnovnom metalu i u ZUT.
- Kontrola oblika nemetalnih uključaka (SSP - Sulphur Shape Control): prisustvo čak i veoma niskih sadržaja S (do 10ppm) omogućava
- formiranje MnS uključaka u centralnoj zoni slaba. Ovi uključci se valjanjem izdužuju i smanjuju žilavost, jer se oštri krajevi ponašaju kao koncentratori naprežanja. Kontrolisanje oblika nemetalnih uključaka se zasniva na dodatku Ca ili elemenata retkih zemalja, u količini oko 40ppm, koji služe kao mesta za nukleaciju MnS, omogućavajući njihov rast u sfernom obliku koji nije deformabilan i ne menja se u toku valjanja. Na taj način se direktno smanjuje sklonost ka lamelarnom cepanju.
- Kontrolisanje mikrostrukture u ZUT: zavarivanje, posebno u slučaju velikih unosa energije, izaziva porast zrna u ZUT. Da bi se ovaj efekat sprecio celicima se dodaje Ti, u količini oko 0.015%, koji će omogućiti taloženje TiN na granicama zrna i mehanicki blokirati njihov rast usled zagrevanja.
- Smanjenje centralnih segregacija u slabu: U slabovima, koji su dobijeni kontinuiranim livenjem, uvek se javljaju centralne segregacije koje karakteriše povišena koncentracija Mn, C, P i S, pa su u ovoj zoni degradirane sve mehanicke osobine. Na intenzitet segregacija se može uticati proizvodnjom čistijeg celika, smanjenjem debljine slaba, bržim hladjenjem ili kombinacijom ovih postupaka.
- Temperatura progrevanja slaba pre toplog valjanja: Da bi se u toku termomehanicke prerade dobilo

homogeno zrno, uslov je da materijal posle progrevanja ima uniformnu velicinu zrna. Zato temperatura progrevanja u potisnim pecima mora biti niža od temperature na kojoj pocinje rast ili cak i abnormalni rast zrna. Najjednostavniji nacin kojim se sprečava porast zrna je vec pomenuti dodatak od 0.015%Ti.

- Kontrolisano valjanje: Kako je cilj kontrolisanog valjanja dobijanje uniformnog sitnog feritnog zrna, posebna pažnja se posvecuje zahtevu da posle predvaljanja celik ima homogenu sitnozrnu rekristalisanu strukturu i da ona ostane takva do pocetka završnog valjanja (da ne dodje do porasta zrna). U toku završnog valjanja, vecim stepenom deformacije po provlaku nastaje povecanje gustine deformacionih traka, dvojnika, koji služe kao dodatna mesta nukleacije feritnih zrna, pa je tako konacna struktura sitnozrnija.
- Tekstura: u toku završnog valjanja dolazi do usmeravanja i formiranja teksture toplog valjanja koja izaziva anizotropiju osobina. Neke komponente teksture smanjuju žilavost u poprecnom pravcu, te se mora voditi racuna o njihovom prisustvu, pošto uticu i na prostiranje ultrazvuka, a time i na pouzdanost ispitivanja bez razaranja.
- Ubrzano hladjenje: ubrzanim hladjenjem se obezbedjuje vece podhladjenje i brzina stvaranja klica, te se tako dodatno doprinosi smanjenju feritnog zrna. Jedna od posledica ubrzanog hladjenja je i izostajanje jasno izražene granice tecenja zbog obrazovanja beinita.

Modifikacija kontrolisanog valjanja: odnosi se na specificnosti pojedinih valjaonica, tj. na mogucnost da stepen deformacije u pojedinim valjackim stanovima bude dovoljno veliki da izazove dinamicnu rekristalizaciju, koja omogucava najintenzivniju rafinaciju austenitnog zrna, dramaticno povecavajući ukupnu površinu granica zrna, kao mesta na kojima ce se formirati feritna zrna. "Totalnom termomehanicki kontrolisanom preradom" obezbedjuje se sniženi sadržaj ugljenika, a time i niža vrednost ekvivalenta ugljenika C_{eq} , sniženje ukupne kolicine sumpora i formiranje globularnih sulfidnih ukljucaka, legiranje sa Ti, tako da je najveći kvalitativni pomak u poboljšanju zavarljivosti i smanjenju sklonosti ka nastanku prslina, odnosno sniženju prelazne temperature [7,8].

2. PRIMERI RAZVOJA CELIKA ZA SPECIFICNE NAMENE

Koncept projektovanja za smanjenje težine konstrukcije. U velikom broju industrijskih grana koje su od velikog znacaja za svaku ekonomiju (proizvodnja vozila, brodova, mostogradnja i sl.) koncept olakšanih konstrukcija rezultira znacajnim smanjenjem kolicine ugradjenog celika (a time i direktnih troškova) i donosi brojne prednosti koje nisu do sada jasno istražene. Pretpostavlja se da ce ta oblast biti pokretačka sila velikih istraživanja u fizickoj metalurgiji, kako osnovnog metala tako i pratećih disciplina u zavarivanju. Primer ovog koncepta u današnjim uslovima je proizvodnja tzv ULSAB (Ultra Light Steel Auto Body) celika koji predstavlja optimizovani (sastav i tehnologija prerade) tradicionalni celik za proizvodnju karoserije automobila. Upotrebom ULSAB celika je smanjena težina karoserije za oko 25%(!), što omogucava znacajno smanjenje potrošnje pogonskog goriva i emisije izduvnih gasova[1].

Nova generacija celika za delove autokaroserije (BH-celici "Bake Hardening Steels). Za ovu namenu su razvijeni potpuno novi celici, za koje je jedan od glavnih polaznih postulata bio kako metalurški iskoristiti cinjenicu da se nakon oblikovanja i farbanja (lakiranja), u cilju pecenja laka, delovi karoserije zagrevaju na 170

- C. Kolicina ugljenika je snižena do maksimalnih mogucnosti (reda 10-15ppm), što omogucava veoma dobru sposobnost oblikovanja na hladno. Sa druge strane žarenjem na 170
- C se omogucava da usled veštackog starenja dodje do izlucivanja karbida iz feritne osnove i na taj nacin se dobija zahtevana tvrdoća $\sqrt{2}$.

Celici otporni na koroziju. Još od pojave tzv. KORTEN celika, pre sedamdesetak godina, znalo se da legiranje celika sa Cu, Cr i Ni omogucava otpornost na koroziju, formiranjem stabilnog oksidnog sloja na površini. Celici otporni na koroziju predstavljaju jednu od najbrojnijih i najraznovrsnijih grupa celika. U buducnosti ce se za svaku potrebu namenski razvijati celik sa odgovarajucim modifikacijama tehnologije zavarivanja. Danas tradicionalni (i veoma skupi) dvofazni celik od koga su napravljeni cevovodi na naftnim platformama u morima, je zamenjen znatno jeftinijim. Mogucnost je rezultat sniženja kolicine ugljenika sa 0.02 na 0.007%, cime se smanjuje tvrdoća u ZUT-u, a time i sklonost ka SSCC (naponska korozija usled prisustva sumpora). Alternativa ovom rešenju može biti upotreba celika sa prevlakama ili sendvic limova [12].

Celici projektovani za podrucja ugrožena zemljotresima. U podrucjima u kojima su jake seizmicke aktivnosti, gradnja visokih gradjevina i/ili mostova se zasniva na sledecem principu: Svi vertikalni stubovi nosaci moraju biti izradjeni od celika koji ce se elasticno deformisati, a poprecni nosaci se moraju uniformno plasticno deformisati, kako bi absorbovali energiju potresa. Tako se za ove celike zahteva velika elasticna deformacija i što manji odnos granice tecenja i zatezne cvrstoce, respektivno. Sa stanovišta zavarivanja ovih raznorodnih materijala, glavni zahtev je da metal šava ima znatno vecu cvrstocu od oba celika, kako u njemu ne bi došlo do deformacije ili stvaranja prslina, što može dovesti do pucanja greda i rušenja konstrukcije [12].

TRIP-celici (TRansformation Induced Plasticity - Transformacijom indukovana plasticnost). To su dvofazni

TMCP celici čija se struktura sastoji od feritne osnove u kojoj se nalaze ostrva sekundarne tvrde faze (najčešće martenzit), uz prisustvo zaostalog austenita od najmanje 5-10%. Prisustvo zaostalog austenita se obezbeđuje većom količinom C i Si. U toku deformacije, brzina deformacionog ojacavanja kontinuirano raste, jer se jedna deformabilna faza (austenit) zamenjuje martenzitom, koji predstavlja dodatnu prepreku za kretanje dislokacija. Nekada je cilj da se stabilizacija austenita omogući i pored znatnog stepena deformacije na sobnoj temperaturi. Tako se omogućava da celik apsorbuje veliku energiju npr. udara. Dalje modifikacije sastava bi imale za posledicu otežavanje tackastog zavarivanja ✓2✓.

Celici koji ojacavaju intermetalnim fazama. Ovi celici u strukturi sadrže iglicasti martenzit velicine ispod 1 μm, što obezbeđuje visoku granicu tecenja i dobru žilavost. Dalje poboljšanje osobina nije moguće ostvariti dodatkom ugljenika ili azota. Kako je iglicasti martenzit moguće dobiti samo u celicima sa veoma niskim sadržajem ugljenika, dalje povećanje granice tecenja je moguće samo programiranim taloženjem intermetalnih faza. Kako ova oblast zahteva poznavanje velikog broja nedovoljno istraženih tro i višekomponentnih dijagrama, razvoj ovog polja će se generisati sam od sebe ✓2✓.

Supermartenzitni nerdjajući celici. Ovi celici su razvijeni sa ciljem postizanja čisto martenzitne strukture koja će obezbediti visoku čvrstocu uz zadovoljavajuću žilavost. Dovoljno visoki sadržaj hroma obezbeđuje otpornost na koroziju, a veoma niski sadržaj ugljenika (ispod 0.03%C) obezbeđuje prisustvo isključivo martenzita, tj. onemogućava pojavu zaostalog austenita (cijim razlaganjem bi se dobio ferit uz nešto karbida) ili ferita [12].

3. ALUMINIJUMSKE LEGURE

Osnovna podela aluminijumskih legura je na termički neobradive i termički obradive legure. Termički neobradive aluminijumske legure ojacavaju rastvaranjem legirajućih elemenata u čvrstom rastvoru (rastvorno ojacavanje) i hladnom plastičnom preradom (deformaciono ojacavanje), dok termički obradive aluminijumske legure ojacavaju taloženjem legirajućih elemenata iz presicenog čvrstog rastvora (taložno ojacavanje). U tabeli 1 data je podela Al-legura na osnovu sistema legiranja (glavnih legirajućih elemenata) i načina ojacavanja [13,14].

Tabela 1: Podela Al-legura [14]

Oznaka	Glavni legirajući element
Termički neobradive legure	
3xxx	Mn (mangan)
4xxx	Si (silicijum)
5xxx	Mg (magnezijum)
8xxx	ostali elementi
Termički obradive legure	
2xxx	Cu (bakar)
6xxx	Mg-Si
7xxx	(magnezijum+silicijum)
8xxx	Zn (cink)
	Li (litijum)

Serijske 1xxx (aluminijum tehničke čistoće) karakterišu odlična koroziona postojanost, visoka električna i toplotna provodljivost, i odlična obradljivost ali niska čvrstoca. Blago povećanje čvrstoće je moguće deformacionim ojacavanjem. Glavne nečistoće su silicijum i željezo.

Legure serije 2xxx, koje sadrže bakar kao glavni legirajući element. Al-Cu legure poseduju visoku čvrstocu, ali nižu otpornost na koroziju od drugih legura aluminijuma. Visoku čvrstocu zadržavaju i na povišenim temperaturama, iznad 150 °C. Pod izvesnim uslovima su podložne i interkristalnoj koroziji. Zbog velikog odnosa čvrstoće prema težini i odlične mašinske obradivosti ove legure imaju veliku primenu u avio i automobilske industriji.

Legure serije 3xxx sadrže Mn kao glavni legirajući element. Ove legure ojacavaju rastvarajućim i deformacionim ojacavanjem i mogu postići čvrstocu oko 20% veću od serije 1xxx. Mogućnosti ojacavanja su limitirane rastvorljivošću Mn u Al koja iznosi oko 1.5%. Ovo ograničenje ima za posledicu postojanje malog broja legura u seriji 3xxx.

Legure serije 4xxx karakterišu dodatkom silicijuma čak i do 12%. Najčešće se koriste kao dodatni materijali u zavarivanju, pošto silicijum značajno snižava temperaturu topljenja.

Legure serije 5xxx sadrže magnezijum kao glavni legirajući element. Magnezijum ima veliku rastvorljivost u čvrstom rastvoru aluminijuma i zbog toga najefikasnije povećava čvrstocu od svih legirajućih elemenata koji mu se dodaju. Al-Mg legure pored rastvarajućim ojacavanjem postižu značajan porast čvrstoće hladnom plastičnom deformacijom. Ove legure karakterišu dobra kombinacija čvrstoće i sposobnosti oblikovanja i zbog toga imaju široku primenu u transportnoj industriji i industriji ambalaže. Porast čvrstoće je limitiran temperaturom

deformacije, pošto sa porastom temperature postaju osetljive na naponsku koroziju. Sa druge strane, ove legure pokazuju dobru korozionu postojanost u morskim uslovima.

Legure serije 6xxx sistema Al-Mg-Si imaju umerenu cvrstocu i dobru otpornost na koroziju u poredjenju sa drugim termicki obradivim legurama aluminijuma. Tipicno za ove legure je da imaju dobru sposobnost oblikovanja i prihvatljivu zavarljivost. Otpornost prema koroziji ovih legura je uglavnom dovoljno visoka ali u poredjenju sa Al-Mg legurama, (do 5.5% Mg), njihova sklonost prema interkristalnoj koroziji je veca.

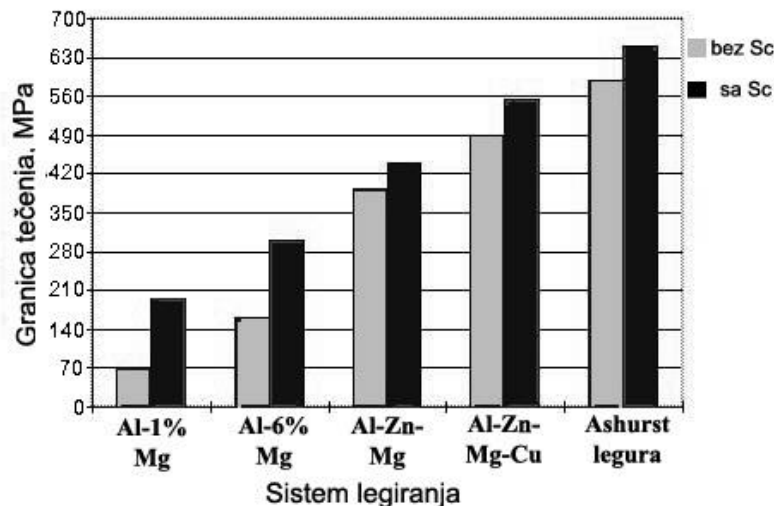
Legure serije 7xxx su legure legirane cinkom (1-8%) i drugim elementima. Sa dodatkom do 5.5% Mg postižu se veoma visoke cvrstoce. Takodje, dodaju se bakar i hrom, ali u veoma malim kolicinama. Sa druge strane, povecanje cvrstoce može biti praceno sniženjem otpornosti na naponsku koroziju. Da bi se obezbedila dobra koroziona postojanost, cvrstoca i udarna žilavost, ove legure se cesto koriste u prestarenom stanju.

Legure serije 8xxx su klasifikovane kao "legure ostalih legirajucih elemenata" i za njihovo opisivanje ne postoji najmanji zajednoicki sadržalac.

Legiranje litijumom. AlLi legure odlikuje skup povoljnih osobina – mala gustina, povišen modul elasticnosti, otpornost ka koroziji i visoka cvrstoca. Sadržaj litijuma u legurama razlicitih sistema kreće se od 1 do 4%. Dodatak litijuma od 1% snižava gustinu legure za 3%, a povecava krutost za oko 6% [15]. Na osnovu obimnih istraživanja u cilju optimizacije hemijskog sastava, procesa neravnotežne kristalizacije, obrazovanja i raspada cvrstog rastvora litijuma u aluminijumu razvijen je citav spektar Al-Li legura. U današnjim uslovima u industrijskoj upotrebi su legure iz sistema Al-Mg-Li, Al-Cu-Li i Al-Cu-Li-Mg [16].

Legiranje skandijumom. Skandijum je jedan od elemenata periodnog sistema sa najvećim uticajem na Al-legure. Skandijum ni sa jednim legirajucim elementom koji se dodaje aluminijumu ne gradi intermetalna jedinjenja [17]. Sa aluminijumom gradi Al_3Sc disperzne cestice (disperzoide) koje imaju visoku koherentnost sa osnovnim metalom, veci zapreminski udeo disperzoidea (vecu rastvorljivost i manju atomsku težinu) i vecu termicku stabilnost. On obezbeduje najveći porast cvrstoce po atomskom procentu od bilo kog drugog legirajuceg elementa koji se dodaje aluminijumu zbog rafinacije zrna. Dodatak Sc ne samo da sprecava pad vrednosti granice tecenja Al-legura (AlZn-Mg-Cu-Zr) posle deformacije i termicke obrade, vec je i povecava. Verovatno najvažniji aspekt velike termicke stabilnosti Al_3Sc disperzoidea je uloga u sprecavanju rekristalizacije. Legure koje su deformisane sa velikim stepenom hladne deformacije sadrže dovoljno akumulirane energije za rekristalizaciju. U toku rekristalizacije deformisana struktura kod konvencionalnih legura se zamenjuje nedeformisanom, tako da granica tecenja opada. U slucaju Al-Sc legura, talog Al_3Sc se nalazi na granicama zrna i subzrna, sprecavajući nastanak klica nedeformisanih zrna. Time je rekristalizacija sprecena, a primenjeno žarenje dovodi do dodatnog taloženja, pa je ukupan efekat povecanje granice tecenja. Ovaj efekat je identican efektu cestica mikrolegirajucih elemenata u celicima.

Na slici 5 je dat uticaj hemijskog sastava na granicu tecenja pojedinih sistema Al-legura [18].



Slika 5: Zavisnost granice tecenja od sastava pojedinih Al-legura [18]

Sa druge strane, prva istraživanja upotrebe skandijuma zapoceta su 70-ih godina prošlog veka u Sovjetskom Savezu, sa primenom Al-legura za avione tipa MIG i vodene projektile [19,20]. Inace, glavnu prepreku za ekspanziju primene Sc u konstrukcionim materijalima čini njegova raspoloživost. Ovaj retki metal je tek od skora dostupan na tržištu, obzirom da se jedini komercijalni rudnik skandijuma nalazi u Ukrajini, sa sadržajem Sc od 105 grama po toni i cenom od 4 000-20 000 USD/kg, u zavisnosti od cistoće [21]!. Ipak, s obzirom da je u periodnom sistemu Sc u IIIb, kojoj pripadaju i Lantan i retke zemlje, pretpostavlja se da ce neka druga kombinacija ovih elemenata postici približan efekat.

Legiranje germanijumom. Dodatak germanijuma u aluminijumskim legurama je ograničen u odnosu na sadržaj silicijuma. Usled razlike u veličini poluprečnika atoma Al i Si i Al i Ge, primećeno je da sredjeni talozi na bazi SiGe imaju gotovo teorijski malu vrednost faktora neusaglašenosti sa rešetkom Al. Time se smanjuje naprezanje potrebno za presecanje ove čestice. Sa druge strane, makroskopski je moguće ostvariti značajno veći stepen deformacije, koji rezultuje finijim zrnom [22]. Najbolji rezultati su ostvareni u legurama sa jednakim atomskim sadržajem Si i Ge. Dodatak germanijuma je već primenjen u legurama za klipove SUS motora, a istraživanja su usmerena u pravcu legiranja Al legura koje se zavaruju, npr. 2219.

ZAKLJUČAK ILI UMEMSTO ZAKLJUČKA

Osnovno težište u istraživanju je, pomalo neočekivano, udaljavanje od koncepta razvoja "super materijala", tj. materijala sa superiornim osobinama, kao što su najviša čvrstoća i/ili žilavost, najbolja zavarljivost, najbolja koroziona postojanost, najbolja električna provodljivost, otpornost na habanje i sl. Umesto toga, trendovi se usmeravaju ka "materijalu projektovane namene", tj. prema razvoju materijala koji će zadovoljiti samo specifičnu namenu, uz ispunjavanje ekonomske opravdanosti. Projektovanje potpuno novih materijala će imati ekonomsku opravdanost samo u slučaju da je praćeno istovremenim usavršavanjima u primarnoj i sekundarnoj preradi i projektovanju, kao i mogućnosti recikliranja. Perspektiva upotrebe čelika i aluminijumskih legura u budućnosti izgleda svetlija nego što se može i pomisliti, pošto je na raspolaganju nekoliko milijardi kombinacija legiranja, koje nudi periodni sistem elemenata, a koji tek treba da se ispituju [2]. Zato je za očekivati da će čelik i u budućnosti ostati glavni konstrukcioni materijal. Glavne prednosti korišćenja čelika su mogućnost široke varijacije opsega legiranja, uhodana proizvodnja na veoma visokom obimu i mogućnost recikliranja. Svi navedeni primeri pokazuju kako se industrija metalnih materijala selektivno i veoma uspešno suočava sa rešavanjem pitanja koji čelik koristiti za specifične namene. Na ovom mestu se treba podsetiti jednog stava iznetog pre 28 godina koji glasi [23] *Treba verovati u bezgraničnu sposobnost čovečjeg uma i očekivati rešenje velikog broja, postojećih problema iz sveta metala i onih koji će se tek pojaviti.*

REFERENCE:

- [1] Van Hofe, D.; Middeldorf, K.: Innovations in Joining Technology - Processes and Products for the Future, The Paton Welding Journal, 558-559 (2000) No. 9-10, 149-156
- [2] Hougardy, H.P.: Zukunftige Stahlientwicklung, Stahl und Eisen, 119 (1999) 85-90
- [3] N.Radović, Dj.Drobnjak, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, 46 (2001) 81-92
- [4] E.J.Palmiere; Garcia, C.I.; DeArdo, A.J.: Processing, Microstructure and Properties of Microalloyed and other Modern High Strength Low Alloyed Steels, ISS, Warrendale (1992) 113-133
- [5] Meyer, L.: Thyssen Technische Berichte, (1984) No1, 34-44
- [6] Hulka, K.: Niobium Microalloyed High Strength Low Alloy Steels, Metal'96 Int.Conf.Proceedings, Vol.III (1996) 1-10
- [7] Drobnjak, D.J.: Fizička Metalurgija, TMF, Beograd (1984)
- [8] Mueschenborn, W.; Imlau, K.P.; Meyer, L.; Schriever, U.: Recent Developments in Physical Metallurgy and Processing Technology of Microalloyed Flat Rolled Steels, in: Microalloying 95, Ed. Korchynsky, ISS, Warrendale (1995) 35-48
- [9] Tanaka, T.: Science and Technology of Hot Rolling of Steel, Ibid, 165-181
- [10] Siciliano, F.; Jonas, J.J.: Metallurgical Transactions A, 31A (2000) 511-530
- [11] Prediction of Steel Production in Year 2000, based on 1999 Experience (in Swedish), Stetsen, 59 (2000) No2, 4-10
- [12] Yurioka, N.: Science and Technology of Welding and Joining in the 21st Century and Perspectives toward the 21st Century, Document IIW IX-1963-2000 (2000) 1-10
- [13] M.Pavlović, Lj.Radović, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, 46 (2001) 99-105
- [14] Metals Handbook, Vol.6, Welding, Brazing and Soldering, ASM Metals Park, Ohio, (1997)
- [15] Pechiney aluminium, Techniques avancées, Paris, (1985)
- [16] Ищенко А.Я., Лабур Т.М., Технология сварки и свойства соединений алюминий-литиевых сплавов, Автоматическая сварка, 7/98, 29-34
- [17] Ищенко А.Я., Чапор В.О., Свариваемость высокопрочных сплавов системы Al-Zn-Mg-(Cu), (2000), Автоматическая сварка, 4/2000, 6-12.
- [18] Ashurst Scandium net, Ashurst Technology Scandium-Aluminum Alloy Property Data, (1998) <http://www.intellaction.com/ash/alloydata.html>
- [19] Ashurst Scandium net, Scandium Metallurgical Data, <http://www.intellaction.com/ash/scdata.html>

- [20] Royset J.: Scandium in Aluminium Alloys, (1998), <http://www.stud.ntnu.no/~josteinr/scandium.html>
- [21] Aluminium-Scandium Alloys, Australian Rare Earth Newsletter, (1999), <http://pandora.nla.gov.au/nph-arch/1999/H1999-Mar-3/http://www.ozemail.co.../jervois.htm>
- [22] V.Maksimovic, Magistarski rad, Tehnološko metalurški fakultet, Beograd (2003)
- ✓23 Weck,R.: Where we stand in Fusion Welding Now, Welding in the World, (1976) No.11/12: Prevod objavljen u: Zavarivanje 20 (1977) No.5, 282-285



Uvodni referat i Rad po pozivu

AKTUELNI TRENDOWI RAZVOJA TEHNOLOGIJE PLASTICNOG OBLIKOVANJA METALA

Milentije Stefanovic¹, Srbislav Aleksandrovic², Vesna Mandic³

¹Mašinski fakultet u Kragujevcu, SCG, stefan@kg.ac.yu

²Mašinski fakultet u Kragujevcu, SCG, srba@kg.ac.yu

³Mašinski fakultet u Kragujevcu, SCG, mandic@kg.ac.yu

Rezime: Savremenu tehnologiju plasticnog oblikovanja (TPO) karakteriše: razvoj postupaka modeliranja procesa oblikovanja-tečenja metala, definisanje naponsko-deformacionih polja i sl., u cilju optimizacije parametara obrade, primena sistema CAD/CAM za projektovanje i izradu alata, razvoj i primena veštacke inteligencije i ekspertnih sistema u osvajanju procesa obrade i konstrukcije alata, razvoj razlicitih postupaka, alata i mašina za delove koji se ne obraduju naknadano ("Net Shape" obrada) itd. U radu se daje pregled savremenih postupaka obrade plasticnim deformisanjem metala, navode elementi obradivosti novih materijala i daju primeri numericko-fizickog modeliranja razlicitih procesa TPO.

Kljucne reci: plasticno oblikovanje metala, novi materijali i tehnologije, obradivost, aplikacija racunara

Abstract: Modern metal forming technologies are characterized by: development of metal forming processes – determination of stress-strain field on the aim of optimization of forming parameters, application of CAD/CAM system for design and tool manufacturing, development of artificial intelligence and expert systems in forming system, development of methods, tools and machines for Net Shape forming. This paper presents review of actual forming methods, elements of new materials formability, and examples of numerical-physical modelling in different forming processes.

Key words: forming, new technologies and materials, formability, computers application

1. UVOD

Obrada metala plasticnim oblikovanjem (deformisanjem) se može definisati kao kontrolisana izmena geometrije i/ili oblika komada pod dejstvom spoljašnjih sila i bez dekompozicije mase komada. Danas se ovakvim postupcima preraduju vrlo razliciti metali i dobijaju delovi razlicitog stepena tacnosti i mase od jednog grama do preko jedne tone. Ova obrada je stara koliko i covek iz neolitskog perioda kada su oblikovani zlato, srebro i bakar u prirodnom obliku, a zatim i legure-bronza, gvožđe i mesing. Sa razvojem postupaka dobijanja metala, razvijali su se i postupci obrade deformisanjem, posebno intenzivno u periodu prve industrijske revolucije. Dvadesetih i tridesetih godina prošlog veka uvode se fundamentalne postavke teorije plasticnosti i temelji prvih nauka o materijalima, sistematski pristupa razvoju mašina i konstrukciji alata. Pocinje se sa zapreminskim oblikovanjem, a zatim se, u skladu sa potrebama automobilske industrije, intenzivno razvijaju i postupci prerade limova. Ova druga faza u razvoju tehnologija plasticnog oblikovanja (TPO) traje do šezdesetih godina 20. veka. Od tog vremena, pocinje treća faza u razvoju TPO, koju karakteriše uvođenje racunara za analizu procesa, konstrukciju delova i alata i odgovarajucu optimizaciju, ali takode i za upravljanje procesom obrade, uvođenje fleksibilne automatizacije, primena novih materijala i tehnologija kroz razvoj baznog sistema obrade, cime se podiže kvalitete proizvoda, produktivnost, fleksibilnost i economicnost.

U tzv. sekundarnoj obradi metala deformisanjem, o kojoj je i rec u ovom radu, postoji oko 200 razlicitih procesa obrade, koji se karakterišu razlicitim nacinom ostvarivanja deormacione sile, kinematikom izvršnih elemata alata i sl. Generalno, TPO karakterišu:

- visoka produktivnost;
- niska cena koštanja po komadu;
- visok stepen iskorišćenja materijala;
- uskladenost kvaliteta delova sa funkcijom;
- široko podrucje primene (masa delova od 1gr do 1 t);
- korišćenje vrlo razlicitih metala (celici, obojeni metali).

Podrazumevajuci osnovni razvoj u oblasti novih tehnologija na bazi fundamentalnih fizicko-hemijskih istraživanja, glavni pravci razvoja u okviru obrade metala plasticnim oblikovanjem-deformisanjem mogu se uslovno predstaviti kao: razvoj postupaka modeliranja procesa oblikovanja-tecenja metala, definisanje naponsko-deformacionih polja i sl., u cilju optimizacije parametara obrade, primena sistema CAD/CAM za projektovanje i izradu alata, razvoj i primena veštacke inteligencije i ekspertnih sistema u osvajanju procesa obrade i konstrukciji alata.

Sve strožiji zahtevi koje moraju ispunjavati razliciti proizvodi, dovodi i do razvoja specificnih postupaka TPO i vrlo usmerene specijalizacije u ovoj oblasti. Karakteristicne savremene tehnologije u tom smislu su [1],[2].:

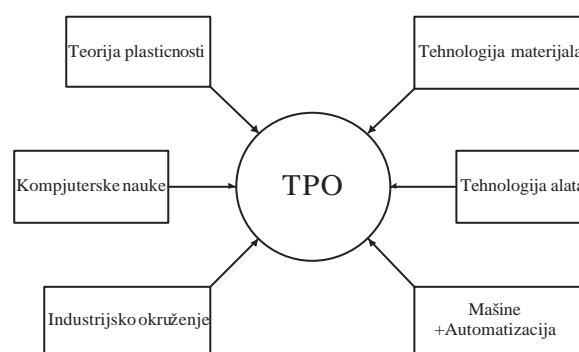
- precizno toplo kovanje (u alatima), slozenih delova od celika povecane cvrstoce za olakšane konstrukcije;
- hladno kovanje postupcima koji omogucavaju dobijanje dolova za ugradnju ili korišćenje, bez nakandne obrade rezanjem (NSF - Net Shape Forming) odnosno NNSF (Near Net Shape Forming);
- oblikovanje limova i izrada delova razlicitih oblika i dimenzija;
- fino prosecanje kombinovano sa operacijama oblikovanja za celike povecane cvrstoce i limove vece debljine;
- zapreminsko oblikovanje koje predstavlja kombinaciju hladnog, polutoplog i toplog kovanja jednog komada u cilju optimizacije deformacionog stanja i kvaliteta proizvoda,
- ekspanziono oblikovanje pod dejstvom unutrašnjeg pritiska i sl.

Modernu TPO, uz prethodno nabrojano, posebno karakterišu aspekti povišene tacnosti (NSF i NNSF), upravljanje i pouzdanost obradnog procesa, koji se mogu iskazati na sledeci nacin:

- proizvodnja delova sa merama u granicama tolerancija (NSF);
- proizvodnja komponenti vrlo kompleksne geometrije sa tolerancijima bliskom zadatim (NNSF);
- upravljanje procesom sa obezbedenjem visokog kvaliteta i mehanickih osobina i tacnosti geometrije delova;
- smanjenje utroška materijala i energije uz poštovanje ekoloških zahteva.

Generalno, TPO se ne može realizovati kroz individualne nezavisne mere, vec jedino kroz dobro koordinisan sistem odlucivanja u okviru sledecih elemenata, sl.1.:

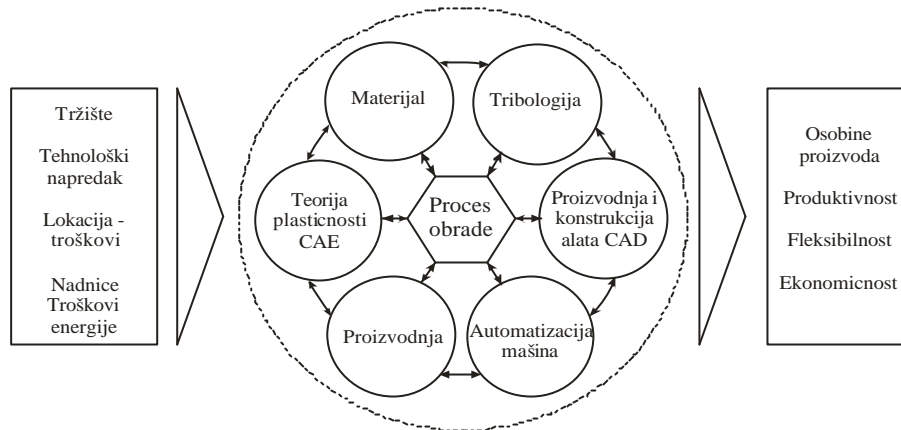
- strateškim pomeranjem od empirijskih ka naucnim saznanjima (korišćenje know-how visoko kvalifikovanih strucnjaka);
- specificnom aplikacijom CA tehnologija za konstrukciju delova, simulaciju, vodenje i upravljanje obradnog procesa;
- selekcijom materijala koji su razvijani za odredene aplikacije, sa optimalnim finalnim karakteristikama materijala;
- korišćenjem visoko –preciznih tehnologija izrade alata;
- korišćenjem naprednih mašina u TPO;
- razvojem kvalitetne poslovne politike preduzeca.



Slika 1. Elementi savremene tehnologije plasticnog oblikovanja [1]

Savremeni model sistema TPO karakteriše sinergijski efekt izmedu komponenata i elemenata sistema, prema sl.2 Centralni deo sistema, obrada u užem smislu (geometrija komada i alata i odgovarajuca kinematika) je povezana sa 6 modula, raspoređenih oko jezgra procesa: fundamentalni deo teorije plasticnosti ukljucuje analizu procesa i projektovanje (metod konacnih elemenata), tehnologiju materijala, tribologiju, tehnologiju alata, mašinu i automatizaciju procesa, okruženje u preduzecu. Svi moduli mogu biti medusobno povezani do određenog nivoa. Relacije izmedu njih i sa jezgrom procesa mogu biti posebno matematicki formulisane ili definisane modelima koji opisuju uticaje pojedinih modula. Ovako definisana struktura problema, za cije se rešavanje mora zalaziti u

vrlo različite detalje, često obeshrabruje korisnike da primene pomenuti integralni pristup: svi aspekti moraju biti tačno definisani i uključeni kroz "simultano inženjerstvo" u cilju realizacije efikasnog proizvodnog procesa.



Slika 2. Struktura modela sistema TPO[1]

Navedeni pristup podrazumeva integrisanost modula u ekonomskom okruženju kao dinamičkom sistemu. Ovakav sistem se permanentno kreće kao deo tehnološkog progresa, u skladu sa tržištem, uzimajući u obzir troškove energije, poboljšanje kvaliteta, produktivnost i fleksibilnost na putu ka naprednoj ekonomiji.

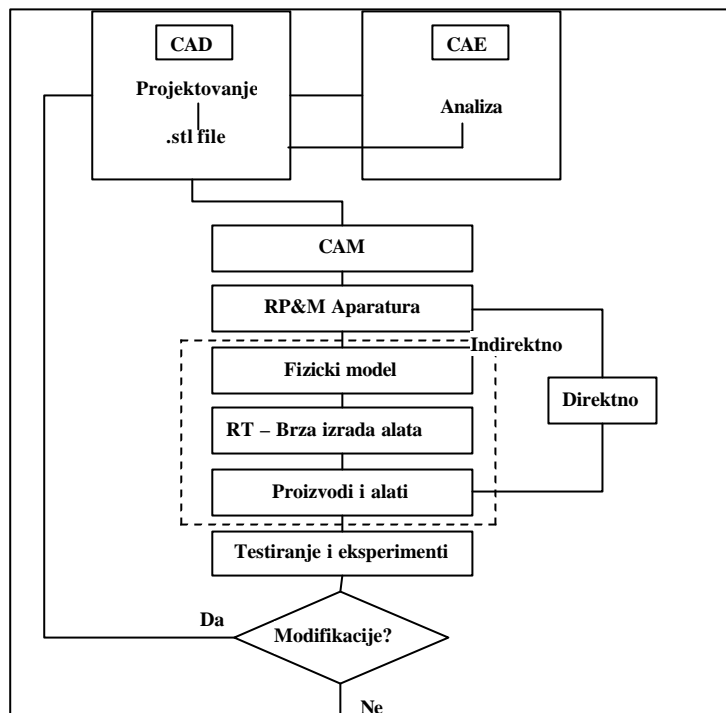
Bez pretenzija da se u ovakvim radovima mogu potpuno obuhvatiti u potpunosti svi aspekti vrlo dinamičnog razvoja tehnologija plastičnog oblikovanja metala, u navedenom pregledu značajno mesto zauzimaju i rezultati i doprinosi domaćih istraživača i stručnjaka u oblasti TPO. Takođe, zbog preglednosti, sadržaj u radu je podeljen u dve osnovne grupe postupaka, koji pripadaju zapreminskom oblikovanju i obradi lima, čime se i drugačiji pristupi ne isključuju.

2. ZAPREMINSKO OBLIKOVANJE

2.1. Savremeni postupci projektovanja procesa i alata za zapreminsko oblikovanje

Današnji zahtevi svetskog tržišta u pogledu cene i visokog kvaliteta proizvoda nameću potrebu smanjenja ciklusa razvoja proizvoda i optimizacije parametara procesa. Primena koncepta konkurentnog inženjeringa, koji podrazumeva upravo tehnološko spajanje CAD/CAM/CAE, kao VP&M (*Virtual Prototyping and Manufacturing*) metode, sa RP&M kao PP&M (*Rapid and Physical Prototyping and Manufacturing*) metodom, je neophodna u brzom razvoju novih proizvoda koji mogu odgovoriti zahtevima tržišta. Brza izrada prototipova novog proizvoda daje model na osnovu koga projektant može testirati funkcionalne zateve proizvoda i smišljenim izmenama poboljšati njegov kvalitet. RP&M uključuje i RT (*Rapid Tooling*) – brzu izradu alata za skoro sve vrste obrade metala deformisanjem (obrada lima, kovanje, istiskivanje, livenje, injekciono presovanje plastike ...). Na ovaj način se rezultati dobijeni CAD/CAM/CAE tehnologijom mogu verifikovati korišćenjem fizičkih modela proizvoda i alata [3].

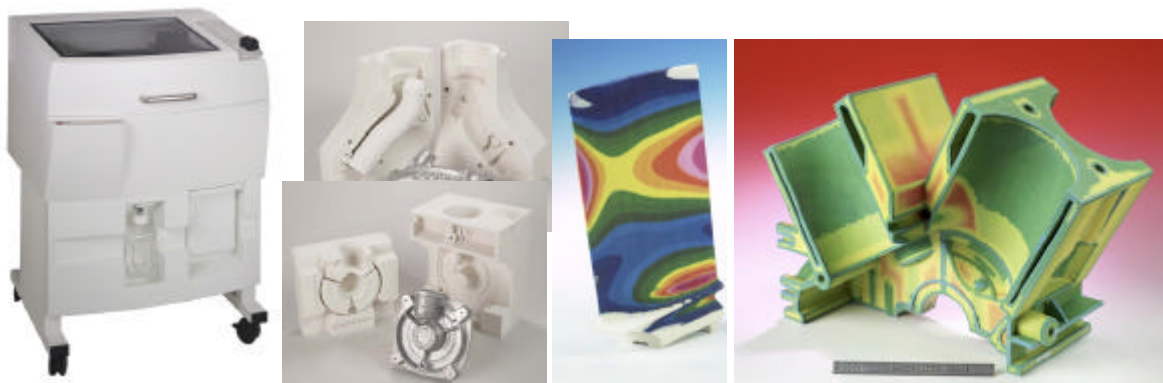
Integracija CAD/CAM/CAE i RP&M tehnologija prikazana je na slici 3. Procedura počinje generisanjem ulaznih podataka za CAM sistem na osnovu podataka i rezultata CAD/CAE sistema. Obično se prenos podataka iz CAM sistema u RP&M uređaje izvodi preko STL formata. Komercijalni softveri, kao što su CATIA, I-DEAS, Pro-Engineer, Solidworks i ost., imaju sopstvene module za generisanje fajlova u navedenim format, tako da je taj postupak potpuno automatizovan, i obično se izvodi bez ikakvih intervencija korisnika. Obično su i alati i proizvodi od metala, pa se i eksperimentalni alati i modeli proizvoda moraju napraviti od metala, da bi rezultati testiranja i eksperimenta bili verodostojni. U tom slučaju se RP modeli koriste direktno za pravljenje alata nekoj od CNC mašina, na primer CNC kopirnoj glodalici. U nekim slučajevima, kao što su procesi livenja, mogu se koristiti RT modeli indirektno. Takvi alati imaju jednokratnu upotrebu i koriste se za livenje samo jednog komada, jer se alat lomi da bi se oslobodio liveni deo. RT modele alata korisno je primeniti u fizičkom modeliranju procesa zapreminske obrade deformisanjem (kovanje, toplo istiskivanje ...) primenom mekih modelnih materijala, koji imaju slično ponašanje pri plastičnom deformisanju kao realni metalni materijali na povišenim temperaturama. Na takvim modelima može se testirati popunjavanje alata u pojedinim operacijama procesa, pratiti nastanak defekata u tecenju materijala itd. Na slici 4 prikazana je RP mašina Zprinter 310 i neki od modela dobijeni RP tehnologijom.



Slika 3: Procedura integracije CAD/CAM/CAE i RP&M tehnologija [4]

Poslednjih godina široko se primenjuje tehnika numeričke simulacije procesa obrade deformisanjem, u osnovi bazirana na metodi konacnih elemenata (FEM - *Finite Element Method*) i metodi konacnih zapremina (FVM - *Finite Volume Method*), u cilju kompletne analize procesa i optimizacije projektnih rešenja za samu tehnologiju izrade i konstrukciju alata. Novija naučna literatura u svetu potvrđuje da je skoro nezamislivo raditi razvoj proizvoda i procesa bez primene novih C tehnologija i numeričke simulacije. Sve se više govori o tzv. VIRTUELNOJ PROIZVODNJI (v.sl.5).

Cesto okarakterisana kao «Sledeća revolucija u globalnoj proizvodnji», virtualna proizvodnja podrazumeva nelinearnu FE ili FV analizu i simulaciju svih procesa u tehnologiji izrade nekog proizvoda. Simulacija tehnologije omogućuje kompanijama da optimiziraju ključne faktore koji direktno utiču na profitabilnost proizvoda, kao što su: obradivost, finalni oblik i tačnost, nivo zaostalih napona, pouzdanost u eksploataciji itd. Profitabilnost se povećava smanjenjem troškova proizvodnje, uštedom materijala, eliminisanjem otkaza, skraćivanjem vremena i troškova razvoja proizvoda i projektovanja alata kroz samnjenje pokušaja «trial-and-error» i ostalo.



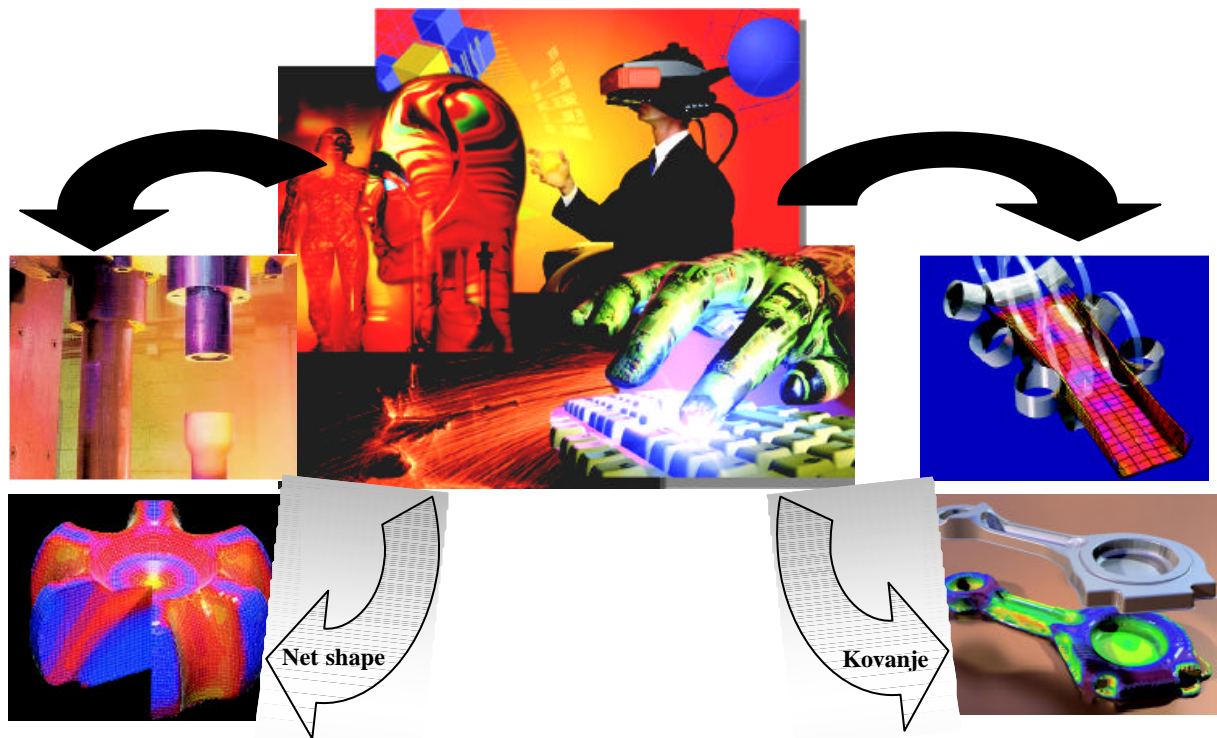
Slika 4: RP mašina Zprinter 310 i neki od modela proizvoda i alata dobijenih RP tehnologijom

Virtuelni modeli proizvoda i procesa su jako fleksibilni i omogućuju brze izmene parametara procesa, njegovu vizuelizaciju i dobijanje relevantnih informacija bez fizičke izrade alata, njihove montaže i probne proizvodnje. Testiranjem na virtuelnim modelima, kroz više projektnih iteracija, mogu se odrediti optimalni uslovi izvođenja procesa.

Iako su «numericki alati» (FEM i FVM softveri) veoma mocni oni ne mogu u potpunosti zameniti fizicke modele (*RP, scaled-down, model material...*), vec su komplementarni sa njima. Fizicki modeli dokazuju validnost kompjuterskih modela i pomažu u 3D vizuelizaciji. Veoma su korisni u identifikaciji ulaznih podataka za numericku simulaciju, kao i u verifikaciji i interpretaciji rezultata te simulacije.

U sledecem odeljku rada bice prezentirani primeri koji demonstriraju primenu numericke simulacije i modeliranja razlicitih procesa zapreminske obrade deformisanjem, koji su realizovani na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu, pri Laboratoriji za obradu deformisanjem.

VIRTUELNA PROIZVODNJA Sledeca revolucija u globalnoj proizvodnji



Slika 5: VIRTUELNA PROIZVODNJA – Izazov za buducnost

2.2. Primeri modeliranja i FEA simulacije procesa zapreminske obrade deformisanjem

Osnovna ideja metode fizickog modeliranja je zamena realnih metalnih materijala sa mekim modelnim materijalima koji imaju slicno ponašanje u toku plasticnog deformisanja, kao što su voskovi i modelne gline, od kojih je najpoznatija plastelin. Pregled i karakteristike modelnih materijala koji se koriste u fizickom modeliranju dat je u radu [5]. Modelni eksperimenti se, zahvaljujuci malom naponu tecenja ovih materijala, mogu izvoditi u laboratorijama na manjim alatima i uredajima, koji mogu biti izradeni od aluminijuma, drveta, pleksiglasa, plasticnih masa itd. Primenom višebojnih modela i alata sa transparentnom prednjom stranom, kao i moderne aparature za akviziciju podataka, može se ceo proces snimiti digitalnim aparatom ili kamerom i dobiti trajni zapis, cijom analizom se dobija mnoštvo informacija o samom procesu.

Za potrebe fizickog modeliranja procesa izraden je uredaj koji je povezan sa dodatnom opremom namenjenom akviziciji podataka i montiran je na hidraulicnu presu tipa *Ericksen* [6]. Uredaj u svom centralnom delu ima lako izmenljive radne elemente alata i omogućuje simulaciju razlicitih procesa zapreminske obrade. Modelirani su jednostavniji tipski procesi zapreminske obrade (istosmerno, suprotnosmerno i kombinovano osnosimetrično istiskivanje, ravansko istosmerno istiskivanje, osnosimetrično kovanje u otvorenim alatima). Kroz transparentnu prednju stranu uredaja ceo proces deformisanja je sniman digitalnim aparatom, u više faza. Na slici 6 prikazan je uredaj sa dodatnom opremom. Deformaciona sila je registrovana preko piezoelektricnog trokomponentnog dinamometra *Kistler*.



Slika 6: Uređaj za fizicko modeliranje sa lako-izmenljivim matricama i pritiskivacima, plastelinski pripremak

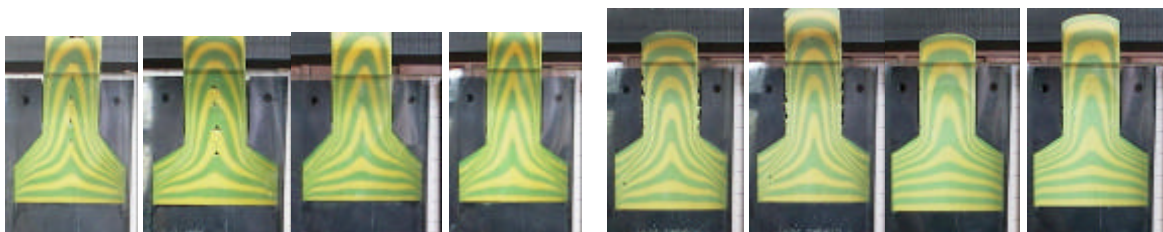
Paralelno sa fizickom modeliranjem procesa izvodi se i numericka simulacija istih procesa, pri istim uslovima, primenom softverskog paketa CAMPform 2D. Program je namenjen za simulaciju 2D procesa metodom konacnih elemenata u PC okruženju. On se sastoji iz modula za proračun, baziranog na termo-kruto-viskoplasticnom pristupu, i grafickog korisnickog interfejsa, koji u pre-procesiranju omogućuje veoma lak unos podatak o obradi a u post-procesiranju graficki prikaz rezultata simulacije. Posebna pogodnost programa je potpuno automatizovano generisanje mreže na pocetku simulacije procesa i kasnije, u toku simulacije, regenerisanje mreže, tzv. *remeshing*, bez ikakve intervencije korisnika. Izlazne informacije su, prema izboru korisnika, naponske i deformacione komponente, brzinske komponente, dijagram deformacione sile, distribucija temperature, elasticne deformacije i habanje alata itd.

Za neke FEA simulacije korišćen je program FORGE2 i FORGE3, u saradnji sa DIMEG, Univerzitet u Padovi.

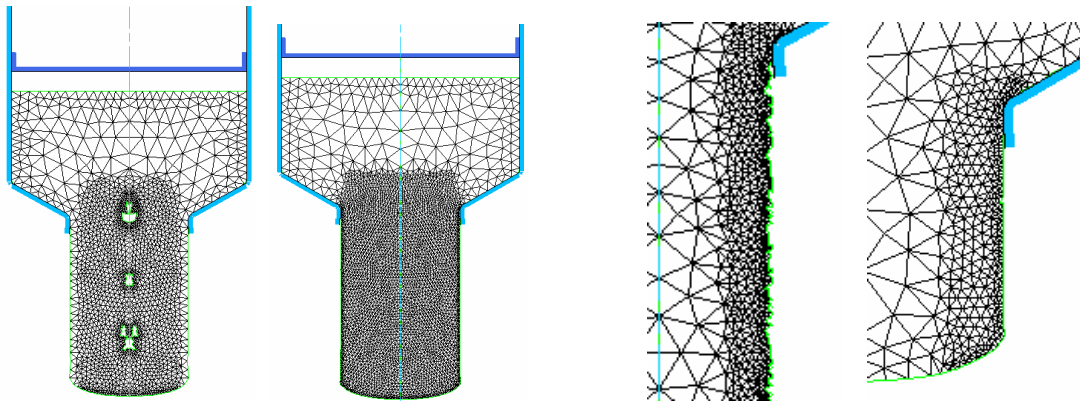
2.2.1. Istiskivanje

2.2.1.1. Eliminacija defekata u procesu istosmernog istiskivanja

U radu je modeliran proces istosmernog istiskivanja kroz konusnu matricu sa izlaznim centralnim uglom od 60° , 90° i 120° , pri podmazivanju talkom, i korišćenjem plastelinskih modela (žuti i zeleni plastelin) i modela od plastelinske mešavine ME10 [6]. Pri određenim kombinacijama uticajnih faktora procesa došlo je do pojave defekata tecenja. Na slici 7 prikazani su plastelinski modeli sa defektima centralnih naprslina i defektima spoljašnjih radijalnih naprslina. Defekti su eliminisani promenom uslova kontaktnog trenja, odnosno promenom maziva, na osnovu rezultata modeliranja i FORGE2 FE analize procesa. Program proverava vrednosti kriterijuma loma, i pri zadatim granicnim vrednostima, zapocinje deljenje konacnih elemenata, kao pocetak formiranja naprsline. Na slici 8 prikazani su numericki FORGE2 modeli, dobijeni pri istim uslovima izvođenja procesa kao u fizickom modeliranju. Analizirani defekti su karakteristicni i pri istiskivanju realnih metalnih materijala pri određenoj kombinaciji geometrijskih parametara alata i uslova podmazivanja, što je detaljnije objašnjeno u radu [7].



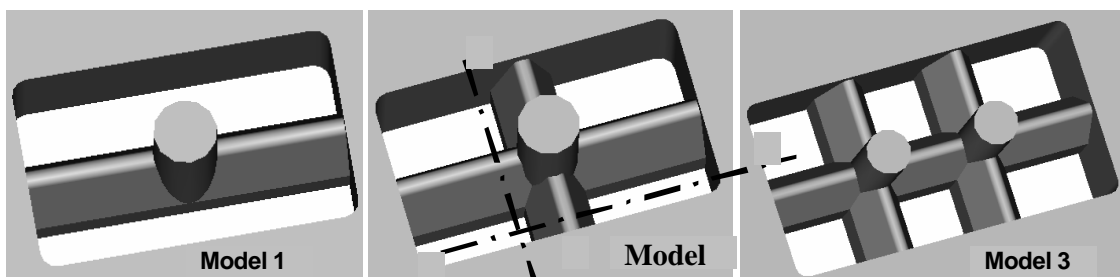
Slika 7: Plastelinski modeli sa i bez defekata centr. naprslina, modeli ME10 sa i bez defekata radij. naprslina



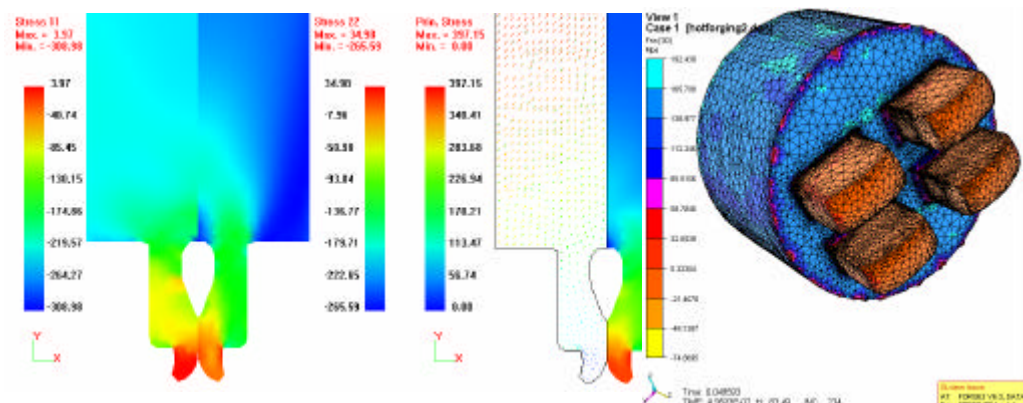
Slika 8: FORGE2 modeli sa i bez defekata centralnih i radialnih naprslina

2.2.1.2. Toplo istiskivanje šupljih Al profila kroz komornu matricu

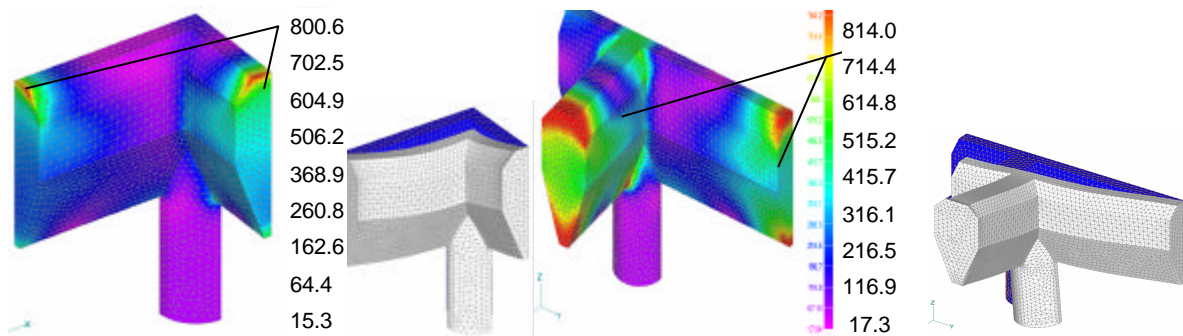
U cilju ispitivanja uticaja geometrije komorne matrice na defleksiju mosta alata uradena je 2D CAMPform i 3D FORGE simulacija procesa istiskivanja aluminijuma (Al6060). Analizirane su tri varijante komorne matrice, sa dva, cetiri i šest otvora (sl.9). Proces je analiziran u dva karakteristicka preseka, kao 2D FEA CAMPform simulacija, a takode i primenom FORGE3 softvera kao 3D simulacija. Dobijeni rezultati su dali zadovoljavajuce podudaranje 2D i 3D simulacije, tako da su određeni kontaktni naponi na mostu alata, sl.10. Primenom FE softvera PAK, razvijenog na Mašinskom fakultetu određena je defleksija alata u sva tri slucaja. Rezultati su prikazani na slici 11 [8]. Najnepovoljnija varijanta je komorna matrica sa 6 otvora, zbog pojave najvećih pomeranja u centralnom delu. Na ovaj nacin mogu se analizirati i ostali bitni uticajni faktori u procesu toplog toplog istiskivanja Al profila, kao što su: pritisci u zoni svarivanja, uticaj geometrije izlaznog profila matrice, uticaj debljine profila na naprezanja u alatu itd.



Slika 9: Modeli komornih matrica sa dva, cetiri i šest otvora



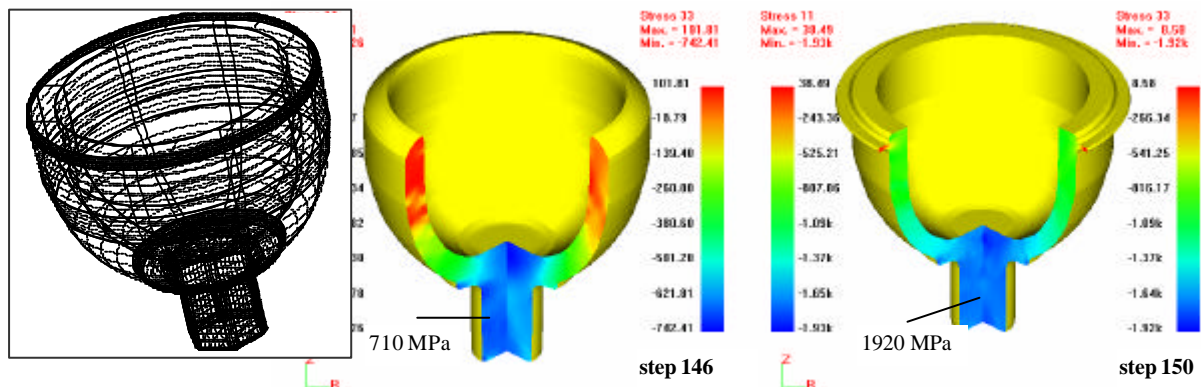
Slika 10: Rezultati CAMPform 2D simulacije u presecima A-A i B-B i rezultati FORGE3 simulacije



Slika 11: PAK FE analiza defleksije mosta komorne matrice u toplom istiskivanju Al profila

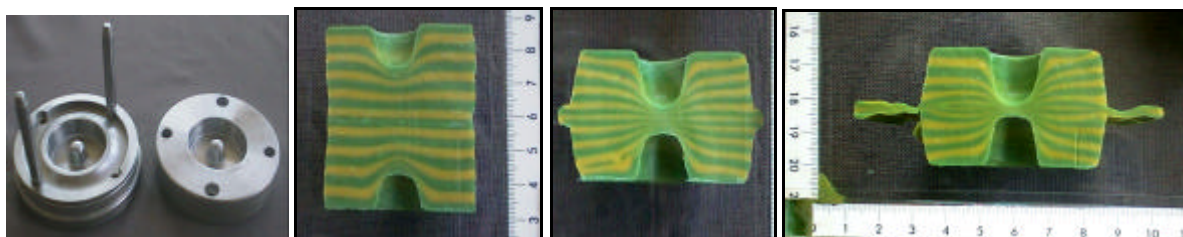
2.2.2. Toplo kovanje u otvorenim alatima

U fazi osvajanja novog proizvoda i projektovanja alata za kovanje otkovka prikazanog na slici 12, prvobitno projektno rešenje tehnologije izrade je predstavljalo kovanje u tri operacije: pripremno sabijanje, prethodno kovanje i završno kovanje sa vencem [6]. Alati su projektovani na bazi iskustva projekatanta, ali je u toku probne proizvodnje došlo do loma donjeg dela alata za prethodno kovanje. Numerickom CAMPform 2D simulacijom je trebalo utvrditi razloge takvog loma i pružiti informacije projektantima za moguće izmene projektog rešenja, da bi se sprecio lom alata i produžio njegov vek. Materijal otkovka je celik za rad na niskim temperaturama CRN460. Rezultati CAMPform simulacije su pokazali da je geometrija alata za prethodno kovanje takva da dovodi do nepravilnog tecenja materijala i stvaranja defekata, tj. mrtve zone materijala u donjem delu otkovka. Distribucije radijalnog i aksijalnog napona na slici 12 pokazuju da za svega nekoliko numerickih koraka (u praksi to je par milimetara hoda pritiskivaca), pri kraju operacije prethodnog kovanja, dolazi do naglog skoka radijalnog i aksijalnog pritiskujućeg napona u donjem delu otkovka, što dovodi do loma donjeg dela alata. Ovakvi rezultati su bili dovoljni pokazatelji da je potrebno izvršiti promene projektog rešenja alata i tehnologije.

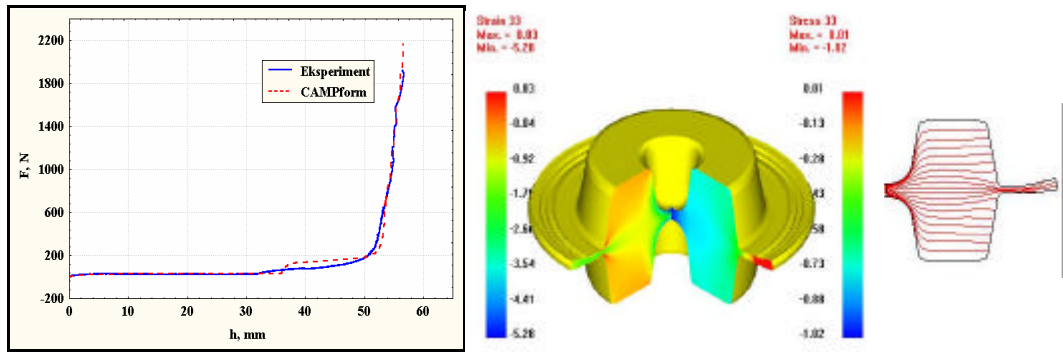


Slika 12: Geometrija otkovka, distribucije radijalnog i aksijalnog napona u operaciji prethodnog kovanja

Tehnikom fizickog modeliranja primenom plastelina kao modelnog materijala modeliran je proces kovanja u otvorenim alatima, u cilju procenja tecenja materijala u meridijalnoj ravni, provere popunjavanja alata i odredivanja deformacione sile u modelnom eksperimentu. Korišćeni su višeslojni cilindricni plastelinski modeli. Alati su prikazani na slici 13. Da bi se pratila istorija deformisanja pracene su tri faze procesa, nakon kojih je model rasecan duž meridijalne ravni i sniman. Kao mazivo korišćen je talk. Primenjeno je nekoliko »numerickih eksperimenata« do potpune podudarnosti slika tecenja (v.sl.12), na osnovu cega je izvedena precizna deformaciono-naponska FE CAMPform analiza. Takođe je dobijena odlicna FE procena deformacione sile, što se vidi na uporednom dijagramu sila, na slici 12 [6].



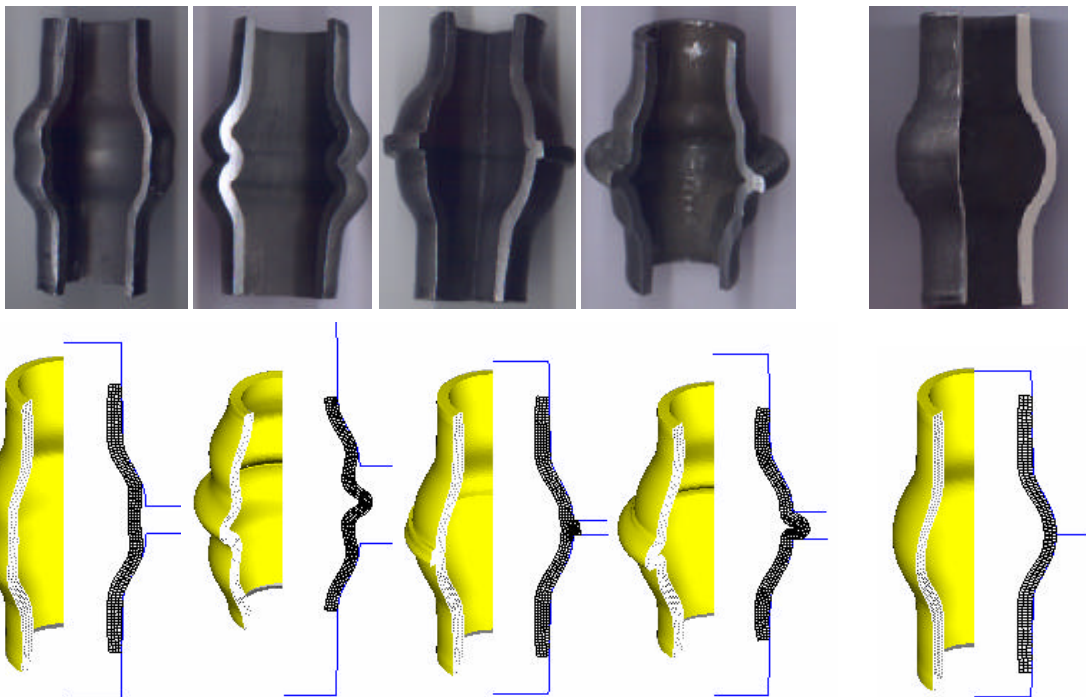
Slika 13: Alati za modeliranje procesa kovanja, plastelinski modeli u tri faze procesa



Slika 14: Usporedni dijagram eksperimentalne i FE deformacione sile, numericki modeli sa distribucijom napona

2.2.3. Oblikovanje cevnih obradaka iz celicnih šavnih cevi

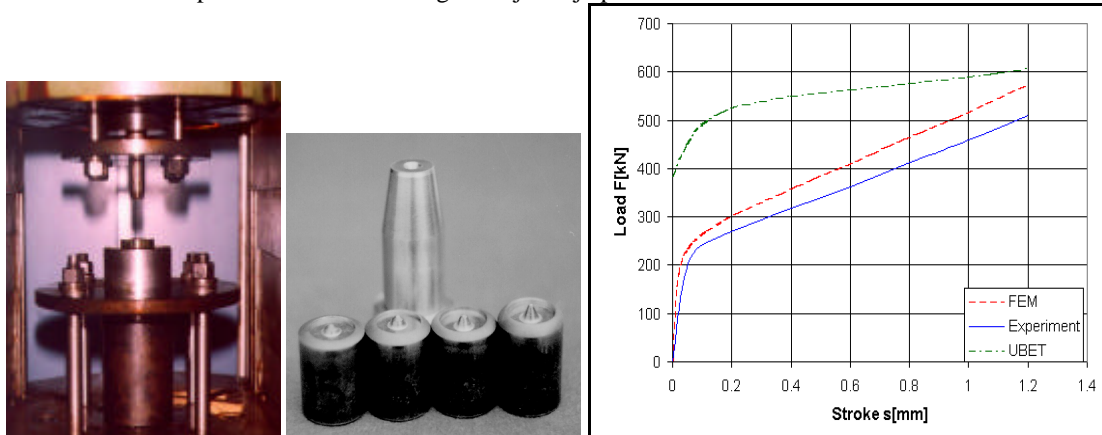
Oblikovanje celicnih šavnih cevi, uz kombinaciju istovremenog sužavanja krajeva cevi i proširivanja centralnog dela, u funkciji formiranja kalote, izvedeno je u dvodelnom alatu od tvrdog metala, koji je montiran na mehanicku presu [9]. Uobicajeno se za ovakve vrste obrade primenjuje hidro deformisanje, koje zahteva skupu opremu. Da bi se utvrdili uslovi koji obezbeduju potrebnu stabilnost procesa i dobijanje obradaka bez defekata, u kontinuiranoj proizvodnji bez otkaza, izvedena je citava serija eksperimenata. Varirani su geometrijski parametri priprema (D , s , H) i uslovi podmazivanja (mašinsko ulje, hemijska priprema). Paralelno sa eksperimentima izvedna je i numericka CAMPform simulacija. Rezultati simulacije su u potpunosti odslikavali realnu situaciju u testovima. Izvedeni eksperimenti, sa promenom geometrijskih velicina priprema i promenjenim uslovima podmazivawa pokazali su pojavu defekata i nestabilnost procesa pri primeni mašinskog ulja kao maziva. Pri primeni priprema sa hemijskom pripremom, samo jedna kombinacija geometrijskih parametara priprema je dala izradak bez defekata, sa potpunom dimenzionom tacnošcu (D_{02} , h_{02} , s_2). Ocgledno je da stabilnost, odnosno nestabilnost procesa, prati razlicita naponska šema u deformacionoj zoni obratka, kao i nivo ostvarene deformacione sile. Naime, male deformacione sile nisu dovoljne da se formira kugla izratka u potpunosti, dok kod vecih deformacionih sila trenutak proširivanja središnjeg dela cevnom priprema nastupa prerano, te deo mateijala izlazi van alata. Na slici 15 prikazani su oblici defekata nastalih u nestabilnim procesima deformisanja cevnih priprema sa odgovarajucim numerickim modelima procesa.



Slika 15: Cevni obradci sa defektima i numericki modeli (levo), cevni obradak bez defekata (desno)

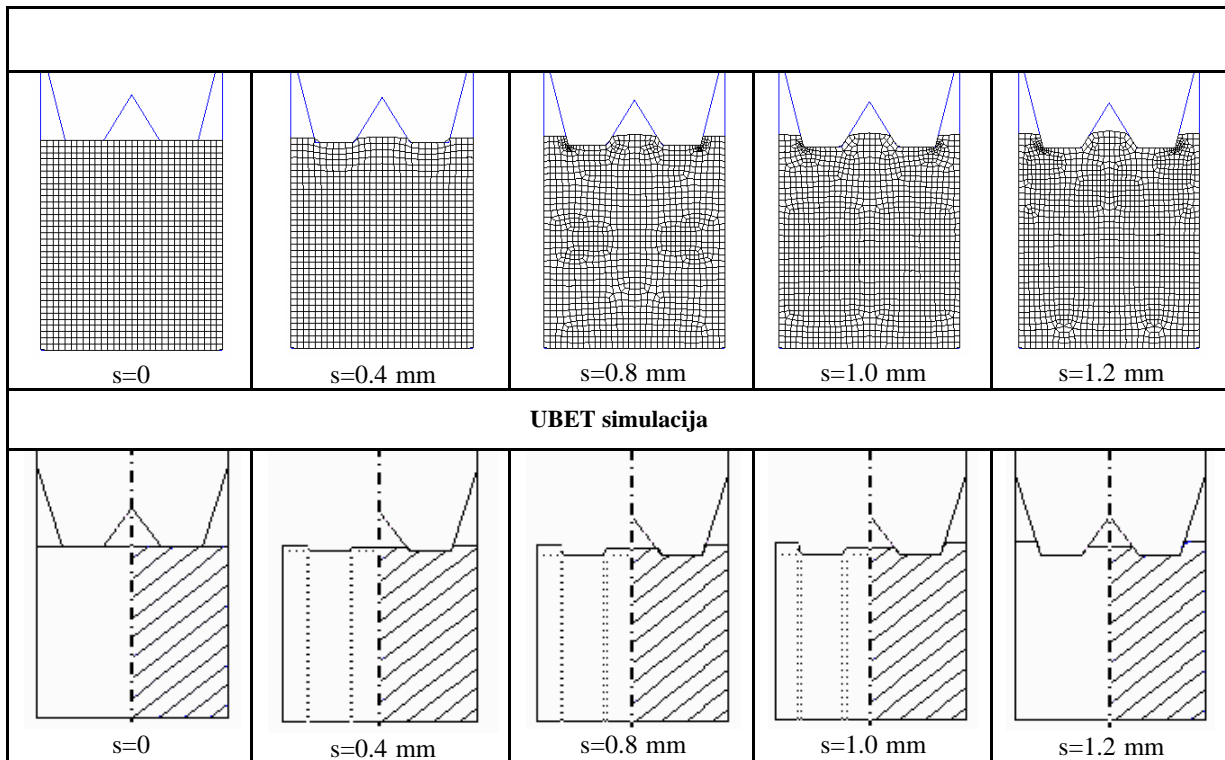
2.2.4. Hladno utiskivanje

Proces hladnog utiskivanja se veoma uspešno primenjuje u proizvodnji alata za kovanje ili livenje, gde se ojacani pritiskivac utiskuje u materijal praveci tacan otisak, odnosno gravuru. Proces je propracen pojavom velikih sila, posebno kod vecih kontaktnih površina. Na velicinu sile znacajno utice geometrija pritiskivaca, a na kraju i mogucnosti ostvarivanja željene dubine otiska. U cilju detaljne analize procesa izvedena su teorijsko-numericke-eksperimentalna istraživanja [10]. Primenjena je metoda gornje procene UBET, kao i FE CAMPform numericka analiza. Eksperimentalni alati su montirani na hidraulicnu presu Sack Kiselbach od 6400 kN, pri cemu je registrovana eksperimentalna sila. Na slici 14 prikazan je alata u presi, kao i obradci sa odgovarajucim pritiskivacem. Dijagram eksperimentalne deformacione sile prikazan je na slici 15. Numericke UBET i FEM procene sile su takode prikazane na slici. Ocigledna je bolja procena u FE analizi.



Slika 16: Alat montiran na presi, obradci u cetiri faze procesa **Slika 17:** Uporedni dijagram deformacione sile

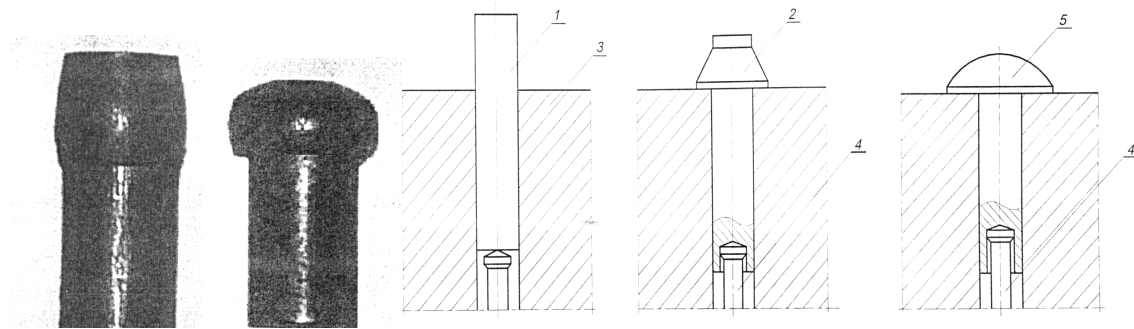
Rezultati FE i UBET analize plasticnog tecenja mterijala u meridijalnom preseku, u više faza procesa prikazani su na slici 18. Može se pratiti tecenje materijala i dubina otiska i ista uporediti sa obradcima u eksperimentalnim ispitivanjima. Dobijena je zadovoljavajuca podudarnost eksperimentalnih i numericke rezultata. Na ovakav nacin, korišćenjem virtualnih modela, mogu se uspešno istražiti i drugi procesi, bez velikog broja eksperimentalnih jedinica.



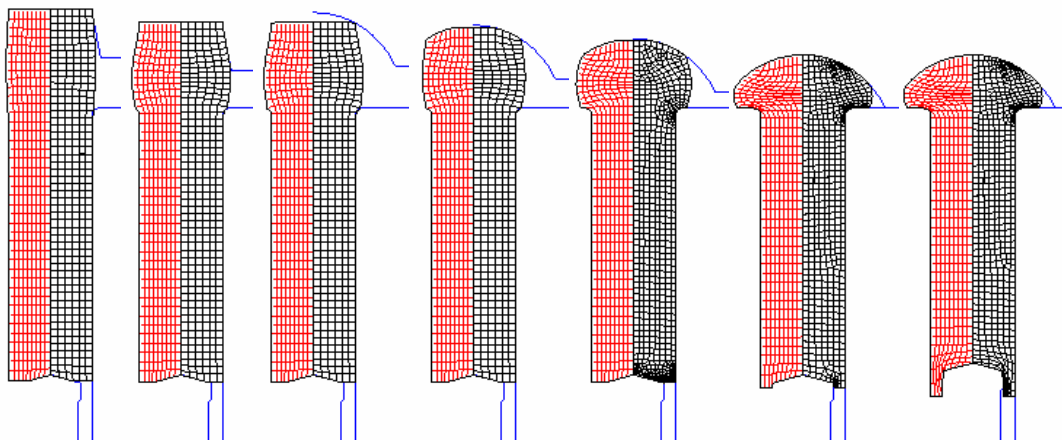
Slika 18: FE i UBET simulacija procesa hladnog utiskivanja

2.2.5. Hladno višefazno zapreminsko oblikovanje

Višefazno zapreminsko oblikovanje se primenjuje za izradu delova složenog oblika na višepozicionim presama - automatima. Delovi se izrađuju iz žice, koja je prethodno termički obradena i fosfatirana, tako da nije neophodno međuposredno žarenje. Ovakve procese karakteriše velika nestabilnost, s obzirom na istovremeno plastično tecenje materijala u posebnim zonama obratka. Zbog velikog broja uticajnih parametara i njihovog interaktivnog dejstva veoma je teško precizno definisati optimalne uslove izvođenja procesa. Kada u procesima zapreminskog oblikovanja postoji podeljeno tecenje materijala u pojedinim, odvojenim deformacionim zonama u obratku, moguće je korišćenjem uprošćenih modela izvršiti parcijalnu analizu takvih procesa. U radu je analiziran proces izrade zabušene zakovice od C0247, postupkom hladnog višefaznog zapreminskog oblikovanja (v.sl.17). U tu svrhu izvedena je numerička FEM simulacija procesa, pri čemu su dobijene raspodele deformacionih, naponskih i brzinskih polja u obratku, kao i dijagram deformeacione sile za dve operacije procesa. Uz pretpostavku da se plastično tecenje materijala odvija samo u pojedinim zonama obratka, izvedena je serija eksperimenata korišćenjem jednostavnih modela. Rezultati eksperimentalnih istraživanja u potpunosti su potvrdili rezultate numeričke simulacije [11]. Na slici 20 prikazani su numerički modeli procesa u više karakterističnih faza.



Slika 19: Obradak u prvoj i drugoj fazi formiranja glave, skice obradaka u fazama tehnološkog postupka

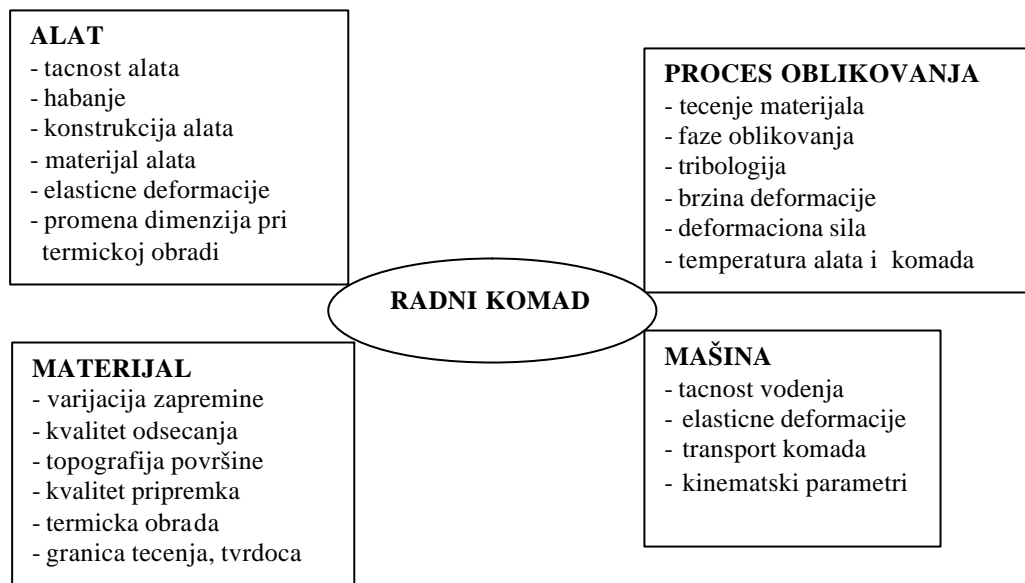


Slika. 20: Linije tecenja (flownet) i FE mreža u toku numeričke simulacije procesa oblikovanja zakovice

2.3. Plastično oblikovanje delova za ugradnju (izrada delova bez naknadne obrade) – Net Shape Forming

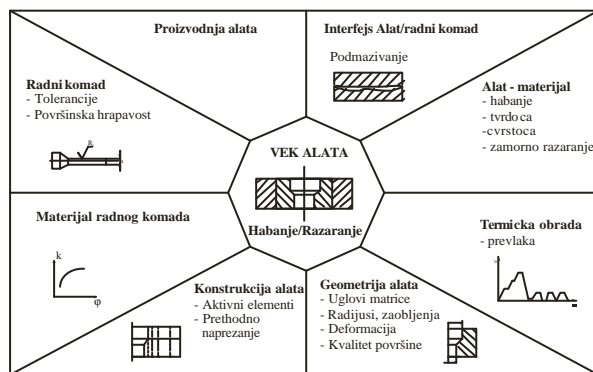
“Net Shape Forming” obuhvata grupu postupaka obrade metala plastičnim oblikovanjem kojima se dobijaju delovi spremni za ugradnju, bez potrebe za naknadnim obradama funkcionalnih površina. Npr. zubi zupčanika se dobijaju u završnoj formi, dok se bočne stranice mogu doradivati rezanjem. Na sl.21. su pokazani osnovni uticajni faktori na tačnost pri obradi postupcima NSF [12]. Postupci NSF ili NNSF se prvenstveno vezuju za postupke zapreminskog oblikovanja (hladno i polutoplo kovanje i istiskivanje), ali se često u ovu grupu svrstavaju i postupci preciznog livenja (pod pritiskom, Thixo oblikovanje) i sinterovanja. S obzirom na izuzetan značaj tačnosti alata [13], potrebno je strogo kontrolisati faktore koji utiču na proces habanja alata, prema sl.22[1]. Razvoj metoda NSF može se reći, predstavlja pravi tehnološki pokret u okviru tehnologija plastičnog oblikovanja metala, pri čemu je za uspešnu realizaciju NSF neophodna integracija znanja iz oblasti novih materijala i proizvodnih tehnologija. Npr. delovi od legura aluminijuma i titana, koji se oblikuju u oblasti superplastičnosti po zahtevima NSF postupcima izotermalnog kovanja, u suštini procesa imaju složene

metalurške promene u deformisanom materijalu (postizanja zadatih brzinsko-temperaturnih uslova tacno definisanih za pojedine vrste materijala).

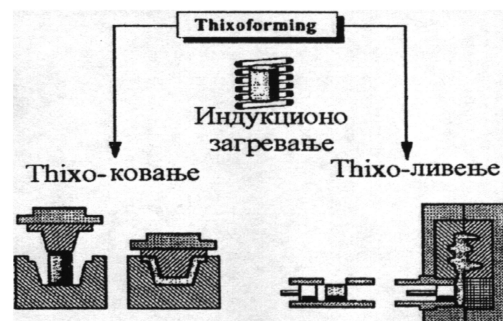


Slika 21: Uticajni parametri na tacnost pri NSF [12]

Veoma je znacajno pri realizaciji postupaka NSF, ostvarivati princip optimalne šeme naponskog stanja, odnosno koristiti maksimalni kapacitet deformabilnosti [14]. To su pritisne naponske šeme, tipicne za obradu kovanjem i istiskivanjem. Karakteristike tecenja materijala, predstavljene u obliku krivih ojacanja, za više razlicitih materijala, koji se primenjuju u TPO, navedene su u monografijama [14], [15].



Slika 22: Elementi uticajni na vek alata [1]



Slika 23: Osnovne sheme thixo-oblikovanja [17]

2.4. Oblikovanje u polu-tecnom stanju (THIXOFORMING)

Thixo deformisanje je oblikovanje metala unutar solidus/likvidus intervala. Prvi razvoj postupka datira iz perioda 1975-1980 godine (MIT-USA) sa ciljem da se postupci livenja i kovanja zamene ekonomijnim i boljim. Pripremni materijal spada u grupu specijalnih materijala, najčešće iz grupe modifikovanih legura AlMgSi1 i AlSi7Mg sa posebno pripremljenom-globularnom strukturom [16].

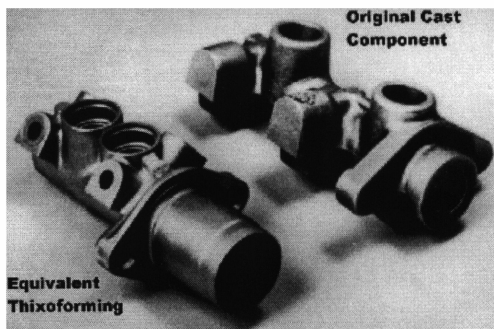
Uobicajeni naziv za ovaj postupak, koji predstavlja kombinaciju između livenja i istiskivanja, odnosno livenja pod pritiskom, je Thixoforming. Po principima Net-shape oblikovanja u oblasti kovanja aluminijumskih legura moguće je ostvariti poboljšanje kvaliteta, produktivnosti i ekonomičnosti. Kod livenja pod pritiskom, istopljeni materijal se ubacuje u kalup. Posle zatvaranja alata, uniformnim pritiskom se popunjava šupljina kalupa, te mikrostruktura zavisi od realizovanog upravljanja pritiskom i brzinom (vremena obrade). Kod thixoforming-a materijal se nalazi u testastom stanju, te se sa njime može manipulirati (vadenje iz peći i postavljanje u alat). Za vreme oblikovanja pod dejstvo smicajnih napona cvrste frakcije metala se prevode u tecne i kompletno oblikovanje se vrši pri relativno maloj sili. Vrlo je znacajno kontrolisati temperaturu na kojoj se vrši zagrevanje

materiala. Moguce je FEM analizom simulirati zagevanje komada, kako bi se našli optimalni parametri procesa pripreme na povišenoj temperaturi [18].

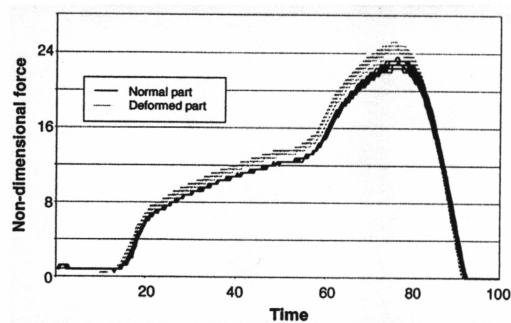
Osnovne prednosti thixoforming-a u odnosu na livenje pod pritiskom su [17]:

- energetski efikasniji proces koji se može automatizovati,
- troškovi proizvodnje su slicni ili niži;
- delovi nemaju poroznu strukturu;
- niža temperatura zagrevanja komada smanjuje termicka naprezanja alata i produžava njegov vek;
- vrlo fina mikrostruktura povećava cvrstocu delova;
- ušteda u težini zbog moguće optimizacije konstrukcije.

Na sl. 23. pokazane su osnovne sheme thixo-oblikovanja, a na sl.24. pokazani su delovi dobijeni klasicnim livenjem pod pritiskom i thixoforming-om, sa ociglednom demonstracijom near-net-shape kapaciteta thixoforming-a



Slika 24: Delovi dobijeni razlicitim tehnologijama [19]



Slika 25: Uporedenje etalon i stvarne promene kolekcije registrovanih signala pri kovanju[21]

2.5. Monitoring alata i procesa

Kako je napred navedeno, na tacnost delova koji se izraduju TPO, znacajan uticaj ima mašina za deformisanje. Krivajne mehanicke mašine su veoma osetljive prema sistematskim preopterećenjima, koja umanjuju vek trajanja osetljivih elemenata mašine [20] (ležajevi, glavno vratilo, prenosne poluge). "On-line" monitoring alata za oblikovanje deformisanjem (zapreminska obrada, oblikovanje limova) primenjuje se za prevenciju oštećenja alata i mašine, odnosno generalno za smanjenje troškova proizvodnje. Razvoj i implementacija monitoringa alata je izuzetno važna, posebno kod tzv. velikih alata, kao i alata za uzastopnu obradu, s obzirom da se time omogucava optimalno održavanje, adekvatna zamena oštećenog alata, produžetak veka trajanja alata, obezbedivanje visokog kvaliteta proizvoda i smanjenje dodanog vremena.

Najvažnije tri komponente monitoringa alata su: karakteristike materijala, obradni uslovi, model koji se koristi za predviđanje i monitoring stanja alata. Prvi element se odnosi na osobine materijala alata, maziva i materijala komada. Obradne uslove cine: brzina, pritisak, temperatura i ostali parametri koji variraju za vreme obrade. Teoretski model koji povezuje osobine materijala sa uslovima obrade i vekom alata, takode ukljucuje i istoriju deformisanja i kvalitet proizvoda. Pri tome se mogu koristiti neuronske mreže za integrisanje informacija dobijenih od senzora opterećenja i zvučne emisije.

U procesima zapreminskog oblikovanja, npr.kovanja, cesto se koriste setovi alata za uzastopnu obradu. Poznato je da su alati vrlo znacajan element obradnog preseca, i da bitno uticu na troškove proizvodnje (približno 5-30% ukupnih troškova). Kontinualna zamena alata i uobicajeno održavanje-regenaracija dramaticno umanjuje produktivnost i uvecava cenu po jedinici proizvoda. U ovom slucaju postoji više parametara koji uticu na oštećenje alata, odnosno razaranje, plasticnu deformaciju i habanje. Bilo koja degradacija alata dovodi do grešaka na površini komada i netacnih mera. Katastrofalno oštećenje alata i mašine dovodi do enormnog neplaniranog rasta troškova proizvodnje.

Za svaki radni hod se davacima registruje sila oblikovanja, a odgovarajucim akusticnim sensorima se registruje kolekcija zvučnih signala koji prate obradni proces. Dobijeni zapis u sistemu signal-vreme se upoređuje sa etalon zapisom, formiranim pri propisanom obradnom režimu (princip potpisa-signature procedure). Svaka nepravilnost koja se dešava u procesu, bilo da je u alatu, mašini ili dodatnim uredajima, detektuje se i u slucaju izlaska iz zadatih tolerantnih pojaseva, vrši se automatsko zaustavljanje mašine. Na sl.25. pokazan je primer uporedenja stvarne i etalon krive pri obradi kovanjem [21]. Na tržištu se poslednjih godina nalazi više tipova komercijalno izvedenih uredaji za monitoring procesa TPO, npr. [22].

3. OBRADA LIMOVA PLASTICNIM DEFORMISANJEM

3.1. Obradivost materijala za lake konstrukcije

U skladu sa konstantnim porastom ekoloških zahteva, kao i potrebama za visokim performansama, uvođenje lakih konstrukcija postaje ključ uspeha u sektoru transporta, ali i generalno u oblasti mašingradnje i građevinarstva. Od Prve energetske krize sedamdesetih godina prošlog veka, zahtevi za umanjenjem mase saobraćajnih sredstava (automobili, kamioni, vagoni, brodovi) se neprekidno zaoštravaju i postavljaju nove kriterijume s obzirom na ekonomičnost, pouzdanost, sigurnost i sl. Lake konstrukcije se mogu opisati kao sistemi koji integrišu tehnologije u oblasti projektovanja, nauke o materijalima i proizvodnju, u cilju redukovanja mase kompletne strukture ili pojedinih elemenata, uz istovremeni porast funkcionalnog kvaliteta.

Automobilska industrija je svakako, najdinamičnij segment u oblasti proizvodnje transportnih sredstava, sa vrlo brzom primenom najnovijih saznanja iz vrlo različitih oblasti tehnike (materijali, računari, komunikacije i sl.). Pri tome je razvoj novih tehnologija direktno u funkciji tzv. materijala za lake konstrukcije (npr. obrada aluminijuma i lasersko zavarivanje). U okviru ovog rada, posebna pažnja obratice se upravo obradivosti materijala za karoserije automobila, koja i determiniše odgovarajuću TPO.

Obradivost predstavlja sposobnost lima da bez razaranja podnese deformisanje uz istovremeno postizanje zadate geometrije u okviru propisanih tolerancija oblika i dimenzija za odgovarajući kvalitet površina i sl. Stepenn uticaja faktora obradivosti varira od slucaja do slucaja, tako da se ne može izvršiti opšta generalizacija, odnosno, preporučuje se analiza svakog konkretnog slucaja sa definisanjem prioritarnih faktora i odredivanjem stepena uticaja.

Odredivanje obradivosti karoserijskih limova je veoma kompleksan proces zbog postojanja složenih uslova obrade i velikog broja parametara obradivosti relevantnih za postupak. To komplikuje njihovo ispitivanje kao i interpretaciju dobijenih rezultata. Obradivost karoserijskih limova se može posmatrati kroz tri svojstva: otpornost prema razaranju, sposobnost zadržavanja oblika i sposobnost prilagodavanja obliku alata. Ova tri segmenta zajedno čine obradivost u širem smislu. Često se otpornost prema razaranju razmatra kao obradivost u najužem smislu.

Pri projektovanju tehnologije procesa obrade limova dubokim izvlačenjem, od suštinskog značaja je i poznavanje granicne deformabilnosti, koja se može definisati kao sposobnost za ostvarivanje maksimalnih deformacija u zadatim uslovima obrade (naponsko-deformaciona shema, brzina, temperatura, tribološki uslovi i sl.). Na taj način, granicna deformabilnost je jedan od ograničavajućih faktora pri definisanju obradivosti, koja uključuje i složene kriterijume za nastanak pojava nestabilnosti (nabori, lokalizacija-stanjenje, defleksija), razaranja i td., sl. 26 [23].



Slika 26: Osnovni kriterijumi dostizanja granicne deformabilnosti

Smanjenje potrošnje goriva i umanjenje emisije izduvnih gasova za sve svetske proizvođače automobila, predstavlja jedan od najvažnijih razvojnih zadataka. Integrišući najnovija dostignuća u oblasti nauke i tehnike, posebni rezultati u ovoj oblasti ostvareni su u konstrukciji motora i izradi lakih karoserija automobila. Razvoj i korišćenje novih materijala za automobilsku industriju, posebno karoserije automobila, usklađen je sa opštim društvenim zahtevima, štednjom ekonomskih resursa, očuvanjem energije i ekologijom, bezbednošću putnika i sl. U tom smislu, poslednjih godina sve više se koriste materijali za izradu karoserija umanjene težine, kao što su: limovi od celika povišene čvrstoće (CPC), Al-limovi, titan i njegove legure, sendvic limovi, kompoziti itd.

U savremenoj automobilskoj industriji u izradi karoserija, globalno su fokusirani sledeći ciljevi [24]:

- 1- uvođenje aluminijumskih limova,
- 2- porast korišćenja limova od celika povišene čvrstoće,
- 3- porast korišćenja limova sa prevlakama cinka,
- 4- smanjenje broja delova (otpresaka) po automobilu,

- 5- smanjenje broja alata po otpresku,
- 6- porast korišćenja "Tailor" limova,
- 7- potreba za proizvodnjom bez otpadaka (zero defect quality),
- 8- potreba za proizvodnjom spoljašnjih otpresaka sa površinom visokog kvaliteta, bez naknadne dorade,
- 9- smanjenje cene koštanja.

U ukupnoj masi automobila u proseku 32% odnosi se na karoseriju. Jasno je da smanjenje mase karoserije znacajno doprinosi umanjenu ukupne mase automobila. U principu, smanjenje mase karoserije može se ostvariti promenom koncepcije strukture karoserije i zamenom klasicnih materijala lakšim, pri cemu se izbor materijala karoserije vrši na osnovu više kriterijuma [25].

3.1.1. Deformaciona analiza i granicna deformabilnost

Kod izvlacenja delova složene geometrije (na pr. elementi karoserije automobila), postoje teškoce u formulis anju kriterijuma za optimalno iskorišćavanje svojstava plasticnosti materijala koji se oblikuje. Stepem deformacija kod takvih komada razlicit je u pojedinim tackama. U zavisnosti od spoljašnjih uticaja, lokacija zone nestabilnog deformisanja može se pomerati. Korišćenjem eksperimentalnih postupaka na bazi mernih mreža, ili numerickih metoda i simulacija, moguće je odrediti ostvareni stepen deformacije na jednom mestu, u široj zoni ili po citavoj površini komada. Dobijeni rezultati predstavljaju osnovu za tzv. lokalnu ili inegralnu deformacionu analizu. Uvid u ostvarenu raspodelu deformacija kompletnog dela, odnosno složenog proizvoda, omogućava znatno složenije analize.

Uporedivanjem vrednosti ostvarenih deformacija sa onima iz dijagrama granicne deformabilnosti (DGD), može se doneti zakljucak o stepenu kritičnosti izvucenog dela. Pri tome, s obzirom na statisticki karakter pojave nestabilnosti, kriva granicne defomabilnosti odražava određeni nivo verovatnoce razaranja. Za kontrolu procesa dubokog izvlacenja u praksi se koriste statisticke metode, koje omogućavaju ocenu stabilnosti i tehnoloških mogućnosti procesa, kao i efikasnost preduzetih mera. Identifikacijom i izdvajanjem kritičnih parametara obezbeduje se mogućnost za efikasnu analizu i uspešno upravljanje procesom obrade. Pri tome se široko koriste DGD, kao i sve kvalitetnije numericke kompjuterske simulacije.

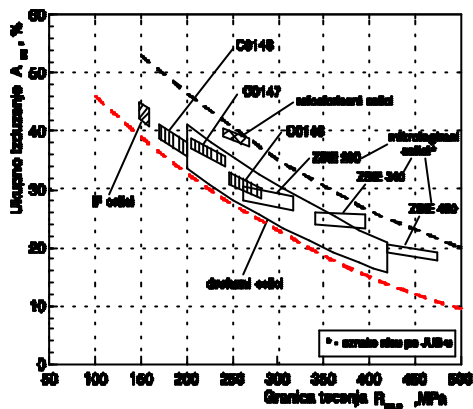
Razvojem racunarske i video tehnike stvoreni su uslovi za visokoautomatizovani rad u oblasti merenja i obrade podataka dobijenih uz pomoc mernih mreža. U tom smislu, komercijalizovani su sistemi koji ocitavaju dimenzije deformisanih elemenata merne mreže na izvucenim delovima i preko odgovarajuceg softvera, daju prikaze deformacionih polja, vrše unošenja u DGD, prate istoriju deformisanja i određuju rezervu plasticnosti (na pr. sistem ASAME firme CamSys) [26]. Usavršavanjem nacina nanošenja mernih mreža i korišćenjem opisanih sistema, postiže se brz i efikasan laboratorijski i rad u proizvodnim uslovima, sa nizom prednosti u odnosu na uobicajeni rad sa grafometrijskim metodama.

3.1.2. Obradivost limova od celika povecane cvrstoce

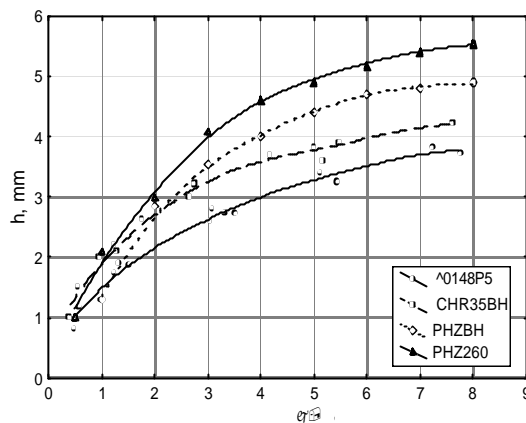
Osnovne vrste ovih celika su: konvencionalni mikrolegirani, refosforisani i dvofazni. U osnovnoj primeni dugi niz godina koriste se u brodogranji, vagonskoj i gradevinskoj industriji. Omogućavaju izgradnju konstrukcija povecane cvrstoce, uz smanjenje osnovne mase. Limovi od CPC, namenjeni izradi karoserija automobila, koriste se od sredine sedamdesetih godina prošlog veka, kada su ekološki zahtevi i ušteda energija postali dominantni u politici razvoja automobilske industrije. Ovakvi materijali omogućavaju izradu karoserija automobila povišene krutosti i manje težine, uz zadovoljavanje zahteva sigurnosti (staticka i dinamicka krutost, apsorpcija energije pri sudaru, oscilatorna udobnost i sl.). Limovi od CPC olakšavaju karoseriju i istovremeno apsorbuju više energije pri sudaru, pri cemu je kljuc uspešne primene selekcija vrste materijala i mesta primene na karoseriji (mogućnost upravljanja energijom sudara).

Na sl. 27. pokazani su razliciti materijali od celika, namenjeni izradi elemenata karoserije automobila [25]. Očigledno je da plasticniji materijali imaju nižu granicu tecenja i lakše se oblikuju (standardni materijal je C0148P5).

S obzirom na izražena svojstva cvrstoce, u odnosu na standardne celike, pri oblikovanju limova od CPC, dominantna su svojstva defleksije, odnosno sposobnost zadržavanja oblika i prilagodljivosti obliku alata. Stepem defleksije se može izraziti na razlicite nacine; preko visine nabora, odnosno zadatih i ostvarenih mera i uglova na otpresku, promene specificnih geometrijskih parametara sa hodom izvlakaca i sl. Na sl.28. pokazani su eksperimentalni rezultati ispitivanja pri ispitivanju defleksije, prema tzv. Yoshida-testu. Ispitivani su domaci i uvozni materijali, u okviru širih istraživanja mogućnosti primene limova od CPC (PH-refosforisani lim, BH-lim sa Bake-hardening efektom, proizvođač SARTID A.D.; CHR- proizvođač KAWASAKI Co.).



Slika 27: Materijali za karoserije automobila



Slika 28: Pokazatelj defleksije limova od CPC

Generalno posmatrano, pri korišćenju limova od CPC, mogu se razlikovati dva slučaja: mogućnost primene LPC u okviru postojeće tehnologije i projektovanje nove tehnologije, koja u osnovi pretpostavlja specifičnu obradivost ovakvih materijala. U suštini, defleksija se može umanjiti ostvarivanjem dodatnog zatezanja u kritičnim zonama, izmenom pravca tecenja metala, optimizacijom oblika i velicine razvijenog stanja, primenom zateznih rebara, izmenom geometrije izvlakaca i šeme podmazivanja i sl. [27].

3.1.3. Obradivost limova od Al-legura

Korišćenje Al-legura omogućava smanjenje težine uz zadovoljavanje zahteva za krutošću karoserije, čime se smanjuje potrošnja goriva i otvara prostor za dodatnu ugradnju elemenata aktivne bezbednosti. Međutim, zbog umanjene obradivosti u odnosu na niskougljenične celicne limove, zamena i uvođenje Al-legura zahteva i niz tehnoloških usklađivanja u postojećem proizvodnom procesu, odnosno realizaciju potpuno novih elemenata obradnog sistema [28].

Primena aluminijuma za izradu pojedinih delova karoserije automobila započela je korišćenjem legura Al-Mg-Zn osamdesetih godina (poklopac motora, vrata, blatobrani i sl. - delovi koji se indirektno vezuju za karoseriju). U početku korišćenja Al-legura u ove svrhe, vršena je prosta zamena celicnih limova sa aluminijumskim, pri istim debljinama. Na ovaj način, ostvareno je smanjenje težine za 66%, ali uz smanjenu krutost i određene funkcionalne slabosti. Lokalna ojačanja mogu da reše neke od ovih problema, ali koncepcija u osnovi odgovara onoj pri korišćenju celicnih limova. Rešenje predstavlja nova koncepcija, gde je citava karoserija urađena od aluminijuma. Kod nje se koriste limovi od Al-legura i delovi od Al dobijeni istiskivanjem i livenjem. Ispitivanja su pokazala da se zamenom lokalnog ojačanja profilom kvadratnog preseka od celika istim od Al, ostvaruje umanjjenje mase za 50%, uz nepromenjenu funkcionalnost [29].

Na svetskom tržištu već postoje automobili čija je celokupna karoserija izrađena od Al-legura (Audi A8, Audi A2, Mazda AZZ550, Porsche EXP). Prognoze za period 1998.-2008. [25], u Evropi predviđaju porast procenta učešća Al-legura sa 6 na 12%, odnosno sa 70 na 120 kg ukupno ili sa 5 na 30 kg po karoseriji. Za Japan prognoze su drugacije i predviđaju učešće Al-legura do 15% kod automobila srednje i niže klase, i do 25% kod automobila visokih performansi.

Za delove karoserije uglavnom se koriste tri grupe Al-legura: Al-Cu (serija 2000), Al-Mg (serija 5000) i Al-Mg-Si (serija 6000). Mala težina, otpornost na koroziju i mogućnost reciklaže su najvažnije osobine koje Al-legure čine pogodnim za korišćenje u automobilskoj industriji. Jedna od specifičnosti Al-legura je u tome, da se mogu dobiti u velikom broju stanja, s obzirom na ostvareni stepen deformacije ili termičku obradu u toku valjanja.

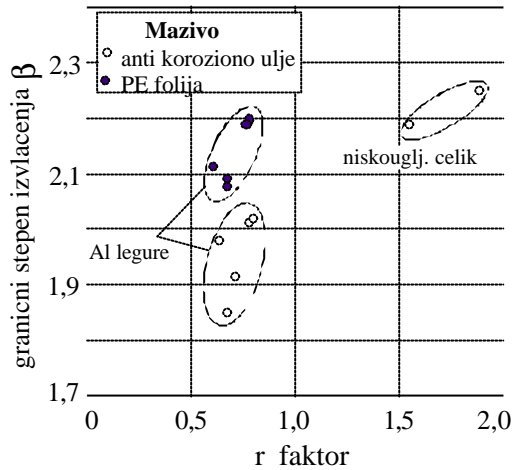
Osnovne karakteristike Al-legura su [30]:

- granica tecenja i zatezna čvrstoca su niži u odnosu na celik,
- modul elasticnosti ima tri puta manju vrednost u odnosu na celik,
- izduženje, narocito lokalno, je malo,
- koeficijent normalne anizotropije je mali (ispod 1),
- relativno mala tvrdoca sa površinom koja se lako oštećuje.

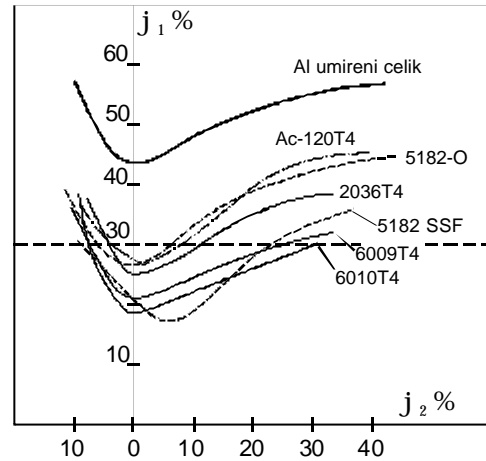
Kod nekih Al-legura dolazi pri deformisanju do pojave Liders-ovih linija, tzv. tipa A i B, koje bitno uticu na kvalitet površine oblikovanih delova, odnosno estetski izgled spoljašnjih elemenata karoserije. Ovakvi materijali se mogu koristiti isključivo za izradu unutrašnjih delova karoserije. S obzirom na mali modul elasticnosti, poseban problem predstavlja zadržavanje oblika pri dubokom izvlačenju, te je neophodno precizno odrediti uglove povratnosti.

Očigledno je da Al-legure imaju umanjenu obradivost u odnosu na celik, sl.29. i sl. 30. [30]. Pri izučavanju obradivosti ovih materijala u potpunosti se može koristiti metodologija razvijena za slučaj korišćenja celicnih

limovaa (mehanicke karakteristike, testovi čistog dubokog izvlačenja, razvlačenja, dijagrami granicne deformabilnosti, testovi defleksije i sl.). Tribološki uslovi imaju izuzetan znacaj pri obradi Al-legura dubokim izvlačenjem, pre svega zbog male tvrdoće i intenzivnog vezivanja Al za celik. Za definisanje optimalnih kontaktnih uslova, posebno vrste i zone nanošenja maziva, koriste se poznati tribo-testovi: klizanje trake od lima između ravnih kontaktnih površina, preko zateznog rebra, kao i složeniji modeli (duboko izvlačenje, r azvlačenje).



Slika 29: Pokazatelji obradivosti Al- legura



Slika 30: Dijagrami granicne deformabilnosti

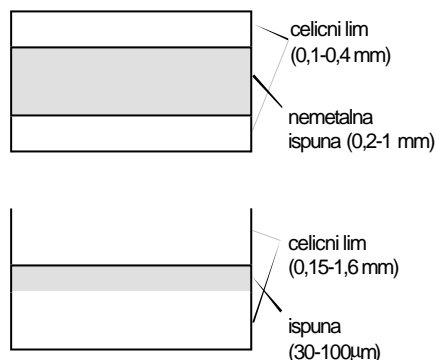
3.1.4. Obradivost celicno-plasticnih laminatnih limova

Celicno-plasticni laminatni limovi predstavljaju kompozitne materijale novije generacije sa vrlo specificnim karakteristikama obradivosti. U zavisnosti od debljine plasticne ispune, mogu se podeliti u dve osnovne grupe - one za smanjenje težine (laki sendvici) i one za prigušenje vibracija, sl.31. [28].

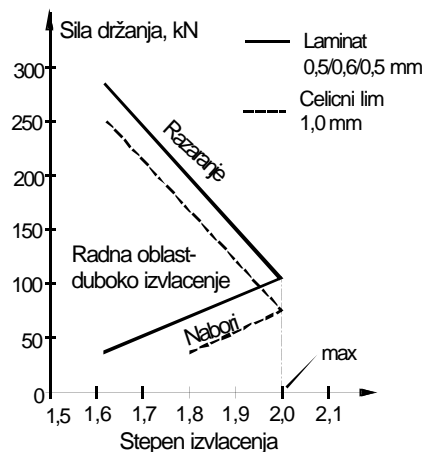
Laki senvic-limovi imaju deblji sloj ispune od limova za prigušenje vibracija, i mogu doprineti smanjenju težine konstrukcije do 30%. Između limova se nalazi termo-elastična ispuna, sa dobrim karakteristikama prigušenja. Ispuna sadrži metalne ili grafitne uključke, kojima se poboljšava zavarljivost. U eksploataciji, pri relativnom mikropomeranju jednog u odnosu na drugi lim, dolazi do visko-elastičnog deformisanja unutar ispune i do redukcije vibracione energije u sistemu koji se prigušuje. Za ispunu se najčešće koristi polipropilen, najlon ili polietilen.

Osnovne mehanicke karakteristike, kao i parametri obradivosti, odgovaraju karakteristikama elemenata kompozita. Pri dubokom izvlačenju se narušavaju standardni uslovi na obodu, u zoni držaca, te je znatno povećana sklonost ka stvaranju nabora. Ovo dovodi do smanjenja obradivosti i nižeg granicnog stepena izvlačenja. Takođe, uvećana je sklonost ka defleksiji, koja zavisi od adhezivne veze ispune i osnovnog materijala. Netacnosti pri oblikovanju se mogu smanjiti pravilnim izborom vrsta i debljina osnovnih materijala i ispune. Prema sl.32. pri istim odnosima izvlačenja, neophodno je uvećati silu na držacu. Krive granicne deformabilnosti za sendvic -materijale se nalaze u području koje važi za celicne limove. Bolja svojstva se odnose na oblast dvostranog zatezanja, a lošija u oblasti negativne druge glavne deformacije [31].

Mnogi delovi karoserija automobila se mogu raditi od laminata, u uslovima koji važe za standardni celicni lim. Pojava defleksije, glavni ograničavajući faktor pri oblikovanju, nije suštinski značajna kod unutrašnjih delova karoserije, ili. npr. kod kartera motora. Kod spoljašnjih delova, poseban problem u vezi defleksije, može nastati pri pečenju boje i pojavi temperaturnih deformacija.



Slika 31: Struktura laminatnih limova



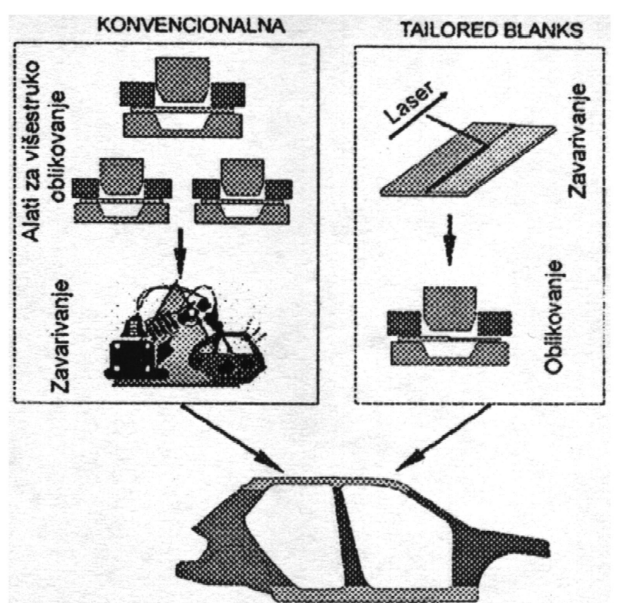
Slika 32: Radno područje pri dubokom izvlačenju

3.1.5. Obradivost prethodno iskrojenih (Tailor) limova

Razvojem kompjuterske tehnologije i pratećih nekonvencionalnih postupaka obrade, kao što je lasersko zavarivanje, oblikovanje uz pomoć tehnosti-hidroforminga, dobijanje površina materijala valjanjem sa programiranom hrapavošću i sl., stvaraju se uslovi za suštinsku promenu tehnoloških koncepcija u oblasti dubokog izvlačenja. Klasičan pristup u izradi karoserija-tackastim zavarivanjem većeg broja otpresaka zamjenjuje se izvlačenjem iz jedinstvenog razvijenog stanja, koje cine elementi od različitih materijala, različite debljine i mehanickih karakteristika spojeni laserskim zavarivanjem (tzv. TAILOR limovi). Na ovaj način se smanjuje broj alata za obradu prosecanjem i dubokim izvlačenjem, ali znatno komplikuje jedinstveni alat. Takođe, uslozavaju se pokazatelji obradivosti iz sledećih razloga:

- menjaju se svojstva u okolini vara, s obzirom da je njegova tvrdoća i do tri puta veća u odnosu na osnovni materijal;
- pri obradi lima različitih debljina, tribološki uslovi u zoni držaca su od posebnog značaja;
- položaj zone vara mora biti pravilno odabran, s obzirom na glavne pravce tečenja metala i sl.

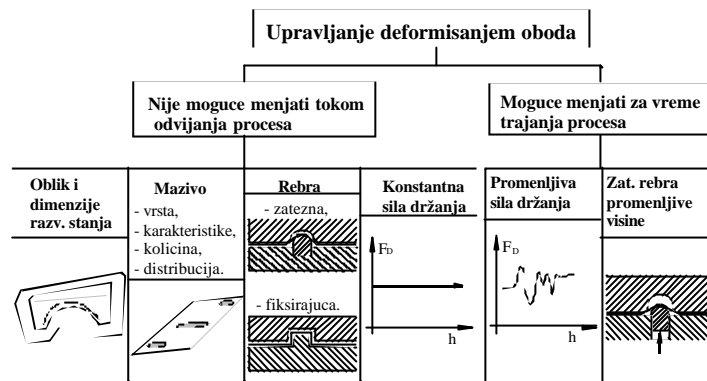
Zbog izuzetnih zahteva prema obradnom sistemu, ovi materijali se redovno obrađuju na mašinama kod kojih se može programski upravljati silom držanja. Na sl. 33. dato je upoređenje klasične tehnologije (izvlačenje više delova u različitim alatima) i napredne tehnologije sa Tailor-limovima (izvlačenje u jednom alatima) [32].



Slika 33: Upoređenje klasične i napredne tehnologije

3.2. Novi pristupi u oblasti upravljanja procesom dubokog izvlacenja

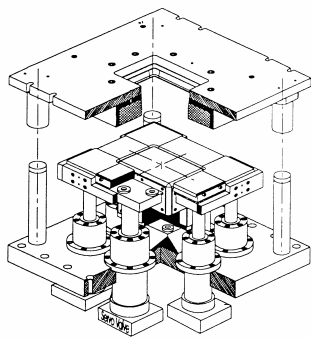
Duboko izvlacenje je najvažnija tehnologija u okviru plasticnog oblikovanja lima. Njen razvoj ide u pravcu potpunije kontrole procesa, odnosno upravljanja najvažnijim parametrima, sve u cilju smanjenja procenta delova sa defektima i poboljšanja kvaliteta. Važno mesto u ovom trenutku razvoja sistema upravljanja zauzima plasticno deformisanje oboda, pre svega zbog mogucnosti spoljašnjeg uticaja na proces. Sl. 34. [33] ilustrativno prikazuje na koje je ciniocce i parametre procesa moguće uticati tokom samog njegovog odvijanja, što cini osnovu upravljanja. Jasno se zapaža da vrlo bitnu ulogu ima sila držanja koju je moguće na razne nacine varirati tokom procesa. To prouzrokuje promenu triboloških uslova na obodu, a time i znacajan uticaj na proces i njegove rezultate. Artikulacija ovih uticaja je centralni zadatak razvoja u ovoj oblasti.



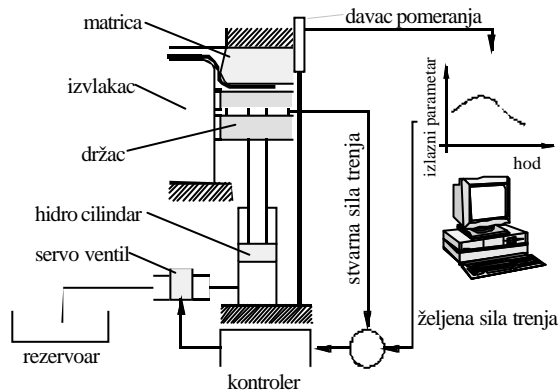
Slika 34: Nacini za upravljanje oblikovanjem oboda

Jedan od nacina korišćenja sile držanja kao upravljajuće velicine je tzv „multi point” sistem. Na više „tacaka” raspoređenih po površini držaca deluje se silom odgovarajućih hidro cilindara. Svaki od njih može imati drugaciju zavisnost sile držanja od hoda izvlakaca tokom procesa. Takode, moguće je sinhronizovano uskladivati grupe pojedinih cilindara.

Više mogućnosti pruža segmentno izvođenje držaca (sl. 35, [33]). Segmenti se formiraju prema osobenostima pojedinih zona oboda (narocito kod delova prizmaticnog i složenog oblika). Svaki segment ima sopstveno, nezavisno upravljanje.

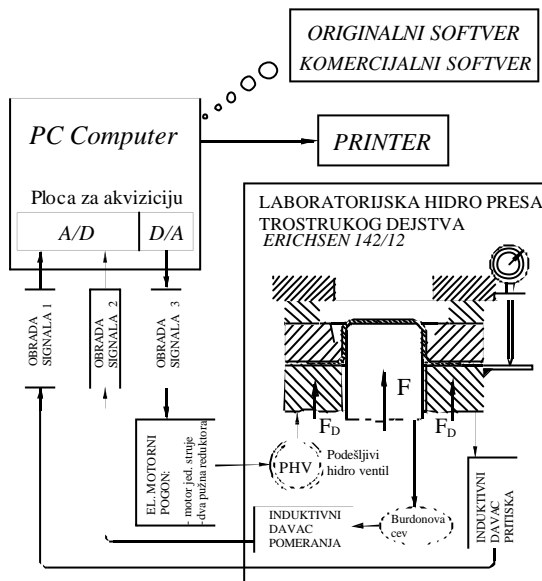


Slika 35: Segmentno izvođenje držaca

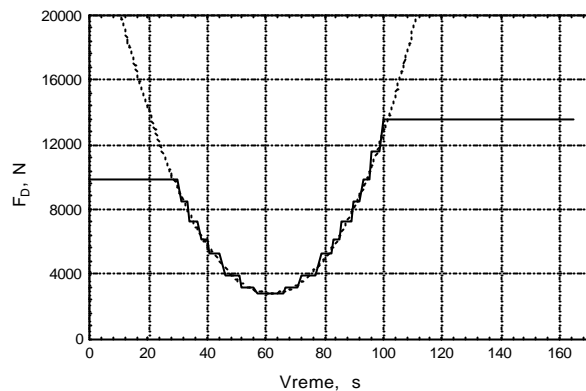


Slika 36: Shema upravljackog uređaja

U okviru razmatranja različitih sistema upravljanja važno mesto zauzima realizacija tzv. „closed loop” sistema. Rec je o pokušaju da se iskoristi sila držanja kao upravljajuća velicina koja utice na odabranu upravljajuću velicinu (recimo sila trenja na obodu, visina nabora itd.). Željeni zakon promene upravljane velicine se prethodno zadaje. Sistem automatizovano povratnom spregom reaguje na svako odstupanje od zadatog zakona (sl. 36. [33]). Konacni cilj bi bio realizovanje takvog upravljackog sistema koji bi autonomno bio u stanju da reaguje na sve promene tokom procesa i privede ga uspešno kraju. Iako su postignuti pozitivni rezultati ipak je potrebno prethodno (empirijski, na osnovu simulacije, eksperimenta itd.) definisati potrebne zakonitosti promene upravljanih velicina. Daleko je jednostavnije ostvariti tzv. „open loop” sisteme gde se prethodno definiše zakonitost upravljajuće velicine.



Slika 37: Shema eksperimentalnog sistema za upravljanje silom držanja



Slika 38: Primer optimirane zavisnosti sile držanja

Na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu razvijen je kompjuterski merno-upravljacki laboratorijski sistem za izucavanje uticaja promenljive sile držanja (sl. 37 [33]). Njegova glavna osobina je mogucnost zadavanja proizvoljne zavisnosti sile držanja od hoda tokom procesa („open loop”) i ostvarivanje regulacije sile izvlacenja (upravljana velicina) promenom sile držanja (upravljajuca velicina) cime se dobija varijanta „closed loop” sistema. Kontinualno se meri sila držanja i sila izvlacenja odgovarajucim davacima uz mogucnost mehanickog identifikovanja nabora na obodu. Opsežno istraživanje [33] je pokazalo znacajne efekte optimiziranih zavisnosti promenljive sile držanja, sl. 38, cak i na malim geometrijama cilindricnog i prizmaticnog kvadratnog komada od niskougljenicnog (sa i bez prevlaka na površini) i aluminijumskog lima.

3.3. Kompjuterska simulacija procesa plasticnog oblikovanja limova

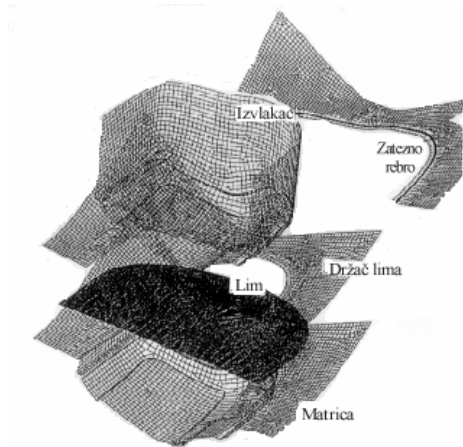
Osnovna ideja u ovoj oblasti je da se primenom matematicke teorije plasticnosti, numerickih metoda (najčešće MKE) i snažnih kompjutera dobije virtuelni prikaz (simulacija) citavog procesa oblikovanja. To pruža mogucnost korekcija, t.j. optimizacije, pre realizacije realnog procesa. Takođe, moguće je smanjiti, a ponekad i izbesci skupe eksperimentalne probe.

Tokom zadnje decenije usavršeno je nekoliko velikih programskih paketa za simulaciju plasticnog oblikovanja lima, od kojih treba pomenuti: PAM STAMP, LS-DYNA3D, OPTRIS, AUTO FORM i MTLFRM. Hardversko okruženje pružaju razlicite platforme (Unix i Linux radne stanice i Windows PC). Proces realizacije simulacije ide po sledecem redosledu [34]:

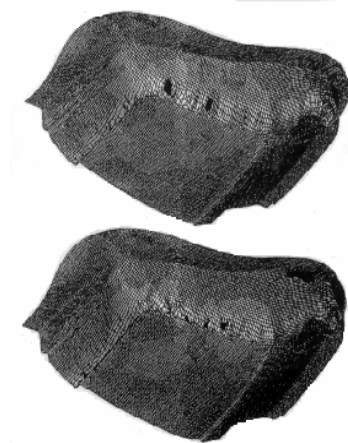
- 1) definisanje geometrije alata (izvlakac, matrica, držac) i razvijenog stanja (sl. 39 [35]),
- 2) definisanje mreže konacnih elemenata (sl. 40 [35]),
- 3) unos karakteristika materijala (kriva tecenja, r i n faktor, kriva granicne deformabilnosti, uticaj anizotropije u ravni lima, modul elasticnosti, Poisson-ov koeficijent itd.),
- 4) određivanje kinematike procesa i granicnih uslova na kontaktnim površinama,
- 5) definisanje tehnološkog postupka (broj i redosled operacija),
- 6) postprocesiranje rezultata (vizuelni prikaz geometrije, sl. 40, distribucije napona i deformacija, sl. 41 [36], parametara procesa, površinskih defekata, sl. 42 [35] itd.).

Najosetljivije i kritično mesto kod bilo kog softverskog paketa za simulaciju je mogucnost predikcije pojedinih defekata (nabori, stanjenje i lom, površinski defekti, devijacije oblika posle povlacenja elasticnih deformacija). Nijedan od aktuelnih softverskih paketa, i pored manje ili više, spektakularnih rezultata ne može u potpunosti da predvidi sve pomenute defekte.

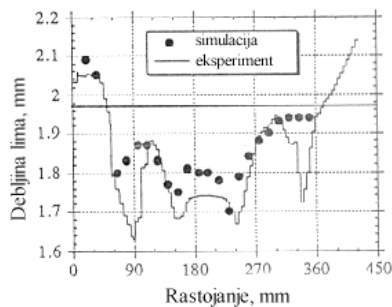
U cilju vrednovanja i unapredenja postojećih softverskih rešenja pokrenut je veliki medunarodni projekat 3DS (Digital Die Design Systems) [37], ciji rezultati treba da budu pouzdani eksperimentalni podaci uz minimalno rasipanje rezultata. Oformice se opsežna baza podataka univerzalnog internacionalnog znacaja, koji ce pomoci da nove verzije softverskih paketa budu u stanju da pouzdano definišu geometriju delova od lima tokom procesa i geometriju alata sa parametrima procesa da bi se u realnom izvođenju tacno ostvario željeni oblik. Preduslov za to su jasne definicije svih mogućih defekata i parametara koji ih određuju.



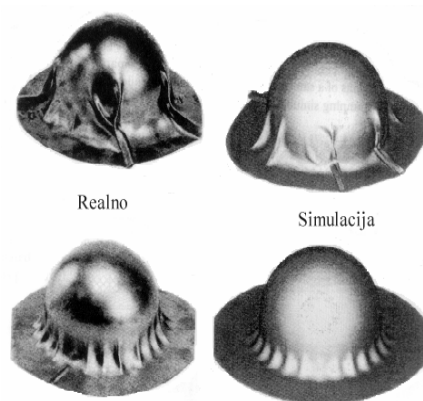
Slika 39: Geometrija elemenata alata i razvijenog stanja



Slika 40: Geometrija izvucenog komada alata sa sl. 38



Slika 41: Promena debljine lima po jednom preseku komada



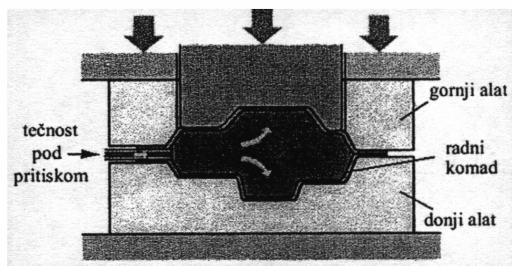
Slika 42: Poređenje izgleda komada (stvarno i simulacija)

3.4. Oblikovanje pod dejstvom fluida (Hidroforming)

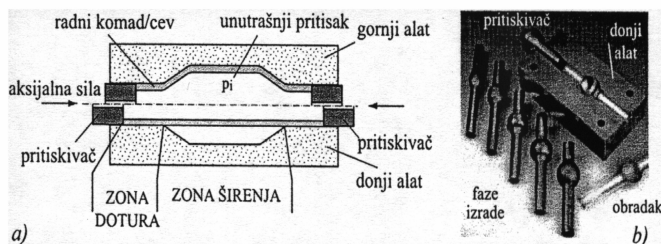
Ovakvi postupci, koje prema uobicajenim podelama nazivamo nekonvencionalnim, omogućavaju izradu delova od limova i cevi složene konfiguracije, koji se drugacijim postupcima mogu ili ne mogu uopšte dobiti. Veoma su pogodni za obradu teškodeformabilnoih materijala, kao što su celici povecane cvrstoce, nerdajuci celici, legure aluminiujuma i sl.

Najcešće primenjivani su tzv.postupci II klase oblikovanja- kada ulogu prenosa deformacione sile preuzima nestišljiv fluid [38]. Osnovne prednosti ovakvog oblikovanja su: smanjenje broja operacija, jednostavnija konstrukcija alata, povecanje fleksibilnosti alata i sl. Postoje suštinske razlike u hidrooblikovanju limova, cevi i ekstruzije. Kod oblikovanja limova dubokim izvlacenjem veoma je važno upravljati procesom tecenja, odnosno deformisanjem lima u otvoru matrice. Klasicno izvlacenje na mašinama jednostrukog ili dvostrukog dejstva realizuje se sa cvrstim držacem.

Kod realizacije hidromehanicnog dubokog izvlacenja, umesto cvrste matrice uvodi se hidraulicni jastuk. Takođe, kod delova povišene cvrstoce i tacnosti, primenjuje se tzv. izvlacenje sa predoblikovanjem. U ovom slucaju se u prvoj fazi vrši slobodno oblikovanje pod dejstvom fluida u prostoru ispod izvlakaca, a zatim upumpavanjem tecnosti sa donje strane vrši završno oblikovanje oko cela izvlakaca koje igra ulogu matrice [39]. Slican postupak se primenjuje i kod superplasticnog oblikovanja limova, pri cemu je lim na obodu cvrsto fiksiran i nema uvlačenja u otvor matrice. Na ovaj nacin se pored gacanja predoblikovanjem, dodatno podiže cvrstoca izvucenog komada. Zanimljivo rešenje istovremenog izvlacenja dva komada od lima je pokazano na sl.43.(IFU Štuttgart).



Slika 43: Jednovremeno hidro-oblikovanje dva komada [39]



Slika 44: Hidrodeformisanje cevi [16]

Na sl.44. pokazana je idejna šema hidrodeformisanja cevi u dvodelnom alatu. Pod dejstvom pritiskivaca i unutrašnjeg pritiska koji se ostvaruje u radnom fluidu, realizuje se kombinovano opterećenje, koje omogućava postizanje visokih stepena deformacije na komadu. Slican je postupak dobijanja T-racve iz cevi [16].

3.5. Korišćenje lasera u TPO

Primena tzv. industrijskih lakih lasera u beskontaktnom savijanju ima posebnu primenu kod finih savijanja pri mikro oblikovanju. Prvi patent iz ove oblasti je objavljen u Japanu 1979 godine, za savijanje opruga elektro-relea. Osnovni postupci koji se mogu realizovati uz pomoc lasera su: lasersko oblikovanje, rezanje, spajanje, nanošenje prevlaka, izmena mehanickih karakteristika, sinterovanje laserskim zrakom. Moguce su samo male promene primenom svake radijacije (prolaza), ukoliko se ne radi konvencionalnim alatima. Moguca je primena kod savijanja složenih profila u automobilskoj industriji, posebno kod mikro-kalibracije komplikovanih relejnih uređaja. Laserska tehnologija zbog cene, ne može da zameni klasicne postupke oblikovanja. Npr. laserom je moguće oblikovati kašiku, ali to sa ekonomskog aspekta nema nikakvog opravdanja [40].

Znacajna je mogucnost primene lasera kod oblikovanja celika povecane cvrstoce. Npr., kod lakih konstrukcija od ovih celika i umanjena debljine sa 1,5 mm na 0,8 mm, zbog povecane cvrstoce umanjena je obradivost, te je posebno izražena elasticna povratnost. Delovanjem lasera u zoni savijanja (klasicno savijanje i savijanje na valjcima) lokalno se omekšava materijal, smanjuje se granica tecenja, te se znatno uvecava ugao savijanja. Znaci, ne samo da se smanjuje sila savijanja, vec se popravlja i obradivost. Uvecanje ugla savijanja zavisi od materijala, orijentacije pravca savijanja u odnosu na pravac valjanja, geometriju alata, i parametre lasera (snaga), kao i broj ciklusa- tretmana (zagrevanja). Npr. ako se broj zagrevanja poveca sa 48 na 100, granicni ugao savijanja se povecava sa 95 na 129 stepeni [41].

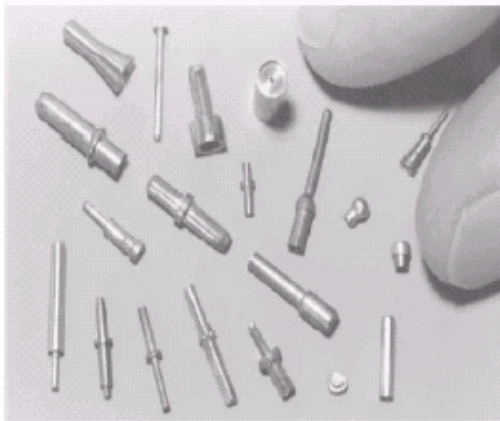
Korišćenjem lasera u materijalu se stvaraju termicki naponi, pri cemu je neophodno smišljeno upravljanje sa zaostalim deformacijama. Vrlo je efikasna je kombinacija rezanja i oblikovanja laserom u jednoj poziciji alata. Laser se može koristiti i u oblasti dubokog izvlacenja za postizanje veceg stepena izvlacenja uz pomoc lokalnih termickih tretmana. Naime, korišćenjem lasera, moguće je u pojedinim zonama komada koji se izvlaci postici ojacanja strukture cime se uvecava sposobnost za prenošenje vecih defomacionih sila. Prema [41], za leguru alumijuma AA 6016T4 posle ojacanja se podiže granicni stepen izvlacenja sa 2,1 na 2,6. (menjaju se mehanicke osobine materijala pri lokalnom termickom tretmanu). Posle određenog vremena, efekti veštackog starenja nestaju kod nekih legura alumijuma. Lasersko unošenje toplote zavisi od materijala, debljine lima, vrste materijala, snage lasera, precnika fokusa i brzine procesa.

3.6. Mikrooblikovanje

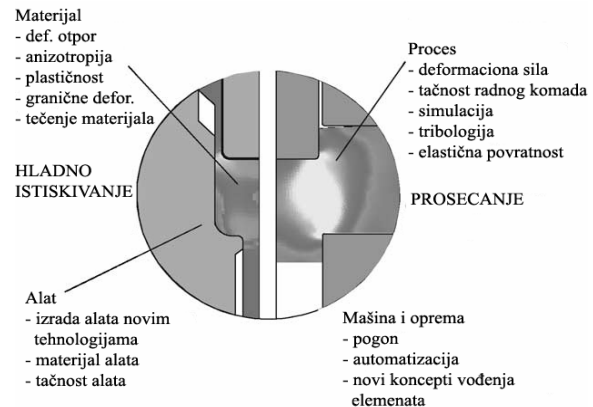
Proizvodnja mikro delova postaje sve prisutnija zbog trenda smanjivanja dimenzija proizvoda. Zahtevi za smanjivanjem dimenzija dolaze ne samo od potrošaca koji žele manje elektronske uređaje sa povecanim brojem funkcija vec su to potrebe pojedinih oblasti kao što su racunari, mobilni telefoni, medicinski uređaji itd. Ovi proizvodi pored ostalog sadrže i određene mehanicke delove kao što su: rucice, konektorski pinovi, sitni zavrtnjevi, kontaktne opruge itd. Na slici 45. prikazani su neki mikro delovi dobijeni istiskivanjem.

Pod mikro oblikovanjem podrazumeva se izrada delova cije su dimenzije reda velicine mikrometra [42]. Klasicni postupci obrade se mogu koristiti i kod mikrodelova ali se pri tome javljaju mnogi problemi zbog malih vrednosti dimenzija. Mikro oblikovanje se može uslovno podeliti na tri oblasti primene: zapreminsko oblikovanje, oblikovanje lima i oblikovanje profila.

Slicno makro obradnom sistemu, i u ovom slucaju imamo cetiri glavne komponente procesa oblikovanja, sl.46.



Slika 45: Primeri mikro-delova



Slika 46: Elementi sistema mikro oblikovanja [42].

Pored problema koji postoje i kod postupaka obrade rezanjem kao što su: geometrija alata, habanje, termicka obrada materijala, javljaju se određene poteškoce pri plasticnom oblikovanju kao posledica smanjenih dimenzija delova. Deformacioni otpor, anizotropija, plasticnost i granicne deformacije zavise od reda velicine dimenzija i to se mora uzeti u obzir pri analizi procesa [43]. Takode parametri procesa kao što su: deformaciona sila, elastična povratnost, trenje, zavise od velicine dimenzija.

Osnovni problem vezan za alat predstavlja njegova izrada, jer je veoma složeno napraviti alat malih dimenzija. Da bi se to rešilo uvode se i nove tehnologije izrade (npr. snop elektronskih zraka i litografski postupak). Pored toga javljaju se problemi vezani za mašine i pratecu opremu. Neodgovarajuće vrednosti zazora između alata mogu rezultirati dobijanjem potpuno neodgovarajucih komada. Vadenje delova je otežano zato što su površine veoma male a težina delova manja u odnosu na adhezivne sile. Razvoj adekvatne merne tehnologije za delove i alat takode predstavlja problem. Izrada delova zahteva radni prostor sa strogo definisanim karakteristikama (tzv. *clean room*) cime se proces dodatno poskupljuje.

Istraživanja su pokazala da pri oblikovanju mikro delova neki parametri ostaju isti i pored smanjivanja dimenzija. Mikrostruktura materijala je nezavisna od velicine dimenzija. Takode i topografija površine ostaje nepromenjena. Usled smanjivanja dimenzija odnos između dimenzija delova i parametara mikrostrukture ili topografije površine se menja. To dovodi do tzv. efekta velicine, koji znacajno utice na ponašanje materijala i proces trenja.

Istraživanja mikro oblikovanja i efekata minijaturizacije se vrše uobicajenim testovima koji su se dosada koristili pri cemu se vodi racuna o poštovanju geometrijske slicnosti. To znaci da se dimenzije komada i alata određuju preko faktora geometrijske slicnosti λ . Ogranicavajući vreme odvijanja procesa na vrednost 1 i brzina deformisanja se izražava preko faktora λ .

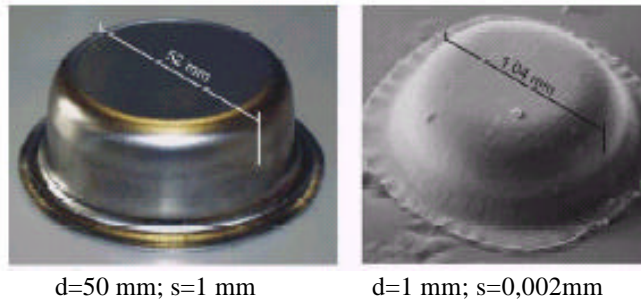
Eksperimenti su pokazali da pri minijaturizaciji dolazi do pada deformacionog otpora. Kod testa zatezanja pri smanjivanju debljine lima sa 2 mm na 0,17 mm ostvaren je pad deformacionog otpora od 30%. Testovi su izvršeni pri istoj velicini zrna što ukazuje da je smanjenje otpora nastalo usled minijaturizacije i nije posledica razlicite strukture materijala. Smanjenje deformacionog otpora se objašnjava pomocu tzv. modela površinskih slojeva koji se zasniva na cinjenici da se materijal u oblasti mikro dimenzija ne može posmatrati kao homogeni kontinuum. Presudan kriterijum je odnos velicine zrna prema dimenzijama komada. Kod mikro delova udeo površinskih zrna je veoma veliki u poređenju sa zapreminskim [44].

Kod testa zatezanja limova dolazi do još jedne pojave koja je posledica efekta velicine. Koeficijent normalne anizotropije opada sa smanjivanjem dimenzija. To znaci da se obradivost pogoršava sa smanjivanjem dimenzija jer dolazi do intenzivnijeg stanjivanja što predstavlja posebno negativnu pojavu pri dubokom izvlacenju. Takode pri minijaturizaciji se smanjuje ravnomerno izduženje.

Tribološke karakteristike mikrodelova u velikom stepenu zavise od površinskih interakcija te je neophodno ove odnose razmatrati u okviru tzv. mikro-tribologije, odnosno mora se koristiti specijalna oprema - atomski mikroskopi i specijalni mikro tribometri [45].

Vecina obavljenih istraživanja je izvršena za postupke savijanja i prosecanja. Mikro duboko izvlacenje je bilo predmet manjeg broja istraživanja zbog kompleksnijeg uticaja anizotropije i trenja na sam proces. Oblikovanje mikro delova odvija se na isti nacin kao i dobijanje delova uobicajenih dimenzija. Istraživanja u radu [46] vršena su sa celicnim limom debljine 0,1 mm i pokazala su da postoji uticaj debljine lima na stepen izvlacenja. Posmatrajuci porast relativnog precnika (definiše se kao odnos precnika izvlakaca sa debljinom lima) došlo se do cinjenice da dolazi do opadanja stepena izvlacenja sa njegovim povecanjem. Za vrednosti relativnog precnika ispod 10 uoceno je da savijanje predstavlja dominantan mehanizam deformisanja s obzirom da je uticaj sile držanja minimalan. Na sl.47. pokazani su primeri makro i mikro izvucenih delova [46].

S obzirom na pogoršavanje karakteristika materijala i smanjenje obradivosti pri smanjenju dimenzija, delovanjem lasera u zoni oboda komada, gde se i ostvaruju najveći stepeni deformacija, moguće je poboljšati uslovi tecenja materijala i postići veće stepene izvlacenja [47].



Slika 47: Makro i mikro deo dobijeni izvlacenjem

4. ZAKLJUCAK

Obrada metala plasticnim oblikovanjem je jedan od najznacajnih postupaka prerade metala u industriji razvijenih zemalja. Savremene sisteme TPO karakteriše sinergijski efekat između komponenata i elemenata sistema. Izvršni deo obradnog sistema u neposrednoj vezi je sa ostalim elementima sistema: znanjima iz fundamentalnog dela teorije plasticnosti uključujući analizu procesa i projektovanje (numericko-fizicko modeliranje), tehnologijom materijala, tribologijom, tehnologijom alata, mašinom i sistemom automatizacije procesa, poslovnom politikom preduzeća. Ovako definisana struktura problema podrazumeva integrisanost pomenutih modula u ekonomskom okruženju kao dinamičkom sistemu, koji se neprekidno razvija, u skladu sa tržištem, uzimajući u obzir troškove energije, poboljšanje kvaliteta, produktivnost i fleksibilnost, posedujući osobine napredne ekonomije.

Moderan razvoj TPO karakteriše stalno usavršavanje postojećih postupaka, alata i mašina, i razvoj novih materijala, generišući i integrišući nove postupke i tehnologije, na bazi ključnih fundamentalnih istraživanja. Buduća istraživanja se neminovno moraju ostvarivati kao multidisciplinarna, kroz saradnju eksperata iz različitih oblasti: metalurgije, tribologije, plasto-mehanike, konstrukcije alata, materijala, fizike, kompjuterskih nauka, termodinamike i sl., imajući za cilj nova i viša dostignuća u ovoj oblasti.

LITERATURA

- [1] K.Lange, Modern metal forming technology for industrial production, Journal of Materials Processing Technology, 71 (1997), 2-13.
- [2] K.Matsuno, Recent research and development in metal forming in Japan, Journal of Materials Processing Technology, 66 (1997), 1-3.
- [3] M.Plancak, Brza izrada protipova, modela i alata, Monografija, FTN, Novi Sad, 2004.
- [4] D.Y.Yang, D.G.Ahn, C.H.Lee, C.H.Park, T.J.Kim, Integration of CAD/CAM/CAE/FP for the development of metal forming processes, Jour. of Materials Processing Technology 125-126 (2002), pp. 26-34.
- [5] V.Mandic, M.Stefanovic, Review and characteristics of some materials used in physical modeling of the bulk metal forming processes, Journal for Technology of Plasticity, vol.24, No.1-2, Novi Sad 1999, str.15-32.
- [6] V. Mandic, Fizicko modeliranje i numericka simulacija kao osnova novog koncepta projektovanja alata za toplu zapreminsku obradu, Doktorska disertacija, decembar 2002, Mašinski fakultet u Kragujevcu.
- [7] V. Mandic, M. Stefanovic, Elimination of Flow Defects in the Forward Extrusion Process by Changing Friction Conditions, BALKANTRIB 05 - 5th International Conference of Tribology, Kragujevac, 2005.
- [8] V. Mandic, M. Živkovic, S. Vulovic, T. Marinkovic, FEM Analysis for the Extrusion Process of Tubes using Porthole Dies, Journal for Technology of Plasticity, Novi Sad, 2004, vol.29, No ½, pp. 35-43.
- [9] B. Mišić, V. Mandic, S. Rajić, Primjena CAMPform 2D softverskog paketa u analizi zapreminskog deformisanja cijevnih izradaka, 1. ? ?dunarodno savjetovanje – Informatika u proizvodnom i poslovnom menadžmentu, Doboj 2004, str. 118-126.
- [10] M. Plancak, D.Vilotić, M. Stefanovic, M. Milutinovic, V. Mandic, Cold Indenting -UBET Analysis, FE Simulation and Experimental Verification, Journal Steel Grips 2, 2004, The 10th International Conference Metal Forming 2004, Krakow, 2004.

- [11] V. Mandić, D. Vilotić, M. Plancak, M. Stefanović, Hladno višefazno zapreminsko oblikovanje osnosimetričnih obradaka – FEM simulacija i eksperimentalna verifikacija, Zbornik sa XXXI Jupiter konferencije (27. symposium NU-ROBOTI-FTS), Zlatibor 2005.
- [12] M.Meidert, M.Hansel, Net shape cold forging to close tolerances under QS 9000 aspects, Journal of Materials Processing Technology 98 (2000)150-154.
- [13] R.Balendra, Nett-shape forming:state-of-the-art, Journal of Materials Processing Technology 115(2001)172-179.
- [14] V.Vujović, Deformabilnost, Monografija, FTN Novi Sad, 1992.
- [15] V.Marinković, Deformaciono ojačanje materijala u procesima obrade deformisanjem u hladnom i toplom stanju, Mašinski fakultet u Nišu, 1995.
- [16] M.Plancak, D.Vilotić, Tehnologija plasticnog deformisanja, FTN, Novi Sad, 2003.
- [17] M.Šljivić, M.Stanojević, Osnove proizvodnih tehnologija, Mašinski fakultet u Banja Luci, 2003.
- [18] K.D.Bouzakis, G.Maliaris, A.Tsoknidas, FEM Simulation of Induction Heating of Aluminium Specimens for Thixoforming Processes, 1st International Conference on Manufacturing Engineering, Halkidiki, 2002, Proceedings, pp.617-623.
- [19] www.shef.ac.uk
- [20] P.Popović, Mašine za obradu deformisanjem, I deo, Mašinski fakultet u Nišu, 1991.
- [21] LX.Long, S.Nahavandi, On-line tool condition monitoring and control system in forging processes, Journal of Mater. Proc. Techn.,125-126 (2002) 464-470.
- [22] www.thefabricator.com
- [23] Devedžić B. Kriterijumi dostizanja granicne obradivosti metala plasticnim deformisanjem, Tehnika, Mašinstvo, 34, 1985, 9, 1333-1344.
- [24] Technology for Sheet Metal Stamping, www.forming.com
- [25] Nonomura K., Tamada K., Ohno N. Stamping Engineering for Body Weight Reduction, IBEC '97, Body Assembly & Manufacturing, 17-25.
- [26] ASAME-Automated Strain Analysis and Measurements Environment, CamSys., Inc., 1994.
- [27] Stefanović M., Aleksandrović S., Milovanović M., Jevtić R. High Strength Steel for Automotive Panels and their Formability, Metall. and New Mater. Res., 1998., VI, 4, 29-42.
- [28] Hayashi H., Nakagawa T. Recent trends in sheet metals and their formability in manufacturing automotive panels, Journal of Mater. Process. Techn., 46, 1994, 455-487.
- [29] Ultralight Steel Autobody, www.ULSABfinalmedia.htm
- [30] Stefanović M., Aleksandrović S., Romhanji E., Milovanović M. Al-Alloys Sheet Metals - Advanced Materials for Application in Car Bodies, J. for Techn. of Plasticity, Vol. 26(2001), 1, 21-32.
- [31] Finckenstein E., Drewes J., Deep Drawing Simulation of Vibration Damping Steel Sheets, 19th IDDRG Biennial Congress, Eger, 2000., Proceed., 215-230.
- [32] Ž.Babić, M.Šljivić, Nove tehnologije u izradi karoserije automobila, VII Medunarodna konferencija DEMI 2005, Banjaluka, Zbornik radova, str. 183-190.
- [33] Aleksandrović S. Duboko izvlačenje tankih limova pri nemonotonom deformisanju sa promenljivim tribološkim uslovima, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Kragujevac, 2000.
- [34] Gantar G. Racunalske simulacije procesov preoblikovanje pločevine, Tecos Novice, 1998, IV, 4, 1-4.
- [35] Lefebvre D., Haug E., Hatt F. Industrial application of computer simulation in stamping, Journ. of Mat. Proc. Techn., 46 (1994): 351-389.
- [36] El Mouatassim M. et al. The simulation of multi-operation deep-drawing process at RENAULT with PAM STAMP, J. Mater. Process. Technol., 45, 1994., 317- 322.
- [37] Makinouchi A., Teodosiu C. Numerical methods for prediction and evaluation of geometrical defects in sheet metal forming, Computational Fluid and Solid Mechanics, 2001, pp. 21-25.
- [38] B.Rančić, Oblikovanje delova od lima nestišljivim fluidom, Monografija, Mašinski fakultet u Nišu, 2005 (u štampi)
- [39] K.Siegert, M.Haussermann, B.Losch, R.Rieger, Recent developments in hydroforming technology, Journal of Mater. Process. Technology, 98 (2000)251-258.
- [40] M.Geiger, Laser Forming – The Forming of Metal Using a Laser Beam, 1st International Conference on Manufacturing Engineering, Halkidiki, 2002, Proceedings, pp.9-24.
- [41] M.Merklein, M.Geiger, New materials and production technologies for innovative lightweight constructions, Journal of Materials Processing Technology, 125-126 (2002), 532-536.
- [42] U.Engel, R. Eckstein: Microforming-from basic research to its realization, Journal of Materials Processing Technology, 125-126, 2002, 34-44.
- [43] M.Samardžić, M.Stefanović, S.Aleksandrović, T.Vujinović, Uvod u tribološka istraživanja pri oblikovanju mikrodela izvlačenjem, 9. Konferencija YUTRIB 2005, Kragujevac, Zbornik radova, 840-845.
- [44] F. Vollersten, Z. Hu, H. Schulze Niehoff, C. Theiler: State of the art in micro forming and investigations into micro deep drawing, Journal of Materials Processing Technology 151, 2004, 70-79.

- [45] Z. Rymuza K. Kato: Micro tribology, editorial, *Wear*, 254, 2003, 931.
- [46] Y. Saotome, K. Yasuda, H. Kaga: Microdeep drawability of thin sheet steels, *Journal of Materials Processing Technology*, 113, 2001, 641-647.
- [47] X. Peng, Y. Qin, R. Balendra: Analysis of laser-heating methods for micro-parts stamping application, *Journal of Materials Processing Technology*, 150, 2004, 84-91.



Uvodni referat i Rad po pozivu

ANALIZA STANJA OPREME I TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA ZA TERMICKU I HEMIJSKO-TERMICKU OBRADU I NANOŠENJE PREVLAKA

Mr Radovan Ciric, dipl. ing. met.

Viša tehnička škola Cacak, Svetog Save 65, E-mail: metalbir@eunet.yu

Rezime: U radu je dat pregled dosadašnjeg razvoja opreme i tehnoloških postupaka termicke i hemijsko-termicke obrade. Analizirano je stanje i tendencije u razvoju opreme i tehnoloških postupaka TO, HTO i nanošenja prevlaka u industriji visokorazvijenih zemalja. Pored toga, data je ocena stanja u pogledu nivoa opreme, tehnologije i kadrova kod nas.

Cljučne reci: Termicka obrada, hemijsko-termicka obrada, prevlake, oprema, tehnološki postupci.

1. UVOD

Mehanicke, fizicke i tehnološke osobine materijala mogu se poboljšati promenom hemijskog sastava, smanjenjem velicine kristalnog zrna, promenom strukture i stvaranja novih faza u procesu termicke obrade (u daljem tekstu: TO), kao i nekim drugim metodama.

TO predstavlja skup operacija zagrevanja, držanja na temperaturi zagrevanja i naknadnog hladenja sa ciljem da se izmenom strukture, izazvane difuzionim i bezdifuzionim procesima, poboljšaju svojstva materijala. Navedene promene se odvijaju u cvrstom stanju i zasnivaju se na svojstvu polimorfije, promeni rastvorljivosti legirajucih elemenata i sposobnosti atoma da se na povišenim temperaturama difundiraju. Najčešći procesi TO celika su razne vrste žarenja, kaljenja i otpuštanja, a najvažniji parametri procesa temperatura, vreme, sastav atmosfere, režim zagrevanja i hladenja i oblik i velicina punjenja. Posebnu grupu procesa TO cine procesi termomehanicke obrade (kombinacija termicke obrade i plasticne deformacije). Veliku primenu u mašinskoj industriji imaju i postupci hemijsko-termicke obrade - HTO (cementacija, nitriranje, karbonitriranje i dr.), kod kojih dolazi istovremeno do promene hemijskog sastava, strukture i osobina površinskog sloja delova, kao i postupci nanošenja prevlaka.

Za zagrevanje metala u procesima TO i HTO koriste se peci zagrevane elektrootporno, indukciono, sagorevanjem goriva, koncentrovanim izvorima toplote i dr. Procesu se izvode u razlicitim sredinama (vazduh, neutralni ili gasovi kontrolisanog sastava, rastopi, vakuumu, plazmi,...) u pecima razlicitih konstrukcija (komorne, jamsko-dubinske, zvonaste, rotacione, nagibne, prenosne, protodne i kombinovane, kao i u obliku sonih i metalnih kupatila).

Peci sa rastopima soli ili metala ("kupke") omogucavaju brzo i ujednaceno zagrevanje šarže. Nedostatak ove tehnologije je potreba da se naknadno neutrališu istrošeni rastopi. Primenom peci sa neutralnim ili kontrolisanim gasnim atmosferama (atmosferske) peci sprečava se oksidacija i razugljenjenje površinskih slojeva i omogucava izmena hemijskog sastava površinskih slojeva delova (HTO), dok optimalan izgled i odlicne osobine, kao i optimalne uslove rada, obezbeđuje proces TO u vakuumskim pecima.

2. ANALIZA DOSADAŠNJEG RAZVOJA OPREME I TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA TERMICKE I HEMIJSKO-TERMICKE OBRADE

U drugoj polovini XX veka došlo je, usled razvoja brojnih industrijskih grana, do brzog razvoja i uvođenja u industrijsku praksu velikog broja novih postupaka TO i HTO, a u zadnjoj četvrtini veka i postupaka nanošenja prevlaka. Osvajanjem novih postupaka je omogucen razvojem do sada nepoznatih vrsta opreme za TO, kao i usavršavanjem poznatih uređaja. U tom periodu najbrži razvoj je imala oprema za TO (HTO) u atmosferskim i vakuumskim pecima, kao i postupci sa primenom plazme. Pored toga veliki rast primene u industrijskoj praksi imali su procesi površinskog (indukcionog i plamenog kaljenja), čije su prednosti niski

troškovi uz visok kvalitet obrade. Kraj XX veka obeležen je brzim rastom primene postupaka TO, HTO i nanošenja prevlaka uz primenu plazme i vakuuma.

Osnovno razvojni pravci u pogledu usavršavanja opreme bili su:

Kod atmosferskih peći usavršavana su konstruktivna rešenja, poboljšan kvalitet izolacionih materijala i merne regulacione opreme. Razvoj ovih peći išao je i u pravcu izrade raznih tipova protocnih (konvejskih, vibracionih ili dr.) peći, dubinskih peći za TO i HTO delova velike dužine (sa ili bez cirkulacije) i dr., kao i u pravcu primene automatskog upravljanja.

Postupci TO i HTO u rastopu soli, čiji je razvoj započet u prvoj polovini XX veka, u trećoj četvrtini veka su doživeli intenzivnu primenu u industrijskoj praksi pre svega zbog visokog kvaliteta proizvoda (kod TO alata) i razvoja novih postupaka HTO. Zbog ekoloških nedostataka i zastoja u primeni ove opreme razvijene su nove generacije soli (bez cijanida, lakše razgradljive soli i sl.), sa poboljšanim tehnološkim karakteristikama (bolje održavanje C i N potencijala, bolja toplotna provodljivost, veći toplotni kapacitet i dr.) i dužim eksploatacionim vekom. Pored toga razvoj je išao u osvajanju novih soli za specifične procese, u pravcu primene automatskih linija, primeni preciznije merno-regulacione opreme (za merenje temperature i C_{pot}), kao i opreme za čišćenje (pranje) i neutralizaciju otpadnih materija.

Najbrži razvoj u prethodnom periodu ostvaren je u primeni opreme za TO i HTO u neutralnim ili kontrolisanim gasovima, tab. 1.

Tabela 1. Hemijski sastav i oblast primene najvažnijih gasnih atmosfera primenjenih u procesima TO (HTO)

Zaštitni gas	Sastav, %						Primena za TO Celika			
	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	O ₂	N ₂	<0,2% C	>0,2% C	Legiranih	Nerdajucih vatrootpornih
Exo I	3-10	0,5-16	0,5-25	0-1	0	59-98	A(0,1%C) B,C,D *oksidne boje	I,B *razugljenicenje	-	-
Exo II	"	"	"	"	0	"	A,B,C,D	A,B,C *razugljenicenje	A,B *0,4% C 1% Cr 1% Mn	-
Exo III	"	"	"	"	0	"	A,B,C,D*	A(0,4% C) B,C	A,B *0,6% C 2,5% Cr 1,5% Mn	-
Mono I	0-1	0,5-14	0,5-25	0-1	0	60-98	A-F	A-E, G	A,B,D,E	-
Mono II	0-1	"	"	"	0	72-98	A1,B	-	A,B,D,E	-
Mono III	Tra-govi	Tra-govi	"	"	0	74-99,5	A1,B	-	A,B,D *posebno visokoleg. Cr-Ni cel.	A,B
Endo	0-1	18-20	32-50	1-2	0	24-48	A,B,C,F	A,B,C,E,G	A,B,D,E *za W-Mo-Co cel. *za aust. cel.	-
Disocirani metanol	2	31	65	2	0	0	A,B,F	A,B,F,G	A,B	-
Disocirani amonijak	0	0	75	0	0	25	A,B,C,D,H	-	A,B, *Si cel. (trafo lim) W-Mo - cel.	A,B
Propan i sl.							F,F1			
Amonijak i sl.							F1,F2 i sl.			
Inertni gas										

Legenda:

- A - svetlo žarenje
- A1 - svetlo žarenje bez naugljenicjenja
- B - meko lemljenje
- C - sinterovanje
- D - normalizacija
- E - kaljenje
- F - naugljenicenje
- F1 - karbonitriranje
- F2 - nitriranje
- G - obnavljanje ugljenika
- H - redukcija Fe praha
- I - žarenje bez oksidacije
- * - obratiti posebnu pažnju

Osnovne prednosti ove opreme su:

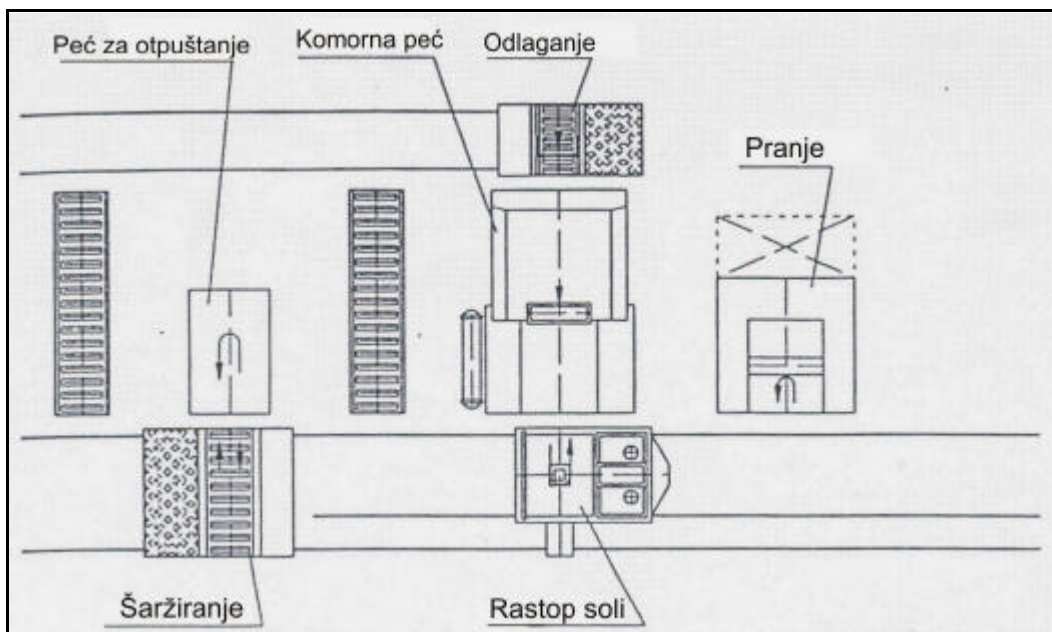
Mogućnost relativno jednostavne kontinuirane kontrole procesnih parametara, precizna regulacija sastava gasne atmosfere i mogućnost automatizacije procesa. U ovoj oblasti razvijeno je više generacija jamskih i komornih (jedno i višekomornih peći), kao i protocnih peći, više generacija senzora za merenje sastava gasne atmosfere (od meraca tačke rose, preko infracrvenog analizatora do kiseonичne sonde) i više generacija sistema upravljanja procesima.

Zadnjih decenija XX veka došlo je do visokog rasta primene vakuumskih peći za izvođenje procesa TO. Ove peći u odnosu na gasne imaju sledeće prednosti: bolji kvalitet površine delova, ekološke prednosti, bolji uslovi rada, primena kod procesa koji se ne mogu izvesti drugim vrstama opreme (TO lako oksidišući metala, nerđajućih i vatrootpornih legura, difuziono zasićenje, degazacija teškotopljivih metala i dr.). Vakuumske peći su pogodne za automatizaciju. Nedostaci tada korišćenih vakuumskih peći su mala proizvodnost, visoki investicioni troškovi, skuplji proces TO i potreba za višom kvalifikacijom opsluživaoca.

3. STANJE I TENDENCIJE U RAZVOJU OPREME I TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA TERMICKE I HEMIJSKO-TERMICKE OBRADE

Savremenu mašinsku proizvodnju karakteriše postepeno povećanje udela maloserijske i pojedinačne proizvodnje, u nizu slučajeva na modularnoj osnovi. U mnogim slučajevima realizuje se brz razvoj novih modela mašina, ili se proizvodi realizuju sa nizom modifikacija. U svim slučajevima zahteva se optimizacija tehnoloških procesa sa ciljem povećanja efektivnosti i kvaliteta. Ovi zahtevi dovode do širokog uvođenja elastičnih proizvodnih sistema, pa je oprema za TO u nizu slučajeva deo tih sistema. Generalno gledano u razvoju opreme za TO i HTO opšta tendencija je uvođenje automatizacije (pa i robotizacije) na osnovu mikroprocesorske i PC-tehnike i razvoj elastičnih sistema. Osnovni razvojni pravci kod pojedinih vrsta opreme za TO i HTO su:

Oprema za TO i HTO u rastopu soli se zahvaljujući otklanjanju brojnih ekoloških nedostataka kod soli zadržala kao dominantna kod određenih tehnoloških procesa (TO određenih alata, specifični procesi HTO, npr. TD i dr. procesi) i često omogućava prodore u razvoju novih proizvoda. S obzirom da se radi o otvorenim pecima (kupkama) ova postrojenja, linijska ili karusel, se uglavnom automatizuju, pri čemu se upravljanje ostvaruje mikroprocesorskom tehnikom ili pomoću PC-računara, dok su izvršni uređaji linijski ili kružni manipulatori, a kod nekih operacija (npr. šaržiranje i dešaržiranje) i roboti. Zbog svojih prednosti (brzo i ujednačeno zagrevanje i hlađenje, minimalna promena mera i dr.) rastop soli se danas, kod specifičnih procesa, koriste u kombinaciji sa gasnim i vakuumskim pecima, sl. 1.

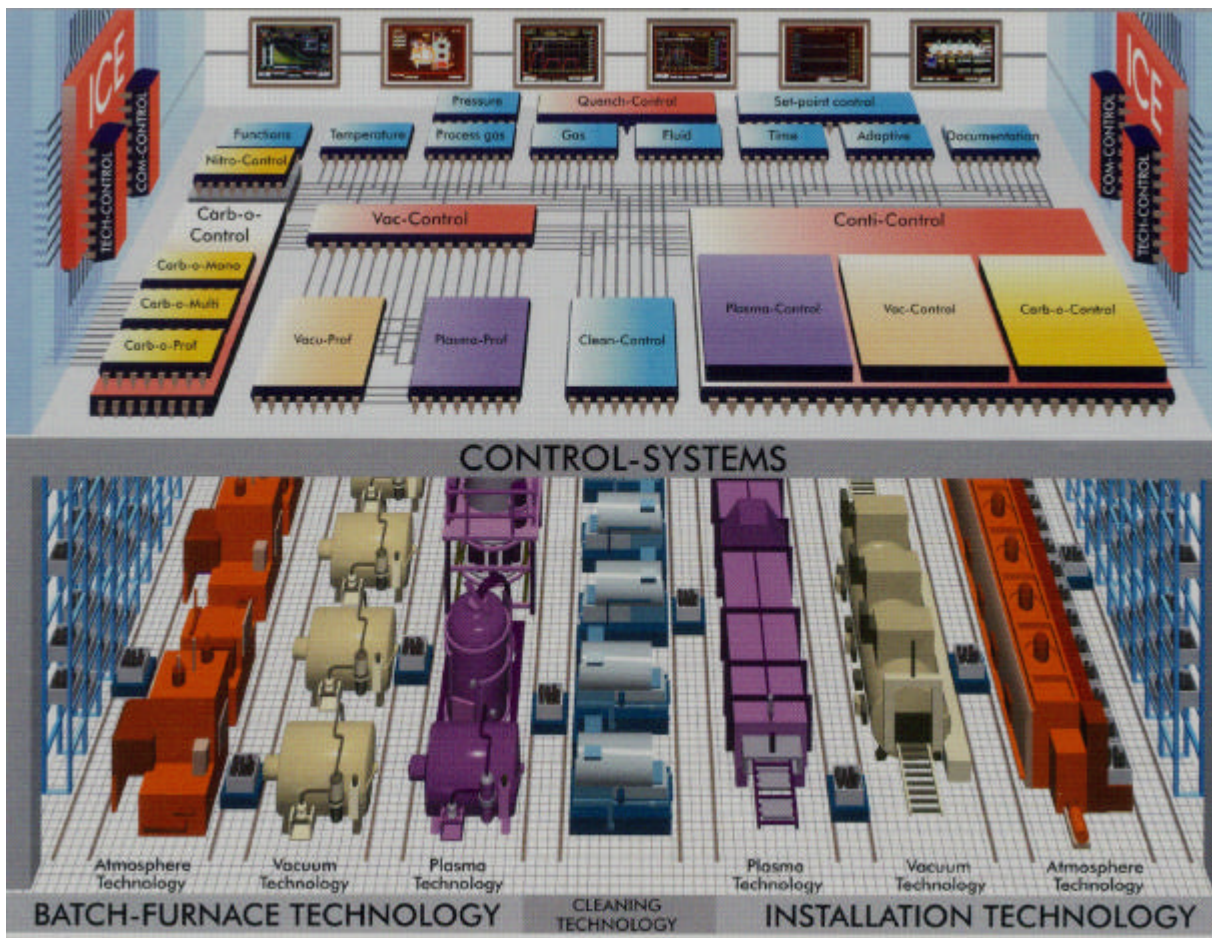


Slika 1. Šematski prikaz linije za TO (HTO) uz primenu atmosferskih peći i peći sa rastopom soli

Oprema za TO i HTO u neutralnim ili kontrolisanim gasnim atmosferama imala je u prethodnom periodu najbrži razvoj i najbrži rast primene u industriji. U tom periodu razvijeno je više generacija raznih tipova ovih peći (jamskih, zvonastih, jedno i višekomornih, protocnih i dr. peći).

Razvoj ovih peći odvija se u sledećim pravcima:

- Masovna primena kompjuterskog upravljanja parametrima procesa (temperatura, sastav atmosfere, kretanja). Rad takvog sistema zasniva se na prethodnom programiranju režima TO (HTO) delova svakog tipa i programiranoj obradi svake šarže. Primer sistema upravljanja linijom sa pojedinacnim pecima (na sl. levo) i protocnim postrojenjem (desno) dat je na sl. 2.



Slika 2. Prikaz sistema upravljanja linijom za TO (HTO) sa pojedinacnim pecima (levo) i protocnim postrojenjima (desno)

- Zamena vecih peci sa grupom manjih peci medusobno povezanih automatskim manipulatorom, konvejerom ili robotom, sa mogucnošću brze promene režima TO (HTO). Ovi uređaji imaju mogućnost da obezbede različite dubine cementiranog sloja za svaki nivo (šaržer) programiranjem vremena HTO (pri konstantnoj temperaturi i atmosferi).

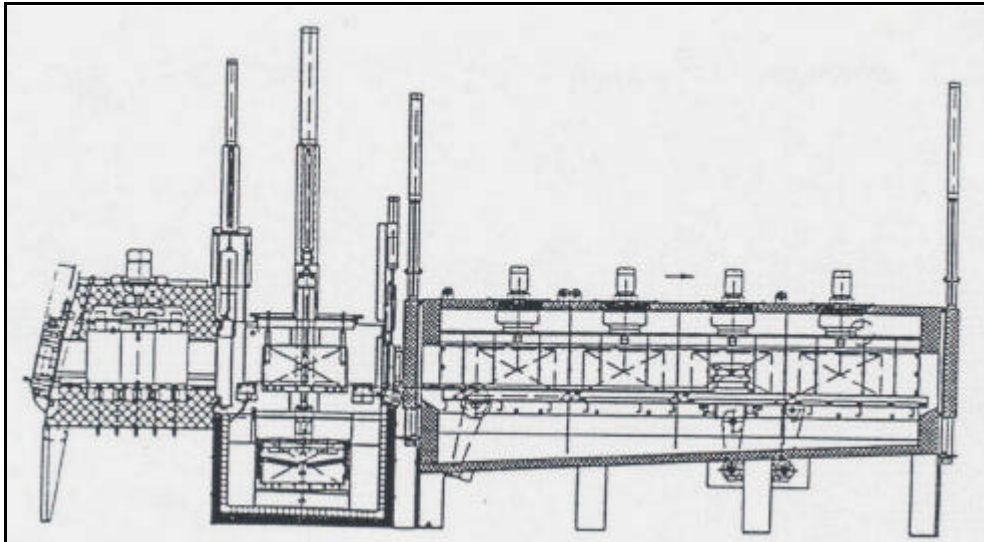
- Razvoj automatskih linija (bez poslužioaca) malih peci zvonastog ili dr. tipa upravljanih procesnim racunarima.

- Primena kompjuterski upravljanih linija karusel peci, koje poseduju elasticnost jednodomnih peci periodičnog dejstva i efektivnost peci neprekidnog dejstva - protocnih peci, kao i višezonskih peci sa obrtnim podom i kontrolisanim $T-\tau-C_{pot}$ režimom svake zone.

- Kombinovanje više tipova gasnih peci.

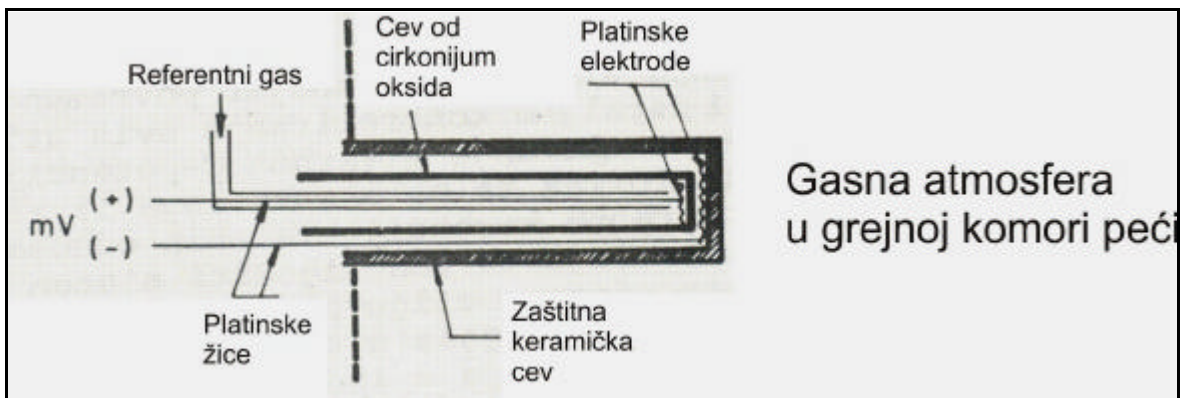
- Primena peci sa atmosferom plazme sa gasnim pecima polukontinuiranog ili kontinuiranog dejstva za izvođenje procesa HTO.

- Primena na istoj liniji za TO (HTO) peci sa razlicitim medijumima (npr. gasne + vakuumske, gasne + rastop soli, sl. 3, vakuum + rastop soli, gas + vakuum + plazma i dr.), kao i direktno uklapanje linija za TO u liniju procesa obrade rezanjem, deformacijom i dr.



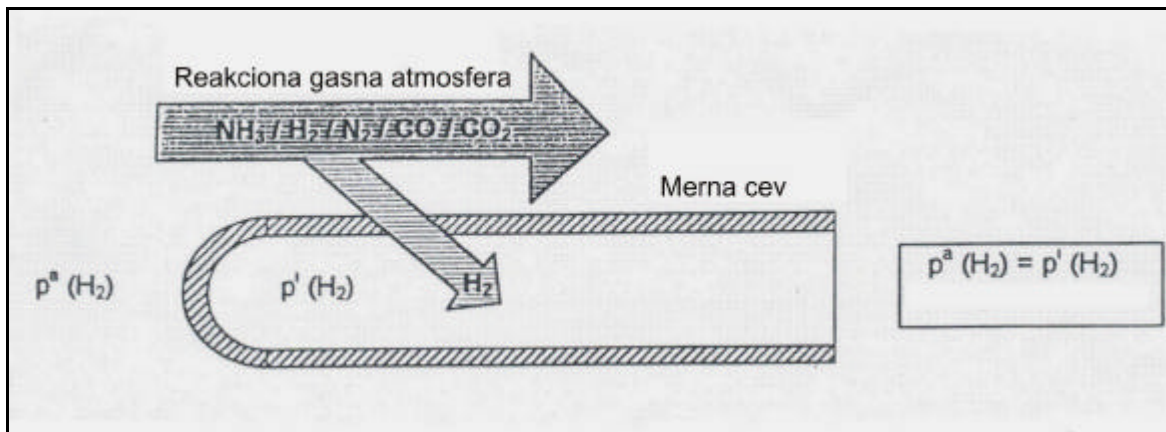
Slika 3. Atmosferska (gasna) pec protocnog tipa sa implementiranim kupatilom za zahladivanje u rastopu soli

Veoma znacajan parametar procesa kod ove tehnike je sastav gasne atmosfere. Sastav gasne atmosfere, odnosno potencijal određenog gasa, zavisi od temperature i parcijalnog pritiska i mora se održavati u propisanim granicama. Danas se za merenje ugljenicnog potencijala (C_{pot}) uglavnom koriste razni tipovi kiseonичnih sondi podržanih procesnim racunarom, sl. 4.



Slika 4. Šematski prikaz mernog dela kiseonичne sonde

Za merenje potencijala azota (N_{pot}) kod procesa nitriranja i sl. sve do kraja XX veka nisu postojali precizni merni instrumenti, pa je približan sadržaj azota pracen merenjem temperature i stepena disocijacije amonijaka, kao i merenjem elektro-fizickih parametara gasa ili difuzionog sloja. Krajem XX i pocetkom XXI veka proizvedeni su specijalni senzori za nadzor i regulaciju atmosfere pri nitriranju i karbonitriranju, sl. 5.

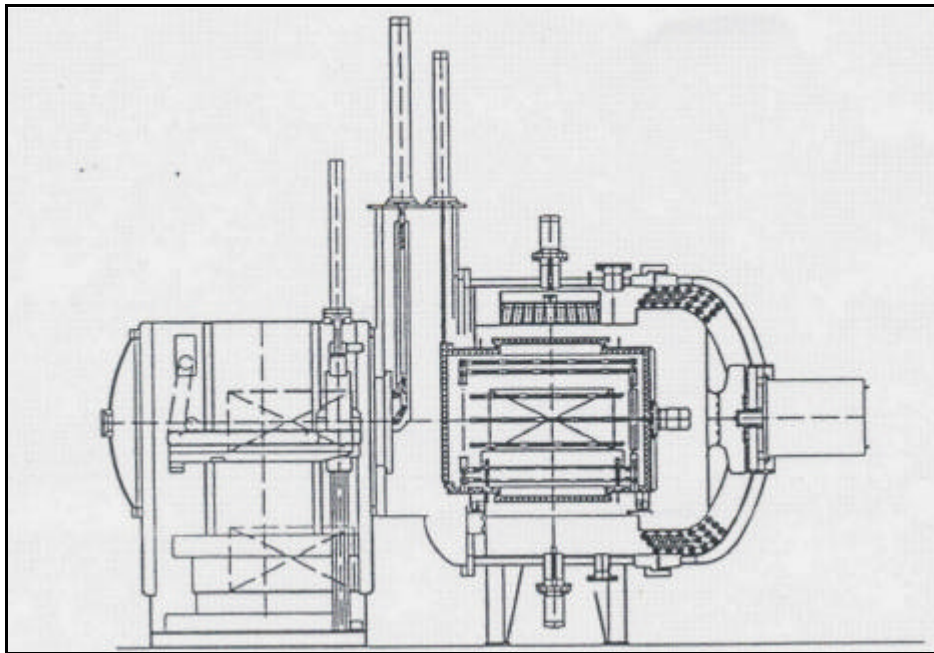


Slika 5. Princip merenja potencijala azota i ugljenika kod procesa nitriranja (karbonitriranja) senzorom tipa HydroNit (Ipsen)

Poboljšanje osobina vakuumskih peci za TO (HTO) se odvija u više pravaca.

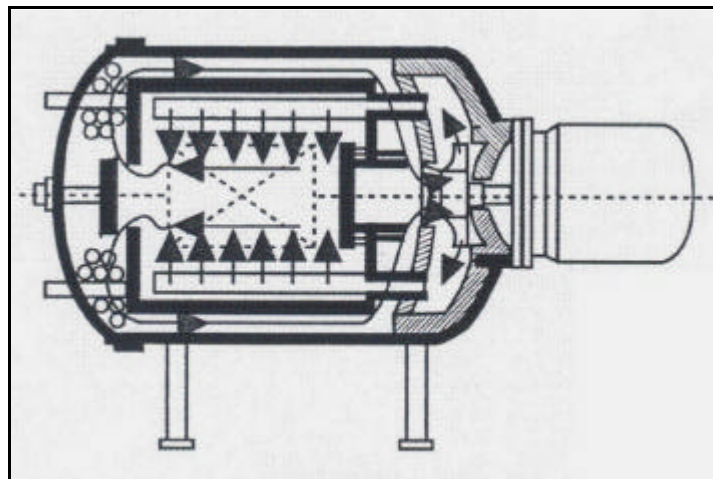
Zagrevanje šarže u vakuumskim pecima ranijih generacija vršilo se zracenjem. Jedan od razvojnih pravaca je razvoj vakuumskih peci sa mogućnošću konvektivnog zagrevanja šarže u struji inertnog gasa do oko 600°C , a zatim se gas evakuira i dalje zagrevanje vrši u vakuumu. Ovom izmenom se značajno povećava produktivnost peci, postiže ujednačenije progrevanja šarže i omogućava izvođenje žarenja i otpuštanja u vakuumskim pecima.

Drugi važan pravac razvoja vakuumskih peci je išao u pravcu povećanja efikasnosti sistema za hlađenje (kaljenje). Poboljšanjem ovog sistema postiže se bolji kvalitet proizvoda i omogućava kaljenje u vakuumu celika koji su se do sada mogli isključivo hladiti u ulju i dr. sredstvima. U tom cilju razvijeno je više generacija peci kod kojih se šarža može hladiti gasom pod pritiskom sa više strana kao i višekomorne peci sa mogućnošću kaljenja u gasu i ulju, sl. 6. Međutim, i pored toga peci sa gasnim kaljenjem u azotu pritiska do 6 bar imaju svoja ograničenja i mogu se koristiti samo za kaljenje celika sa relativno niskom kritičnom brzinom hlađenja (npr. visokolegiranih celika).



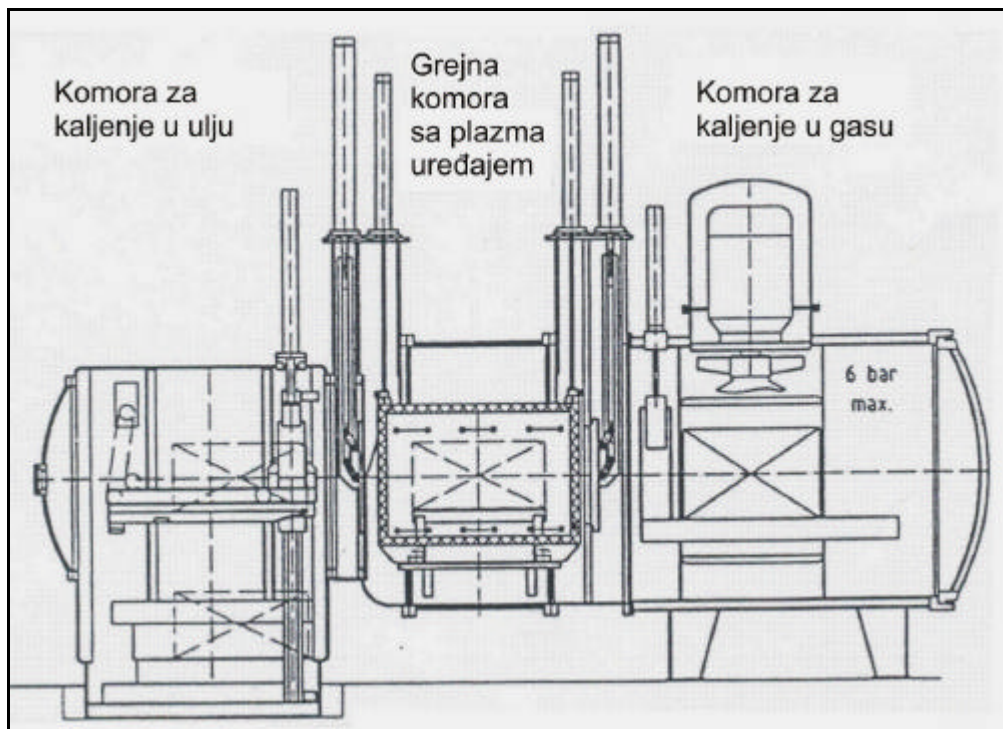
Slika 6. Višekomorna vakuumaska pec sa mogućnošću kaljenja šarže u inertnom gasu i ulju

Poslednjih godina izvršene su značajne konstruktivne izmene koje su omogućile realizaciju koncepta razvoja peci sa mogućnošću kaljenja šarže gasom (N_2 , He) pod pritiskom do 20 bar, sl. 7, što omogućava kaljenje u vakuumskim pecima celika koji su se do sada kalili isključivo u ulju. Ovom izmenom omogućeno je kaljenje u vakuumu velikog broja konstrukcionih celika i delova od istih, što predstavlja veliku komparativnu prednost ovih peci.



Slika 7. Konstrukcija jednokomorne vakuumske peci za kaljenje inertnim gasom pod pritiskom do 20 bar

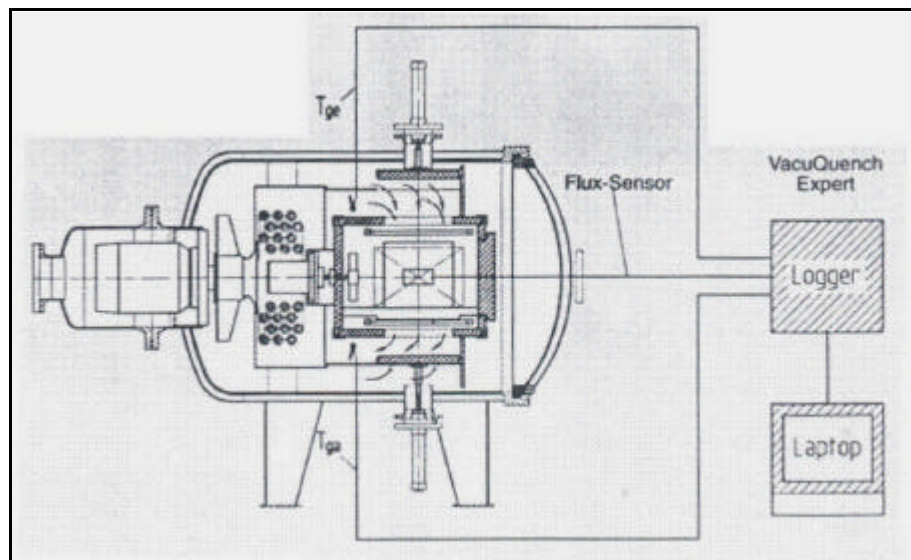
Krupan napredak u primeni vakuumskih peci predstavlja implementaciju u iste plazma tehnologije i realizaciju procesa TO (HTO) u atmosferi niskopritisne plazme u vakuumskim pecima na velikom broju celika (konstrukcioni, alatni, nerđajuci), sl. 8.



Slika 8. Višekomorna vakuumska pec za izvođenje HTO u plazmi

Znacajne izmene izvršene su u primeni novih generacija materijala za izradu sistema za grejanje i grejne komore, korišćenjem umesto Mo i grafitnih proizvoda ranije generacije, savremenih grafitnih materijala, kao i u oblasti upravljanja, dokumentovanja, obradi podataka i vizuelizacije procesa TO i HTO.

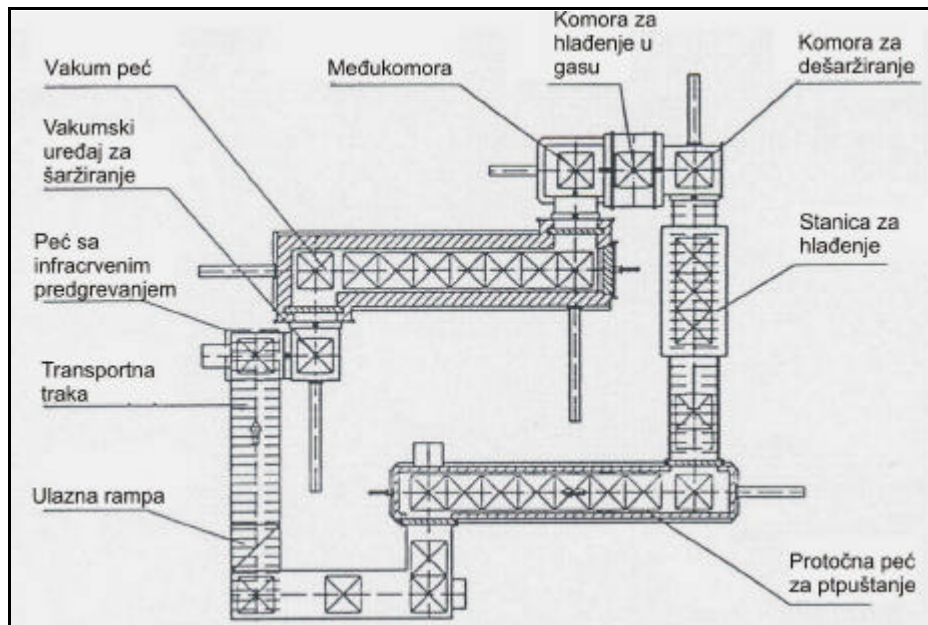
Poseban problem kod procesa TO u vakuumskim i drugim pecima je do skoro predstavljalo merenje brzine hladenja delova u procesu zahladivanja. Poslednjih godina razvijen je uređaj za merenje fluksa rashladnog gasa, sl. 9.



Slika 9. Šematski prikaz sistema za merenje protoka rashladnog gasa pri zahladivanju u vakuumskoj peci

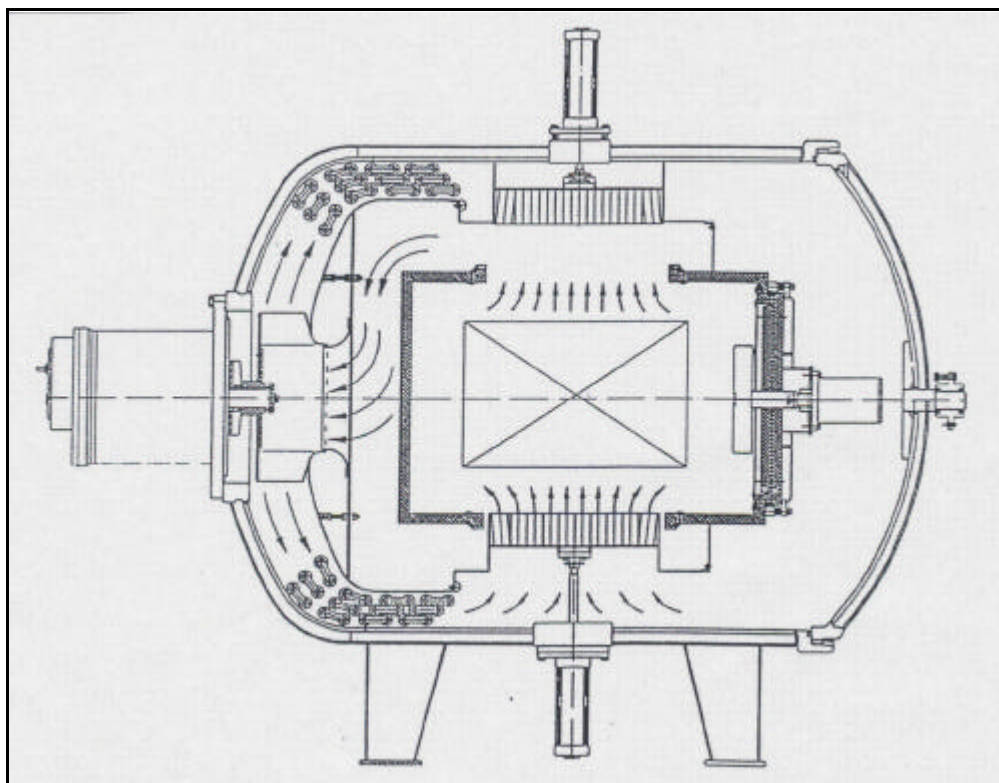
Danas se radi na prevazilaženju svih komparativnih nedostataka vakuumskih peci i dalji razvoj na poljima gde su vakuumske peci u prednosti. Jedan od prodora predstavlja osvajanje postupka parcijalnog kaljenja delova.

Vakuumske peći se danas koriste u postrojenjima za TO (HTO) zajedno sa svim drugim pecima pri čemu se obrada može izvoditi na istom postrojenju u svim medijumima (vakuum, gas, rastop, plazma, vazduh), sl. 10.

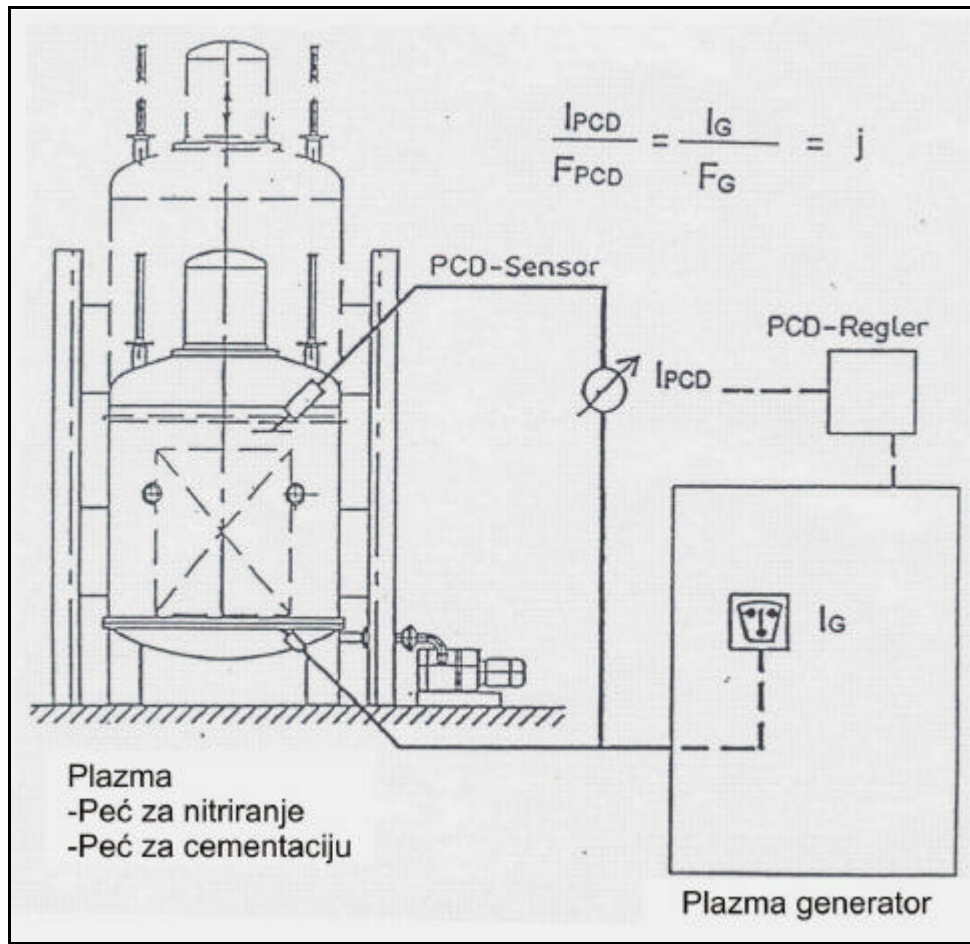


Slika 10. Postrojenje za TO (HTO) u vakuumu i gasu

U oblasti plazma (jonske) tehnologije prisutna je sve masovnije primena plazma uređaja u procesima TO (HTO) i dr. Pri tome se koriste peći sa raznim modifikacijama pulsirajuće plazme koja isključuje mogućnost nastanka električnog luka, omogućava automatizaciju procesa i ima niz drugih prednosti. Na sl. 11. dat je izgled jednokomorne vakuumske peći za cementaciju u plazmi sa mogućnošću zahlađivanja gasom pod visokim pritiskom, a na sl. 12. izgled vertikalne peći za HTO u plazmi.



Slika 11. Izgled jednokomorne vakuumske peći za cementaciju u plazmi sa mogućnošću zahlađivanja gasom pod visokim pritiskom



Slika 12. Izgled vertikalne peći za HTO u plazmi

Krajem XX veka razvijen je koncept peći za TO (HTO) u kipućem sloju. U ove otvorene peći zagrevane električnom energijom se pomoću gasa (N_2 , NH_3 , vazduh ili dr.) unose čestice Al i Zr-oksida koje lebde. Ove čestice imaju 5-10 puta veći koeficijent prenosa toplote u odnosu na plamene peći, tj. blizak prenosu u rastopu soli što omogućava ravnomerno zagrevanje delova bez štetnih otpadnih materija, skraćuje termičkog ciklusa (npr. kod nitiranja sa 72^h na $13-18^h$), odličan izgled površine, kao i mogućnost rada sa različitim atmosferama na temperaturama do $1300^{\circ}C$. Ovaj proces je krajem XX veka uz vakuumsku TO (HTO), jonsko nitiranje i TO laserom smatran za jedan od najperspektivnijih, što do sada nije rezultiralo masovnijom primenom ovog postupka u industriji.

Procene da će površinsko kaljenje (indukciono i plameno) i u XX veku biti jedna od perspektivnih tehnologija ostaju i dalje na snazi. Osnovni razlozi za to su visoka produktivnost, mali utrošak energije i ekonomičnost postupka, dobri uslovi rada, ekološka pogodnost, visok kvalitet proizvoda, mogućnost proširenja obima primene kako na procese TO, tako i na druge tehnološke procese, kao i mogućnost razvoja novih (poboljšanih) generacija uređaja.

U pogledu kvaliteta proizvoda osnovne prednosti indukcionog kaljenja su dobijanje sitnozrne strukture (sitnijih substrata martenzita) i povećane tvrdoće (za 68 HRC kod podeutektoidnih, odnosno 35 HRC kod nadeutektoidnih celika) u odnosu na klasično kaljene delove.

Osnovni pravci razvoja su:

- primena HF - generatora za proizvodnju plazme za izvođenje procesa HTO, dobijanja finih struktura i slojeva i dr.,
- mogućnost izrade specijalnih postrojenja za specifične namene,
- lako uklapanje u postojeće proizvodne procese,
- niži investicioni troškovi,
- mogućnost primene uređaja za TO i za izvođenje drugih tehnoloških procesa,
- razvoj specijalizovanih laboratorija i konstrukcionih biroa.

Prema ozbiljnim analizama danas je oko 50% delova u mašinstvu TO postupcima površinskog (pre svega indukcionog) kaljenja.

Perspektivni postupci TO (HTO) su postupci sa primenom koncentrovanih izvora toplote. Ovi postupci TO lokalnih površina su laboratorijski razvijene pre oko 35 godina, i za sada su samo u manjoj meri primenjeni

za TO vrlo specifičnih proizvoda. Pri tome se kao izvor toplote uglavnom koriste laserski zraci, niskotemperaturna plazma ili sunceva energija. Primenom energije lasera i sl. omogućava se zagrevanje ultra velikim brzinama i veoma brzo hlađenje, pri čemu se dobija zakaljeni sloj sa strukturom bliskoj amorfnoj sa povišenom tvrdocom i otpornošću na habanje.

Veoma perspektivne tehnologije za poboljšanje osobina površinskih slojeva metala su već pomenuti postupci HTO, postupci kompleksnog difuzionog legiranja, CVD i PVD postupci i nanošenje prevlaka laserom. Najveći deo ovih postupaka se izvodi u jonizovanom gasu (plazmi) pod niskim pritiskom (vakuumom), a deo njih i u laserskom snopu. Plazma i vakuumska tehnika predstavljaju ključne tehnologije od kojih zavisi dalje poboljšanje kvaliteta proizvoda od metala, kao i razvoj drugih industrijskih procesa.

Plazma prevlake imaju visoku otpornost na habanje, zamor, koroziju, temperaturu, niske koeficijente trenja i dr. Plazma tehnologijom masovno se danas izvode procesi HTO, kao i nanošenje prevlaka (od prevlaka TiN i kompleksnih prevlaka karbida i sl. do prevlaka CBN, DLC i dijamanta). Danas se najtvrdije prevlake nanose plazmom pobuđenom CVD tehnologijom, PVD tehnologijom ili laserom podržanim isparavanjem.

Laserska tehnika ima značajnu ulogu u depoziciji super tvrdih prevlaka. Njena značajna prednost je mogućnost deponovanja sloja na različitim supstratima (metalima i nemetalima) većih površina. Posebno je perspektivan postupak laserski indukovano lučno isparavanje u vakuumu koji objedinjuje prednost laserske pulzirajuće parne depozicije (LPVD) i široko korišćenog lučnog isparavanja sa potpuno jonizovanom plazmom (VAD).

U oblasti HTO danas se intenzivno razvija i uvodi u industriju oprema za HTO u plazmi velikog broja proizvoda metaloprerađivačke industrije. Pri tome su prisutne dve tendencije: visokotemperaturna cementacija 900-1050⁰C i karbonitriranje (820-900⁰C) u vakuumskim pecima sa plazmom i brojne modifikacije niskotemperaturnog nitriranja i nitro-karburiranja u plazmi na oko 500⁰C, ali i u drugim medijumima. Pored standardnih postupaka HTO danas se intenzivno radi na usavršavanju metoda kompleksnog difuzionog legiranja celika i dr. metala u raznim medijumima (gasu, rastopu soli, cvrstim sredstvima, plazmi). Metode se zasnivaju na difuziji legirajućih elemenata u površinske slojeve delova na povišenim temperaturama, uz mogućnost formiranja površinske prevlake karbida, sulfida i dr. (postupci TD, TF-1, Caubet, Sulf BT i dr.).

Kod CUD postupka dolazi do taloženja prevlake iz gasne faze pri određenom pritisku (vakuumu). Postupak se izvodi na povišenim temperaturama (obično 900-1000⁰C) i pogodan je za nanošenje višeslojnih prevlaka visoke otpornosti na habanje. CVD postupci se masovno koriste za prevlačenje tvrdog metala, ali i za nanošenje ekstremno tvrdih prevlaka kubnog bor nitrida i dijamanta. Pri tome se proces odvija u plazmi (mikrotalasna, magnetoaktivna mikrotalasna plazma ili sl.), pri niskom pritisku (vakuumu), atmosferskom ili nad pritisku. Za nanošenje prevlaka dijamanta sličnog ugljeniku (postupak DLC) koriste se različite plazma tehnologije i razne varijante CVD, PVD i laserske tehnike. Veoma značajno mesto u prevlačenju alata, za radne uslove pri kojima ne zadovoljavaju dijamantske prevlake, imaju prevlake kubnog bar nitrida. Ove prevlake imaju tvrdocu skoro na nivou dijamanta, ali i veću hemijsku stabilnost na povišenim temperaturama.

PVD postupci se zasnivaju na nanošenju prevlaka fizičkom depozicijom iz gasne faze. Kod ovog postupka koji ima veliki broj modifikacija, materijal prevlaka se od izvora do osnove (substrata) prenosi u gasovitoj fazi po jednom od sledećih metoda:

- vakuumsko isparavanje (vacuum evaporation),
- raspršivanje (sputtering),
- jonsko prekrivanje (ion plating).

Razvoj PVD postupaka je rezultirao konstantnim rastom otpornošću na habanje nanetih slojeva. Zapocet je oko 1980. godine nanošenjem prevlaka TiN, TiAlN i TiZrN na reznim alatima od HSS celika, a razvijao se preko postupka nanošenja istih (ili sličnih prevlaka) na HSSE celicima, HSSE celicima dobijenim metalurgijom praha i tvrdom metalu, do nanošenja prevlaka keramike, nemetala, kubnog nitrida bora i dijamanta.

Danas se u oblasti prevlačenja metala i dr. najviše radi na unapređenju kvaliteta i brzine nanošenja prevlaka, poboljšanju konstrukcije uređaja i izradi univerzalnih uređaja za nanošenje više tipova supertvrdih prevlaka.

4. OCENA STANJA U POGLEDU NIVOVA OPREME, TEHNOLOGIJE I KADROVA KOD NAS

Sve do kraja devedesetih godina XX veka naša zemlja je u pogledu stanja opreme i nivoa tehnoloških postupaka "držala korak" sa najrazvijenijim zemljama. Ovakvo stanje je bilo posledica razvoja i izvozne ekspanzije mašinske industrije u veliki broj zemalja, pa i najrazvijenije zemlje (Nemacka, Italija, Francuska, SAD). Osnovni izvozni proizvodi bili su sve vrste alata, delovi motora i motornih vozila, proizvodi namenske industrije, poljoprivrednih mašina, ležajeva, vijkane robe, odlivaka i dr.

U pogledu stanja opreme za TO (HTO) kupovana je i uvedena u proizvodni proces veoma savremena oprema od najvećih svetskih proizvođača, kao i najkvalitetnije sirovine (soli, ulja, emulzije i dr.). U tom periodu uvedene su u proizvodni proces automatske - poluautomatske linije za TO u rastopu soli (FRA, IAT), kao i više postrojenja za HTO u rastopu soli (Prva petoletka i dr.), protodne linije za TO (HTO) u gasu (ZCZ, IMT, DMB i dr.), veliki broj peći za TO (HTO) u gasu i vakuumu (ZCZ, IMT, DMB, "14. oktobar", LŽT, "F. Kljajic", "Zmaj", FRA, "Goša", "Prvi partizan", "Moma Stanojlovic", JAL, VIS, FKL, FAP, IPM, TRZ, Krušik, "R. Sadiku", "Vineks", više instituta i dr.), veliki broj uređaja za indukciono i plameno kaljenje ("14. oktobar", ZCZ, FAP, IMT, DMB, MIN, LŽT, JAL, FRA, FAD, "Goša", "Krušik", "Prvi partizan" i dr.), oprema za CVD ("Prvi partizan") i PVD postupke (JAL, Institut za bakar).

U pogledu kvaliteta stručnog kadra i tehnološkog nivoa naša zemlja je imala razvojni potencijal u kadrovima, koji je prevazilazio tadašnji nivo stanja opreme. Zbog otvorenog tržišta, izvoza u najrazvijenije zemlje sveta i kupovine velikog broja licenci nama su bile dostupne najnovije tehnologije, literatura i sredstva.

Za proteklih 15 godina višestruko je smanjen obim proizvodnje u industriji prerade metala, a izvoz je sveden na minimum. U tom periodu zbog niskog obima saradnje sa najrazvijenijim zemljama veoma slabo je pracen njihov tehnološki razvoj, a postojeća razmena (bolje reci preuzimanje) kadrova, kao i realizovani projekti, nisu rezultirali osvajanjem novih tehnologija. U tom periodu nije bilo ozbiljnijih investicija u oblasti TO (HTO) u rastopu soli. U oblasti vakuumske tehnike kupljeno je nekoliko savremenijih peći (DMB, LŽT), nekoliko tehnološki naprednih atmosferskih peći i uređaja za površinsko kaljenje, dok u oblasti kompleksnog difuzionog legiranja i nanošenja prevlaka nije bilo ozbiljnijih investicija. U oblasti proizvodnje opreme za TO veci broj manjih domaćih proizvođača peći nisu u mogućnosti da prate postojeći tehnološki razvoj.

U proteklom periodu nabavljen je određen broj uređaja za ispitivanje delova posle TO (HTO), ali se najrazvijenija oprema (TEM, SEM, EDS, rendgen,...), koja se u visokorazvijenijim zemljama koristi za ispitivanja delova posle TO (HTO), po pravilu nalazi u institutima odvojenim od privrede. Pored toga u istom periodu, zbog poznatih događaja, tehnološkog zaostajanja i dr. veliki broj ponudjenih "lohn"-poslova nije realizovan, i prenet je u druge zemlje, dok je oprema nabavljena pre 1990. godine samo je manjim delom u funkciji (zbog smanjenog obima posla, potrebe za remontom i velikim nedostatkom kadrova za opsluživanje).

5. UMETSTO ZAKLJUČKA - GDE SU IZLAZI?

Generalni izlaz je u usvajanju filozofije da dostignuti tehnološki nivo u proizvodnji i istraživanju definiše nivo društva u zajednici naroda. To zahteva uozbiljavanje svih odgovornih ljudi, kao i ljudi u privredi, kako bi se usvojila i realizovala strategija "proizvodnje, razvoja i izvoza", pri čemu je povećan izvoz neophodan uslov za pracenje tehnološkog nivoa najrazvijenijih zemalja i obezbeđenje sredstava, pa i nivoa opreme i kadrova za TO (HTO) i nanošenje prevlaka.

Jedno od najvažnijih pitanja su kadrovi. U proteklom periodu najveći deo tada postojećeg kadra se našao van proizvodnih procesa, pa su sadašnji kadrovi u industriji nedovoljni i za održavanje postojećeg nivoa proizvodnje. Zbog prekida u kontinuitetu obuke novih kadrova, neadekvatnog sistema školovanja, obezbeđenje kadrova (tehnologa za TO i dr.) za upravljanje i održavanje visokosofisticirane opreme za TO (HTO) i nanošenje prevlaka predstavljace ograničavajući faktor ozbiljnijoj izvoznoj ekspanziji na izuzetno zahtevnom tržištu razvijenih zemalja.

LITERATURA

- [1] Tehnicke informacije (Ipsen, Aichelin, Degussa - Durferrit, Leibold, Loi, Balzers, Interatom, Metalplas ion, Peddinghaus, Radyne, H. ttinger, G. hring, Process Elektronik i dr.).
- [2] "Internationale Kundentagung", Ipsen, D. sseldorf, Zbornici 1998, 2000, 2002. i 2004.



Uvodni referat i Rad po pozivu

ISTORIJSKI PRIKAZ I TENDENCIJE DALJEG RAZVOJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA

Predrag Dašić, Ratomir Jecmenica, Bogdan Nedic

¹ Viša tehnološko tehnička škola, Kosanciceva 36, 37000 Kruševac i Viša tehnička mašinska škola, R. Krstica
19, 37240 Trstenik, E-mail: dasicp@ptt.yu

² Tehnički fakultet Cacak, E-mail: jecmenica@tfc.kg.ac.yu

³ Mašinski fakultet, Kragujevac, E-mail: nedic@kg.ac.yu

Rezime: U radu je data evolucija različitih koncepcija naučno-tehnološkog progressa sa aspekta proizvodnog mašinstva, od početka razvoja materijalne kulture ljudi, pa do danas. Opisuje se nastanak prvih mašinskih uređaja koji su pomogli čoveku pri radu, do složenijih uređaja – mašina i najzad do mašina upravljanih računarom. U drugom delu rada date su tendencije daljeg razvoja proizvodnog mašinstva sa različitih aspekata.

Ključne reci: proizvodno mašinstvo, tehničko-tehnološki razvoj

HISTORICAL DESCRIPTION AND TREND FUTURE DEVELOPMENT OF MANUFACTURING ENGINEERING

1. UVOD

Još od davnina čovek se trudio da izradi sredstva, koja će mu poboljšati životne uslove i prosperitet i pomoći mu da sa što više uspeha rešava različite zadatke. Tokom vekova razvoj ovih sredstava kretao se u dva pravca, i to:

- Razvoj sredstava koja pojačavaju njegovu snagu i
- Razvoj sredstava za umnožavanje snage njegovog uma.

U toku razvoja ljudske civilizacije čovek je prvo izmislio sredstva koja pojačavaju njegovu snagu pa zatim sredstva za umnožavanje snage njegovog uma, koja se bitno razlikuju od prvih.

Prva sredstva u ljudskoj civilizaciji bila su primitivna oruđa za rad i oružja kojima je uspešnije obezbeđivao opstanak u vrlo surovim uslovima života. Od prvih primitivnih alata do današnjih najmodernijih mašina, čovek neprekidno ulaže napore da uveća svoju fizičku moc. Tako se danas čovek susreće sa različitim alatima i mašinama koje čoveku uspešno pomažu ili ga zamenjuju u poslovima fizičke prirode.

Istorija mašinstva uopšte (pa samim tim i proizvodnog mašinstva) počinje zapravo kad i razvoj materijalne kulture ljudi. Prvo su pronađeni poluga, klin, kolo na vratilo, koturaca i slični uređaji koji su pomogli čoveku pri radu. Iz tih osnovnih uređaja, koja su služila i kao alat i kao oružje, nastali su složeniji uređaji – mašine. Pojava metala samo je zamenila kamen kao materijal od kojih su pravljani uređaji i alat kojim su ti uređaji obradivani. Za izradu mašina metal se počeo upotrebljavati tek u prošlom veku, premda su i ranije bili poznati metali klinovi, zakivci, rukavci ležajeva i slični metalni elementi.

Pronalazak parne mašine (J. Watt, 1765. godine) i usavršavanje njene konstrukcije bila je prekretnica u razvoju proizvodnog mašinstva, jer se pomoću tog uređaja prvi put moglo raspolagati pogonskom energijom nezavisno o prirodnim izvorima energije. Otuda se tempo razvoja proizvodnog mašinstva sve više ubrzavao pa je u veoma kratkom vremenskom periodu ostvaren veliki napredak od prve parne mašine do atomskog reaktora, od prve Stephensonove lokomotive "Rocket" do svemirske rakete i od prve mašine alatke do automatske linije.

Medutim, razvojem ljudske civilizacije čovek dolazi u priliku da rešava sve složenije zadatke umne prirode, koji prevazilaze njegove mentalne sposobnosti. Tako se npr. u mnogim praktičnim poslovima svakodnevnog života, kao i u mnogim primenama matematike javlja potreba za računanjem, odn. izvođenjem aritmetičkih operacija.

Tako, postoje tragovi napora vrlo starih civilizacija da se izrade sredstva u cilju lakšeg izvođenja računskih operacija i time doprinesu uvećanju umnih mogućnosti čoveka. Takva sredstva su: logaritmar, nomogram, razne vrste računaljki, mehanički kalkulatori, elektromehanički kalkulatori, elektronski kalkulatori, računari i dr.

Za razliku od pronalaska poluge, mašine na parni pogon, električne energije i sl. koji datiraju od pre stotina i više godina, računar datira od pre pedesetak godina. Znacaj pronalaska računara, kao sredstva za pojačanje snage i kapaciteta ljudskog uma u obavljanju intelektualnih rutinskih operacija kao što su npr. računске operacije, može se meriti sa znacajem poluge i koturace na polju fizike, kao sredstava za pojačanje fizičke snage čoveka. Međutim, dok su ljudima bili potrebni vekovi da prihvate polugu, godine da prihvate električnu energiju, dotle im je za prihvatanje računara i sagledavanje njegovih mogućnosti bilo potrebno vrlo kratko vreme. U suštini, obrada podataka na računaru sadrži sve elemente, koji su prisutni i pri ručnoj obradi, samo s tom razlikom što se proces računanja izvodi pomoću računara, pri čemu se postižu velike uštede u vremenu i znatno povećava tačnost obrade i time se omogućava rešavanje zadataka za čiju bi obradu bile potrebne godine strpljivog rada pri ručnoj obradi. Npr. kada je lansiran prvi veštacki satelit u orbitu zemlje, njegovu putanju računala je jedna matematičarka sa Moskovskog državnog univerziteta "Lomonosov", zašta joj je bilo potrebno ravno godinu dana. Taj isti posao računar je, uz korektno napravljen program, obavio za svega nekoliko minuta.

Od pojave prvog elektronskog računara 1946. godine pa do današnjih dana, razvoj računara uglavnom se poklapa sa revolucionarnim pronalascima iz oblasti elektronskih komponenti (elektronska cev, tranzistor, integrisana kola, kompleksna integrisana kola, mikroprocesor). Može se čak reći, da se nijedna grana nauke i tehnike nije razvijala takvim tempom kao što je to slučaj sa informacionim tehnologijama. Za pedesetak godina razvoja zabeležen je takav napredak kakav je mašinstvo ostvarilo u toku 2 do 3 veka razvoja. Sve veća minijaturizacija i smanjenje cena u oblasti računarske tehnike dovela je do toga da je danas jedan laptop ili notebook PC računar (veličine aktašne) višestruko moćniji i stotruko jeftiniji od prvog računara ENIAC-a (veličine celog sprata). Treba samo zamisliti kakav bi standard bio danas da su se druge naučne i privredne grane razvijale istim intenzitetom kao računarska i da je trend smanjenja cena ostalih proizvoda bio sličan računarskim. Danas bi automobil "rols-rojs" koštao 2,75 \$, a trošio bi 1 litar benzina na 10.000 kilometara. Avion kojim bismo putovali trošio bi samo dvadesetak litara kerozina. Dok bi put oko sveta trajao samo 20 minuta.

Tako su računari našli primenu u skoro svim oblastima ljudske delatnosti i u skoro svim sferama društva. Tako da gotovo i ne postoji moderno preduzeće u razvijenom delu sveta, koje je celavu svoju organizaciju prevelo u računarsku organizaciju, kako bi moglo da posluje ekonomično, efikasno i konkurentno na svetskom tržištu. Čak šta više vodeće sile proizvodnjom i upotrebom računara stiču prevlast u skoro svim oblastima ljudske delatnosti, jer upotreba računara obezbeđuje nedostižno povećanje produktivnosti u odnosu na tradicionalnu organizaciju proizvodnje i brži razvoj novih proizvoda, tehnika i tehnologija. Pa zbog činjenice da prestiž u informacionoj tehnologiji predstavlja najvažniju globalnu perspektivu razvoja i osigurava stabilan ekonomski položaj, a time i značajan politički uticaj vodeće sile pokrenule su zadnjih desetak godina niz projekata kao npr. [1]: projekat 5G u Japanu, SCS, MCC, SRC, MCNC i dr. u SAD, Esprit i EUREKA u zemljama Evropskog zajedničkog tržišta i dr., čiji je osnovni zadatak ostvarivanje tehnoloških uslova za razvoj superinteligentnih računara i veštacke inteligencije. Iz tih razloga je potpuno opravdana i tvrdnja svetski poznatih ekonomista kako je kompjuterizacija prva stvar kojoj zemlje u razvoju moraju pristupiti ako žele da uhvate korak sa razvijenim.

Pronalazak prvog elektronskog računara (ENIAC, 1946. godine) i usavršavanje njegove konstrukcije bila je prekretnica u razvoju proizvodnog mašinstva, jer se pomoću njega prvi put moglo upravljati mašinom, tehnologijom i proizvodnjom. Tempo razvoja proizvodnog mašinstva u tom periodu se višestruko ubrzavao pa je u veoma kratkom vremenskom periodu ostvaren veliki napredak od prve NC mašine do FTS, ili od jednog CAD softverskog sistema do drugog savremenijeg, boljeg, sa daleko većim mogućnostima.

Sve ove činjenice ukazuju da dosadašnji razvoj ljudske civilizacije, uopšte (pa tako i proizvodno mašinstvo), a naročito razvoj ljudske civilizacije u budućnosti sve više će zavisiti od položaja nauke i njene primene, a sve manje od količine uloženog rada i proste količine sredstava koja pojačavaju njegovu snagu. Smatra se da će nauka i nauci postati avangarda novog društva, a nauka i tehnologija su u savremenom svetu osnova naučno-tehnološkog progressa, čiji je razvoj nezamisliv bez transfera znanja i tehnologija.

2. EVOLUCIJA RAZLIČITIH KONCEPCIJA NAUČNO-TEHNOLOŠKOG PROGRESA SA ASPEKTA PROIZVODNOG MAŠINSTVA

Promene u dinamici znanja tokom vremena dovode do sve bržih promena i razvoja različitih koncepcija naučno-tehnološkog progressa. U dosadašnjem razvoju društva, odn. naučno-tehničkom progressu, primena znanja na različita područja ljudske delatnosti dovela je do revolucionarnih promena, tako da se razlikuju četiri koncepcije u razvoju društva:

- **I koncepcija razvoja društva – poljoprivredno društvo** (znanje primenjeno na sredstva za pojačavanje fizičke snage čoveka),

- **II koncepcija razvoja društva – industrijsko društvo** (znanje primenjeno na proizvodne procese i proizvode),
- **III koncepcija razvoja društva – informatičko društvo** (znanje primenjeno na znanje, odn. na sredstva za umnožavanje snage ljudskog uma) i
- **IV koncepcija razvoja društva – društvo znanja** (znanje u funkciji kreativnosti).

Fazni razvoj društva sagledan prema konkretnim podacima u vremenskoj dimenziji prostora, zadnjih 300 godina, sada teži novom talasu "društvu znanja".

Prema promeni strukture zaposlenih po različitim sektorima (poljoprivreda, industrija, informacije i usluge) u SAD-u, za poslednjih 150 godina uočava se da se u SAD-u tek početkom prošlog veka od dominantnog poljoprivrednog prešlo na dominantno industrijsko društvo. Kraj druge koncepcije razvoja društva označava prelazak u dominantno informatičko društvo, koje je prema ovom kriterijumu počelo početkom 1970-ih godina, kada je broj radnika koji rade na obradi informacija u SAD-u, prešao broj industrijskih radnika. Automatizacija obrade informacija i razvoj računara u zadnjih četrdesetak godina prošlog veka dovodi do smanjenja trenda porasta zaposlenih u obradi informacija. Tako se kao početak tzv. društva znanja ili naučnog društva označava početak III milenijuma.

Osnov društva znanja će biti razvoj tehnologija na bazi obnovljivih izvora energije i način na koji će čovek pravilnije iskoristiti znanje – bogatstvo koje je najvažnije i najrasprostranjenije. U tom društvu čovek će moći više nego ikad do sada da se ponovo vrati sebi, da se bavi naukom, sportom, kulturom, ali i sopstvenim duhovnim uzdizanjem. Društvo znanja predvideli su Arthur Harkins i Brennan Foli sa Minesota univerziteta iz Mineapolisa (SAD) na WESF konferenciji u Nagoji (Japan) još 1989. godine, predviđajući da će zameniti informatičko društvo. O karakteristikama tog društva, o procesima i pojavama koje će dominirati još uvek se veoma malo zna.

Osnova nastanka novih koncepcija razvoja društva je postepena stagnacija ili čak gašenje pojedinih trendova i promena i pojava novih nosioca razvoja.

Na početku svakog od tih koncepcija razvoja društva postojala je revolucionarna promena u načinu proizvodnje, odn. sredstvima za proizvodnju: alatima, uređajima, mašinama i znanju o načinu proizvodnje (tehnologijama). Te promene uslovile su skraćivanje radnog vremena, sa 14, na 12, pa 10 i sada 8 časova dnevno, i povećale granicu početka rada, sa 12 i 14 godina, na 16 i 18 godina i sada na 20 pa i više godina. Pomeranjem granica početka rada u informatičkom društvu i društvu znanja produžava se period edukacija i pripreme za rad. Skraćivanjem radnog vremena pojavljuje se slobodno vreme, raste standard ljudi i kulturne potrebe, što ima za posledicu menjanje čovekove svesti i stvaranje novih institucija u društvu.

Kao posledica razvoja i poboljšanja uslova života naglo raste i broj ljudi na zemlji, pri kraju i posle poljoprivrednog društva. Tako je 1800. godine bilo milijardu stanovnika na zemlji, posle čega počinje ubrzano da raste. Vec 1900. godine bilo je 2 milijarde, 1930. godine 3 milijarde, a 1950. godine 4 milijarde. Prema ovim predviđanjima 2015. godine biće 8 milijardi stanovnika.

Glavni pravac ljudskih civilizacija išao je od Mesopotanije na obale Sredozemnog mora, pa u Grčku i Rim, a zatim u Aziju. Zatim je nastupio jedan hiljadugodišnji zastoj do pojave prve industrijske revolucije u Evropi. Zatim se težište industrijske revolucije seli u SAD, koja postaje vodeća industrijska zemlja. A takode i ono što se sada dešava započelo je u SAD. Ovaj talas je delimično ponovo stigao u Aziju, tačnije u Japan, jednoj od vodećih informatičkih zemalja, koja najbrže implementira informatičke inovacije u proizvodnji.

2.1. Poljoprivredno društvo

I koncepcija razvoja društva (poljoprivredno društvo) je period u kojem se čovek počeo da obrađuje zemlju pomoću primitivnih oruđa za rad izradenih od kamena i drveta i tek kasnije od metala. Sve pojave u poljoprivrednom društvu nisu bile tako drastične, burne i nagle, već su došle same po sebi kao logična posledica života u tom dobu.

Prvi počeci poljoprivrednog društva mogu se nazirati i u paleolitskom (staro kameno doba), mezolitskom (srednje kameno doba) i neolitskom (mlade kameno doba) dobu. U paleolitskom dobu ljudi su živeli samo od plodova prirode i lova. U neolitskom dobu ljudi počinju da se naseljavaju pored reka u plodnim dolinama i sami da proizvode hranu, baveći se poljoprivredom i pripitomljavanjem životinja. To je period kada počinju da se formiraju veća naselja, nastaju prve civilizacije, kada ljudi ovladavaju proizvodnjom žitarica, stocarstvom i kada su nastajali mnogi zanati. Formiranjem većih naselja počinje da se obavlja prva razmena robe, tzv. trampa, prva vrsta trgovine, što je izmenilo njihov način ishrane (npr. upotreba posuda i sl.), odevanja i način života u celini. Transformacija iz mezolitskog u neolitsko doba predstavlja najkrupniji korak koji je čovek načinio u periodu pre nove ere, od svog odvajanja zavisnog od prirode (životinjskog porekla). Kasnije su nastale brojne civilizacije od kojih su najuspešnije bile: Sumerska, Egipatska, Egejska, Sirijska, Helenska (Grčka i Rimska) i Vizantijska. U srednjem veku se pojavljuju još Arapska, neke južnoameričke i konačno "zapadna" civilizacija, koja je imala najveći uticaj na razvoj društva uopšte.

Najuočljivija činjenica paleolitskog, mezolitskog i neolitskog doba je da je skoro pola miliona godina ljudska tehnologija bila ograničena sporim promenama u razvoju kamenog oruda.

Na kraju kamenog doba čovek otkriva:

- tajnu proizvodnje hrane – poljoprivrede, koja se sastojala od otkrica odnosa semena i zemlje – pojave i procesa gajenja biljaka i
- mogućnosti pripitomljavanja životinja.

Tada počinje u okviru "radionica" proizvodnja oruda, ne samo od kamena, nego od kosti i naravno drveta. Osnovne poljoprivredne alatke tog doba bile su srp, kosa i drveno ralo, sa pricvršćenim komadom zaoštrenog kamena i sa metalnim vrhom, kojeg su vukle krave ili volovi. Sa drvenim ralom se veoma teško radilo, jer je čovek ulagao velike napore dok je držao plug a morao je da vodi racuna i o životinjama koje su vukle plug. Kasnije je počela upotreba pluga sa tockovima, kojim je mogla da se obrađuje i zemlja u kišovitim i mocvarnim predelima.

Novi skokovit pomak nastaje pojavom traktora sa nizom priključnih mašina (plugovi, razne sejacice, uređaji za sitnjenje zemlje ili drljace i sl.), koje su traktori vukli prilikom obrade zemlje. Traktor Lanz-Bulldog iz 1921. godine je direktna preteca današnjih traktora sa dizel motorom, a Deutz-Bauerschlepper 11PS iz 1936. godine je približan današnjem izgledu. Razvoj ovih mašina uslovljavao je i razvoj novih tehnologija, mašina, alata i pribora za obradu njegovih delova.

2.2. Industrijsko društvo

II koncepcija razvoja društva (industrijsko društvo) je period u kojem je čoveka postepeno zamenila mašina, odn. čovekovu i druge energije zamenila nova energija. U početku nastanka industrijskog društva čoveka je mašina delimično menjala u obavljanju određenih radnji, da bi se što je vreme više prolazilo došlo u pojedinim segmentima proizvodnje do tzv. potpune automatizacije. Mocne mašine, prvo pogonske, pa zatim i radne mašine (npr. predilice u tekstilnoj industriji i strugovi, bušilice, prese i dr. u metalnoj industriji), oko kojih su nastajali industrijski pogoni, omogućile su masovnu proizvodnju. Sve pojave u industrijskom društvu bile su drastične, ogromne i suštinske, kao posledica promena u ljudskom načinu života koje su nastale u tom periodu.

Jedan od prvih naučnika koji je jasno definisao karakteristike industrijskog društva bio je N. Viner (N. Wiener). On je u okviru industrijskog društva definisao dve industrijske revolucije, i to:

- prva industrijska revolucija, u kojoj su se čovekove fizičke sposobnosti u proizvodnji multiplikovale uz pomoć mašina i
- druga industrijska revolucija, u kojoj su se čovekove umne sposobnosti u procesu proizvodnje multiplikovale uz pomoć elektronskih mašina, u prvom redu računara i računarom upravljanih mašina.

Obično se smatra da je industrijsko društvo nastalo posle pojave prve mašine na sopstveni pogon (Vatova parna mašina), otprilike oko 1870-ih godina. Vatova zasluga kod pame mašine je bila u tome što je primenio regulator koji je omogućio stalan rad parne mašine. Vatov regulator je omogućio automatsku regulaciju rada parne mašine, preko višeg ili manjeg broja obrtaja sa više ili manje uvođenja vodene pare u cilindar parne mašine.

Postoje i druga mišljenja po kojima je industrijsko društvo počelo početkom 20 veka.

Pronalaskom parne mašine i elektromotora, koje su se odnosile na pogonski deo mašine, započeo je proces **mehanizacije** sredstava rada, a primenom elektronskih komponenti i računara u sredstvima za proizvodnju (upravljački deo mašine) nastaje proces **automatizacije**, pre svega mašina.

Posle pronalaska parne mašine dolazi pronalazak motora sa unutrašnjim sagorevanjem, pa zatim pronalazak i primena elektromotora itd.

Razvoj elektronskih komponenti započinje pojavom elektronskih cevi, preko tranzistora do integrisanih kola malog (SSI), srednjeg (MSI), visokog (LSI), vrlo visokog (VLSI) stepena integracije i integrisanih kola vrlo velike brzine (VHSIC). U bliskoj budućnosti predviđa se primena i tzv. "bio-cipova". Sve ove komponente bile su osnova razvoja i primene računara, čijom je pojavom i primenom u industriji nastao novi podsticaj sredstava rada, otvoren je proces potpune automatizacije, a time i skok u produktivnosti.

Jedna od posebnih oblasti primene računara je i u:

- automatizaciji i upravljanju tehnoloških procesa u proizvodnji pomoću tzv. upravljačkih jedinica za NC (Numerical Control) i CNC (Computer Numerical Control) mašine,
- upravljanju pomoćnih procesa pomoću robota i
- totalnom upravljanju tehnoloških procesa pomoću FMS (Flexible Manufacturing System), IMS (Intelligent Manufacturing System) i RMS (Reconfigurable Manufacturing System).

Prva NC mašina realizovana je 1952. godine u laboratoriji MIT-a (Massachusetts Institute of Technology) za potrebe vojnog vazduhoplovstva. Danas NC, CNC, FMS, RMS i roboti imaju veliku primenu u svim vidovima proizvodnje u metalnoj, tekstilnoj, hemijskoj i drugim industrijskim granama.

Industrijsko društvo je trebalo da bude nešto što bi "fizički" i "intelektualno" multiplikovalo čovekovu ulogu u procesu proizvodnje. Jedna od ideja su i mikroorganizmi, koje treba razviti i naučiti da u posebnim uređajima

proizvode ono što je čoveku potrebno. Do sada je u tome bilo veoma uspešnih eksperimenata sa bakterijama koje izdvajaju bakar iz rude, proizvode alkohol na 40 °C, proizvode šećer na 60 °C i sl.

2.3. Informatičko društvo

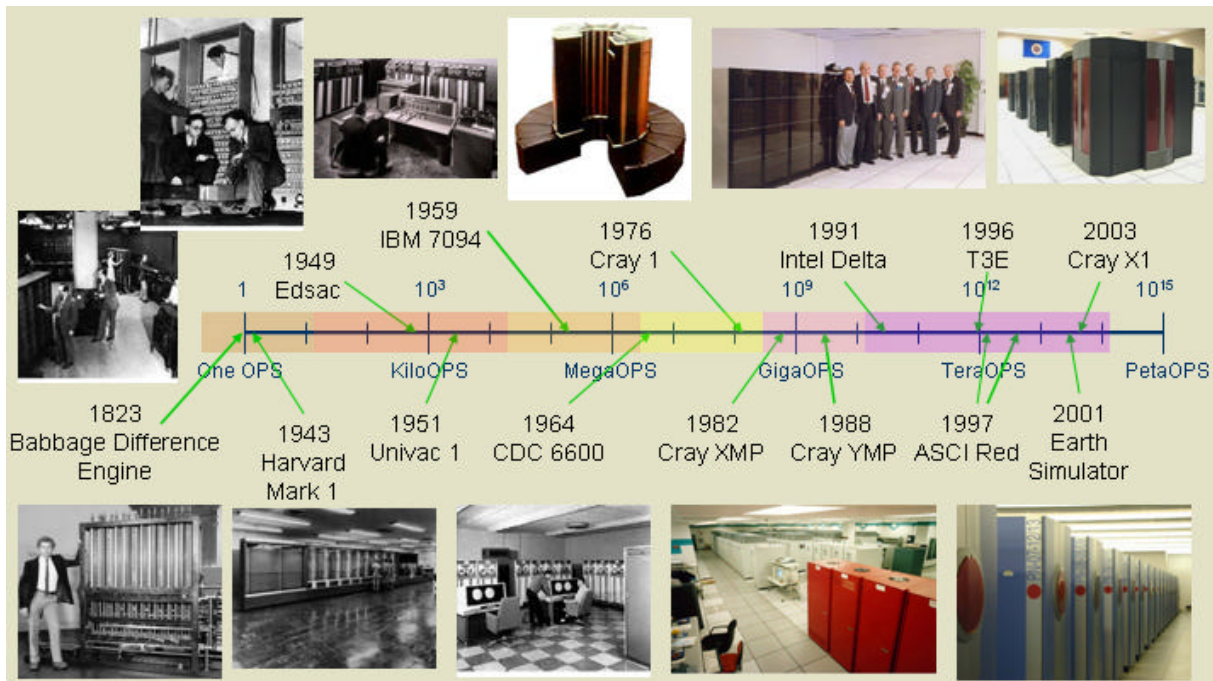
III koncepcija razvoja društva (informatičko društvo) je naročito revolucionarno razdoblje u ukupnom naučno-tehničkom progresu.

Obično se smatra da je informatičko društvo nastalo pojavom prvih mikroprocesora, do tada najkomplikovanije i najsavršenije elektronske komponente i velikim trendom primene računara početkom 70-ih godina prošlog veka. Postoje i druga mišljenja po kojima je informatičko društvo počelo početkom 1970-ih godine. Međutim, kao početak informatičkog društva uzet je razvoj novih informacionih tehnologija i ekspanzija njihove primene a ne promena strukture broja zaposlenih u SAD-u.

Informatičko društvo su obeležila dva pravca:

- razvoj mikroprocesorske tehnologije, mikroracunara i mašina upravljanih računom i
- razvoj novih nematerijalnih tehnologija, odn. savremeno upravljanje (menadžment) svim aktivnostima relevantnim za uspešnu proizvodnju, kao što su npr.: JIT, CIM, TQM i sl.

Evolucijski razvoj informatičkog društva prikazan je na slici 1.



Slika 1: Graficki prikaz evolucijskog razvoja računara i njihove brzine izvršavanja operacija

2.4. Društvo znanja

IV koncepcija razvoja društva (društvo znanja), odn. naučno-tehnološkog progresu, usmeren ka društvu znanja u središte zbivanja stavlja licnost i njegovo znanje uz primenu informacionih tehnologija, naročito informaciono-ekspertnih sistema (*Informatic-Expert Systems – IES*), računarskih mreža i Interneta. Društvo znanja ima danas nove pristupe sa više aspekata: znanja, proizvoda, kvaliteta, tehnologija, informaciono-ekspertnih sistema, vremena, prostora itd.

Savremeno društvo znanja je društvo specijalista znanja – eksperata. Ono mora da funkcioniše u timovima (skup kolega – saradnika), na bazi pravila jednakih. Položaj svakog eksperta u timu koji poseduje znanje određen je doprinosom koji on pruža zajedničkom poslu, pre nego bilo kakvom unutrašnjom nadmoćnošću ili podređenošću. Društvo znanja nije društvo tzv. "šefova" i "podređenih", ono mora da je organizovano kao tim eksperata (strucnjaka) saradnika.

Da bi zemlja imala uspeh i da bi proizvodila u budućnosti mora:

- da transformiše proizvodnju od delatnosti zasnovane na radnoj snazi u delatnost koja je zasnovana na znanju, pa samim tim i sistemima zasnovanim na znanju i
- da poseduje bazu eksperata i bazu znanja.

Eksperti su nezavisni – oni poseduju "sredstvo za proizvodnju", tj. svoje znanje, i mogu ga primeniti samo tamo gde postoji društvo, zemlja ili organizacija u kojoj ce oni stvarati i gde ce im biti omoguceno stvaranje. Pozitivne promene u stvaranju društva znanja mogu se ostvariti samo razvojem sopstvene metodologije i kroz permanentne i stalne procese edukacije, koji su primereni našoj zemlji ili cak lokalnoj sredini, imajući u vidu naše kulturne, psihološke i prirodne osobenosti.

Ono što je osnova naucno-tehnološkog progressa je sagledavanje globalnih razvojnih aspekata novih tehnologija. Ovu cinjenicu potvrđuje i P. Draker, koji u svojoj knjizi: "Inovacije i preduzetništvo" kaže da nove tehnologije nisu samo novi materijali, procesi ili tehnologije vec su to i nova saznanja o proizvodnim procesima i novi menadžment preduzećem.

Osnovne komponente nove koncepcije razvoja društva, tj. "**društva znanja**", su informacije i znanje, direktno povezane sa upravljanjem kvaliteta proizvoda i usluga i upravljanjem zaštite životne sredine.

U društvu znanja dominiraju oblasti kao što su:

- eScience,
- **KE** (*Knowledge Engineering – inženjering znanja*),
- **KBS** (*Knowledge Based Systems – Sistemi bazirani na znanju*),
- Veštacka inteligencija u svih vrstama tehnologija itd.

3. DEFINICIJE I OBLASTI PROIZVODNOG MAŠINSTVA

Proizvodno mašinstvo (*Manufacturing or Production Engineering* ili u novije vreme *Industrial Engineering*) je posebna oblast mašinske tehnike, koja ima dugu istoriju u toku razvoja covecanstva. Pojedini autori na razlicite nacine definišu "Proizvodno mašinstvo" kao oblast mašinstva, tako da u naucno-strucnoj literaturi postoji mnoštvo razlicitih definicija i objašnjenja, koje se odnose na ovu oblast. Neke od njih su:

- "Proizvodno mašinstvo predstavlja uspešno korišćenje savremenih tehnika ukljucujuci raspored mašina, najpogodnije korišćenje ljudskih resursa i bezbednih operacija", prema Enciklopediji Britanica [1];
- "Proizvodno mašinstvo je inženjerska disciplina koja se bavi projektovanjem, razvojem, implementacijom i ocenom integrisanih sistema ljudi, znanja, opreme, energije i materijala. Ono crpi principe inženjerske analize i sinteze kroz matematicke, fizicke i socijalne nauke", prema Enciklopediji Wikipedia [24];
- "Proizvodno mašinstvo je grana tehnike koja se bavi konstrukcijom i proizvodnjom mašina, izborom materijala za njihovu proizvodnju i izucavanjem uslova u njegovoj eksploataciji. Takode pronalazi konstruktivna i tehnološka rešenja za rentabilnu proizvodnju mašina koja ce najbolje iskoristavati izvore energije, imati najmanje dimenzije i težinu, biti lagani i jednostavni za posluživanje i imati što duži vek trajanja", prema Opštoj Enciklopediji [11];
- "Proizvodno mašinstvo predstavlja zajednicki sadržalac celokupnog mašinstva u fizickoj realizaciji razlicitih dobara, a odnosi se na sredstva i metode proizvodnje, prvenstveno u metalnoj industriji", prema prof. dr Vladimiru B. Šolaji [19];
- "Proizvodno mašinstvo podrazumeva sveukupnost teorijskih i fizicki realizovanih ostvarenja u sferi sredstava i metoda sekundarnih obrada gradivnih materijala", prema prof. dr Predragu Popovicu;
- "Proizvodno mašinstvo proucava principe obrade ili teoriju obrade koja se realizuje korišćenjem brojnog asortimana razlicitih proizvodnih, odn. tehnoloških mašina, koje imaju zadatak da u odgovarajucim tehnološkim procesima preraduju materijal transformišuci ga pri tome u mnoštvo komponenti razlicitih proizvoda, odnosno kroz proces montaže u finalne proizvode", prema prof. dr Sretenu Uroševicu [21] itd.

Sve navedene definicije "Proizvodno mašinstvo" kao oblast mašinstva se šire koriste i predstavljaju neku trajniju naucnu vrednost.

Karakteristicne proizvodne tehnologije i oblasti proizvodnog mašinstva prema vecini autora [5,7-10,13,16-18,20,21] su:

- *Tehnologije, mašine, alati i pribor za obradu rezanjem*: struganje, glodanje, bušenje, rendisanje, provlacenje, secenje, rezanje navoja, brušenje i sl.;
- *Tehnologije, mašine, alati i pribor za obradu deformacijom*: kovanje, sabijanje, istiskivanje, izvlacenje, savijanje, odsecanje, prosecanje i probijanje, hidro oblikovanje, radiaktivno oblikovanje i sl.;
- *Tehnologije, mašine, alati i pribor za obradu odnošenjem*: **EDM** (*Electrical Discharge Machining – obrada elektroerozijom*), **LBM** (*Laser Beam Machining – obrada laserom*), **EBM** (*Electron Beam Machining – obrada mlazom elektrona*), **PAM** (*Plasma Arc Machining – obrada plazmom*), **IBM** (*Ion Beam Machining – obrada jonskim mlazom*), **USM** (*Ultrasonic Machining – obrada ultrazvukom*), **AJM** (*Abrasiv Jet Machining – obrada abrazivnim mlazom*), **WJC** (*Water Jet Cutting – rezanje vodenim mlazom*), obrada abrazivnim cesticama u elektromagnetnom polju, elektrohidraulicka obrada, **CM** (*Chemical Machining – hemijska obrada*), **ECM** (*Electro-Chemical Machining – elektro-hemijska obrada*), **ECG** (*Electro-Chemical*

- Grinding* – elektrohemijsko brušenje), **ECH** (*Electro-Chemical Honing* – elektrohemijsko honovanje), **ECDM** (*Electro-Chemical DiscHarge Machining* – elektrohemijska elektroeroziona obrada);
- Tehnologije, mašine, alati i pribor za zavarivanje;
 - Mašine, alati i pribor za mikro i nano tehnologije;
 - Tehnologije, mašine, alati i pribor za dodatne procese: 3D štampa, **CVD** (*Chemical Vapour Deposition* – hemijsko nanošenje pare) prevlacenje, **PVD** (*Physical Vapour Deposition* – fizicko nanošenje pare) prevlacenje, lasersko sinterovanje, **RP** (*Rapid Prototyping* - brza izrada prototipa, odn. brzo prototipiranje) i sl.;
 - Obradni i tehnološki sistemi upravljani pomocu racunara: **NC** (*Numerical Control* – numericko upravljanje), **CNC** (*Computer Numerical Control* - racunarsko numericko upravljanje), **DNC** (*Direct Numerical Control* – direktno numericko upravljanje), **PLC** (*Programmable Logic Control* - programabilni logicki kontroler) i sl.;
 - Automatski tehnološki sistemi: transfer mašine, montažni sistemi, automatski sistemi i celije, **FMS** (*Flexible Manufacturing Systems* - fleksibilni proizvodni sistemi), **IMS** (*Intelligent Manufacturing Systems* - inteligentni proizvodni sistemi), **RMS** (*Reconfigurable Manufacturing Systems* - rekonfigurabilni ili brzo izmenljivi proizvodni sistemi);
 - Tehnologije i oprema za transport i rukovanje materijalom: transporteri, automatski prenosnici vodeni motorom, izmenljive palete, industrijski roboti i sl.;
 - Proizvodni informacioni sistemi,
 - **CAx** tehnologije i ostali softverski sistemi: **CAD** (*Computer Aided Design* - projektovanje pomocu racunara), **CAM** (*Computer Aided Manufacturing* – proizvodnja pomocu racunara), **CAPP** (*Computer Aided Process Planning* – planiranje procesa pomocu racunara), softver za program optimizacije, softver za integraciju tehnologija i sistema i sl.;
 - Efektivnost, održavanje, pouzdanost i dijagnostika obradnih, tehnoloških i proizvodnih procesa i sistema;
 - Menadžment kvalitetom, ISO 9000, ISO 14000, TQM i menadžment u proizvodnom mašinstvu,
 - Proizvodna metrologija i kvalitet;
 - **CIM** (*Computer Integrated Manufacturing* - racunarski integrisana proizvodnja) koncept preduzeca i **PLM** (*Product Lifecycle Management* - upravljajne životnim ciklusom proizvoda) model proizvoda;
 - Primena veštacke inteligencije u proizvodnom mašinstvu itd.
- U direktnoj sprezi sa proizvodnim mašinstvom su i sledece naucne discipline:
- Sistemsko inženjerstvo (*Systems Engineering*);
 - Operaciona istraživanja (*Operations Research*);
 - Ergonomija (*Ergonomics*);
 - Vrednosno inženjerstvo (*Value Engineering*);
 - Inverzno inženjerstvo (*Reverse Engineering*) itd.

4. TENDENCIJE DALJEG RAZVOJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA

Proizvodno mašinstvo u novom milenijumu za proizvodnju obezbeduje nove mogucnosti za razvoj materijalne baze na osnovama informacionih tehnologija, koje omogucavaju dalje usavršavanje prvih. Tako se pojavljuju mocni racunarski sistemi koji omogucavaju efikasno projektovanje proizvoda sa mogucnosti proracunama metodom konacnih elemenata (FEM), projektovanje za proizvodnju, upravljanje proizvodnjom, CIM, TQM, PLM i sl. Tendencije daljeg razvoja proizvodnog mašinstva usmerene su, prema mnogim autorima, u sledecim pravcima:

- Konceptiji životnog ciklusa u realizaciji proizvoda,
- Tehnologiji na osnovu virtuelne realnosti u realizaciji proizvoda,
- Realizaciju brzo-promenljivih proizvodnih sistema (FMS, IMS, RMS),
- Nove konceptije u projektovanju i realizaciji mašina alatki (npr. paralelne mašine),
- Mikro nano tehnologije,
- Sinteza 3-D objekata pomocu lasera,
- Nove nekonvencijalne metode obrade materijala (laserska obrada, vibro-obrada) i sl.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog mogu se izvesti sledeci zaključci:

- Istorija mašinstva uopšte (pa samim tim i proizvodnog mašinstva) pocinje zapravo kad i razvoj materijalne kulture ljudi,

- Razvoj ljudske civilizacije, uopšte (pa tako i proizvodno mašinstvo), a naročito razvoj ljudske civilizacije u budućnosti sve više će zavisiti od položaja nauke i njene primene, a sve manje od količine uloženog rada i proste količine sredstava koja pojačavaju njegovu snagu,
- Naučno-tehnički razvoj čovečanstva je usmeren ka društvu znanja koje u središte zbivanja stavlja ličnost i njegovo znanje uz primenu informacionih tehnologija, naročito informaciono-ekspertnih sistema (IES), računarskih mreža i Interneta,
- Proizvodno mašinstvo u novom milenijumu za proizvodnju obezbeđuje nove mogućnosti za razvoj materijalne baze na osnovama informacionih tehnologija, novih proizvodnih tehnologija (npr. mikro i nanotehnologijr, laserska obrada, vibro-obrada i sl.) i novih proizvodnih i tehnoloških sistema (FMS, IMS, RMS i sl.).

LITERATURA

- [1] *Britannica, the Encyclopedia on Web site* (URL: <http://www.Britannica.com/>)
- [2] Dašić P.: *Enciklopedija ICT skraćena i akronima* (u pripremi)
- [3] *European Information Technology observatory: EITO Report 2001, March 2001.*
- [4] Heisel U., Stehle T.: *Trends in Machine Tools and Manufacturing Systems for the Future*, Proceedings of 5th International Conference on Advanced Mechanical Engineering & Technology - AMTECH'99, p. 6-27, Plovdiv, Bulgaria, 23 - 25. june 1999.
- [5] Ivković B.: *Teorija rezanja*, Samostalno autorsko izdanje, Kragujevac, 1991. – 354 s.
- [6] Jovanović B. i dr.: *Nova tehnologija i održivi razvoj*, Zbornik radova II međunarodne konferencije Teška mašinstvo, Mataruška Banja, s. 4.188-4.193, 1996.
- [7] Jovičić M.: *Obrada rezanjem*, Mašinski fakultet, Beograd, 1993. - 300 s.
- [8] Kalajdžić M.: *Tehnologija mašinstva I, I deo*, Mašinski fakultet, Beograd, 1983. – 261 s.
- [9] Lazarević B., Radovanović M.: *Nekonvencionalne metode, Obrada materijala odnošenjem*, Mašinski fakultet, Niš, 1994.. – 264 s.
- [10] Milikić D., Kovač P.: *Postupci obrade skidanjem materijala - Stanje i tendencije razvoja*, Monografija naučne konferencije sa međunarodnim učešćem "Mašinstvo za XXI vek", s. 101-118, 1995, Novi Sad
- [11] Opća enciklopedija, Jugoslevenski leksikografski zavod, Zagreb, 1981.
- [12] Popović P.: *Globalni problemi sistema kvaliteta*, Zbornik radova naučno-stručnog skupa IRMES'95, s. 19-28, Niš, 1995.
- [13] Radovanović M.: *Tehnologija mašinstva, Obrada rezanjem*, Mašinski fakultet, Niš, 2002. 328 s.
- [14] Ristić D.: *Tehnološki razvoj, "AGORA"*, Beograd, 1992. – 175 s.
- [15] Ristić D., Đurić Z., Adžić S.: *Upravljanje razvojem, "AGORA"* - Beograd i Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin" - Zrenjanin, Beograd-Zrenjanin, 1993. – 226 s.
- [16] Spur G., Stoferle T.: *Hanbuch der Fertigungstechnik, Band 3/1 Spanen*, Carl Hanser Verlag, Munchen, Wien, 1980.
- [17] Stanić J.: *Teorija obrade metala*, Mašinski fakultet, Beograd, 1994. – 350 s.
- [18] Старков В. К.: *Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве*, Машиностроение, Москва, 1989. – 296 с.
- [19] Šolaja B. V.: *Proizvodno mašinstvo 1965-1975 – mesto IR-delatnosti u privrednom napredovanju* (uvodni referat), Zbornik radova X Savetovanja proizvodnog mašinstva, knjiga 1, Uvodni referati, s. UR.1.1-UR.1.108, Beograd, 9-10. oktobra 1975.
- [20] Trent E. M.: *Metal cutting*, Butterworths, London - Boston, 1980.
- [21] Urošević S.: *Proizvodno mašinstvo, I deo, Teorijske osnove mašinske obrade u komadnoj proizvodnji*, Naučna knjiga, Beograd, 1987. – s. 600
- [22] Victor H., Muller M., Opferkuch R.: *Zerspantechnik, Teil II: Drehe, Hobeln und Stoßen, Raumen, Bohren, Frasen*, Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1983.
- [23] *Wikipedia, the free encyclopedia on Web site* (URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

INDEKS AUTORA

Aleksandrovic, Srbislav	57
Ciric, Radovan	83
Dašic, Predrag	11, 95
Dolecek, Vlatko	29
Đorđević, Ljubodrag	XIII
Đuric, Sava	11
Jecmenica, Ratomir	11, 95
Jurkovic, Milan	29
Karabegovic, Isak	29
Mandic, Vesna	57
Milacic, Vladimir	1
Nedic, Bogdan	95
Popovic, Predrag	11
Radovic, Nenad	47
Stefanovic, Milentije	57

SPONZORI SAVETOVANJA

Fabrika reznog alata - ALATI I PRIBORI d.o.o Cacak

KOMPANIJA „SLOBODA“ - Cacak



CER - Cacak

„MILAN BLAGOJEVIC“ - Lucani

INDUSTRIJSKI KOMBINAT – Guca

LITOPAPIR - Cacak

AUTOCACAK – Cacak



Prodaja motornih vozila, delova i pribora za motorna vozila, održavanje i popravka motornih vozila
Generalni uvoznik za SCG Škoda Auto
Konjevici tel: 032/303 506 fax: 032/381 973



ATENIC COMERCE

Promet proizvodima crne metalurgije,
usluge secenja laserom i makazama,
perforiranje i savijanje lima

Cacak Bulevar oslobodilaca 91 Cacak

tel.fax/ ++381 (32) 373 333, 373 334, 373 335, 373-336 fax: 373 339

email: atenic@eunet.yu



UNIPROMET – Cacak

Preduzece za proizvodnju i
promet reklamnog materijala

Đorda Tomašević 2 tel: +381 (32) 357 030

UNIPROMET

SLOVAS – Cacak

Bulevar oslobodjenja 106 Cacak

tel/fax. 032 374 444 <http://www.slovas.co.yu>



OSLONAC – Cacak

Tehnicke i poslovne usluge,
reklamno propagandni materijal, marketing i
propaganda, sudsko veštacenje,



LASER – Kraljevo

Graficka delatnost , Trgovina na veliko i malo

Naselje Šeovac, Kraljevo

tel.036/391-591,391-286

email: laser@tron-inter.net



OTISAK SNOVA OD BOJA I SLOVA!

PREDUZECE · FILIPOVIC· Cacak - Projektovanje i izrada stambenih i

poslovnih objekata

Cacak, Cara Lazara 23

tel/fax:032/222-672



ELEKTROVAT Cacak

Bulevar oslobodilaca 117 Cacak,

tel:032/374-301



JKP - Komunalac, Cacak

JKP - Vodovod, Cacak

PAPIRPAK – Diva Cacak, Preljina



Fabrika Automobilskih Delova FAD - GORNJI MILANOVAC A. D.

Ulica Kneza Aleksandra 210 Gornji Milanovac, Srbija

tel: ++381 32 725 393, 32 725 394



Rapid Gornji Milanovac *Preduzece za izradu delova i uređaja od metala*
Rapid.a.d.Kragujevacka 3
32300 Gornji Milanovac,
tel/fax./ +381 (0)32 71 08 08 , 72 51 18



XEROX Cacak Fotokopirnica

JUGOPREVOZ M. R. - Cacak

STAX – Cacak

PROGRES – INŽENJERING – Cacak

TERMOTEHNA - Cacak



AKVAINŽENJERING – Cacak

PRECISION – Cacak *Preduzece za proizvodnju i promet reklamnog materijala,*
biro artikala i školskog pribora.
Gradski bedem 8 32000 Cacak Srbija i Crna Gora
tel: +381 (32) 320 330; fax: 320 370



MOPEK - Cacak

ELEKTROMORAVA - Cacak

ELIT - Cacak

BETONJERKA - Cacak

MAŠINAC D. B. - Cacak

ISHRANA – Cacak

PREDUZECE «BRANKO PERIŠIĆ» - Kruševac

TIMAL - Cacak

DOMIS CACAK

EUROBET Ježevica *Izrada betonske galanterije*

DAM inženjering Cacak *Projektovanje i izrada stambenih i poslovnih objekata*

POTENS Požega

Zavod za zavarivanje Beograd

SUR „Ana“ Cacak – Atenica

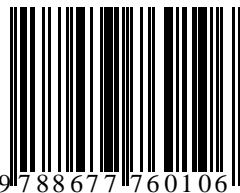
DP - COOP – CACAK *Zadruga za proizvodnju, promet i usluge*
Tel: 032/341-193, 063/613170

BBC Cacak M.Mandica 2 Cacak *Promet opreme za graficku industriju*

STARA VAROŠ Topola Oplenac

RTB BOR

ISBN 867776010-5



9 788677 760106