

**UNIVERZITET
U ZENICI**



10 godina UNZE

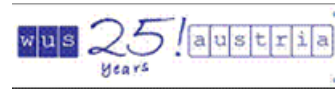
**CENTAR ZA
INOVATIVNOST I
PREDUZETNIŠTVO**



**Business
Start-up
Centar
Zenica**



**WUS AUSTRIA –
OFFICE GRAZ**



Tempus



Zbornik radova

"TECHNO-EDUCA 2010."

Proceedings

**Tema: Inovativnošću i kompetencijama do novih
radnih mjesta**

Topic: Innovation and competencies to new jobs

IV Studentska naučno-stručna konferencija

IV Students' Scientific and Expert Conference

Urednik/Editor: prof. dr sci. Darko Petković

Zenica, Oktobar-October, 2010.

Izdavač/Publisher:

Centar za inovativnost i preduzetništvo /Innovative and
Entrepreneurship Centre

UNIVERZITETA U ZENICI /UNIVERSITY OF ZENICA

tel. + 387 32 444 430, 444 420

fax. + 387 32 444 431

e-mail: rektorat@unze.ba

www. unze.ba

Fakultetska 1, 72 000 ZENICA

Bosna i Hercegovina

Za izdavača /For publisher:

Rektor prof. dr sci. Sabahudin Ekinović, dipl.inž.maš.

Urednik/Editor :

V. prof. dr sci. Darko Petković, dipl.inž.maš.

Korice /Front page:

Derviš Dervišević

DTP:

mr. Ibrahim Plančić, dipl.inž.maš.

Izdato u /Copies:

300 primjeraka (štampane + CD verzije)

Štampa / Printing:

Feta-Grand

Zacarina 1

Za štampariju: Ing. Samir Fetić

PREDGOVOR

Poštovana/i,

U ovom Zborniku su predstavljeni radovi studenata različitih nivoa studija (dodiplomski, postdiplomski i doktorski) i njihovih mentora nastalih kao rezultat seminarskih, projektnih, diplomskih i drugih vrsta istraživanja. Inače, ovo je četvrta studentska manifestacija TECHNO-Educa 2010 pod naslovom: Inovativnošću i kompetencijama do novih radnih mjesta. Ono što nas posebno raduje je činjenica da konferencija sve više dobija multidisciplinarn pristup koji nije više samo tehnički i tehnološki nego i ekonomski, pravni i dr. Raduje nas činjenica da se ova konferencija održava paralelno sa Sajmovima, ZEPS i ZEPS Intermetal, koje omogućuju studentima niz korisnih poslovnih kontakata, konferencija ostaje da živi i da povezuje studente iz BiH i univerziteta iz regiona Zapadnog Balkana (Novi Sad, Ljubljana, i dr.).

Sva ekspertska rješenja izlaska iz krize predlažu nam povećanje proizvodnje. U vremenu kada BiH i zemlje regiona imaju premanentni nedostatak tehnički obrazovane radne snage koja će biti garant budućeg privrednog razvoja BiH ova konferencija ima svoje posebno mjesto i značaj. Želimo da vjerujemo i da se nadamo da će u godinama koje dolaze ovaj problem biti sve manje izražen te da će studenti koji na ovoj konferenciji izlažu svoje radove biti nosioci nekog novog razvoja BiH i regiona.

Organizator konferencije Centar za inovativnost i preduzetništvo Univerziteta u Zenici je svjestan da organizaciju TECHNO-EDUCE 2010 prate određeni problemi i propusti. U godinama koje su pred nama činit ćemo dodatne napore da svaka nova TECHNO-EDUCA postane respektabilna manifestacija okupljanja studenata i profesora. U tom smislu želimo Vam uspješan rad tokom manifestacije te izražavamo nadu će će publikovani radovi pobuditi Vašu naučnu znatiželju.

Zenica, oktobar 2010.

Urednik Zbornika
Prof.Dr sci. Darko Petković

**ORGANIZACIJSKI ODBOR SE ZAHVALJUJE SVIMA KOJI SU NA BILO KOJI
NAČIN POMOGLI DA SE MANIFESTACIJA "TECHNO-EDUCA 2010" ODRŽI
A POSEBNO HVALA DUGUJEMO:**

**MINISTARSTVO PRIVREDE VLADE ZE-DO KANTONA
MINISTARSTVO OBRTA, RAZVOJA I PREDUZETNIŠTVA VLADE FBIH
WUS AUSTRIA –URED GRAZ
BUSINESS START-UP CENTAR ZENICA
KARIJERNI CENTAR UNIVERZITETA U ZENICI
ALFA-THERM D.O.O. MOSTAR
EKONOMSKI FAKULTET UNIVERZITETA U ZENICI
REVIDENT D.O.O. GRUDE
ITC D.O.O. ZENICA
ECOS VITEZ
INSTITUT ZA PRIVREDNI INŽENJERING ZENICA
BUSINESS-SERVICE CENTAR VLADE ZDK
REZ- RAZVOJNA AGENCIJA SREDNJE BOSNE, ZENICA**

Organizacijski odbor

- ◆ Prof.Dr Darko Petković, predsjednik, UNZE
- ◆ Prof.Dr Stefano Tornincasa, Politecnico di Torino
- ◆ V.asistent Mr Sci. Ibrahim Plančić, sekretar, CIP UNZE
- ◆ Doc.Dr Sci. Sabahudin Jašarević, CIP UNZE
- ◆ Doc.Dr Sci. Ismar Alagić, CIP UNZE
- ◆ Doc.Dr Sci. Jasmin Halebić, EF UNZE
- ◆ V.asistent Mr Sci. Samir Lemeš, CIP UNZE
- ◆ asistent Dženan Kulović, CIP UNZE
- ◆ Mr sc. Almir Kovačević, WUS Austria, Grac
- ◆ Mr sc.Đenana Čolaković, BSC Vlade kantona
- ◆ Mr sci. Nino Serdarević, BSC Zenica
- ◆ Amir Abazović, Ministarstvo privrede ZDK
- ◆ Fuad Klisura, IPI institut Zenica

Naučni odbor konferencije:

- ◆ Prof.Dr Sabahudin Ekinović, rektor, Univerzitet u Zenici, predsjednik
- ◆ Prof.Dr Stanko Stanić, rektor, Univerzitet u Banjoj Luci
- ◆ Prof.Dr Neda Bokan, prorektor, Univerzitet u Beogradu
- ◆ Prof.Dr Darko Petković, prorektor, Univerzitet u Zenici
- ◆ Prof.Dr Hazim Bašić, prorektor, Univerzitet u Sarajevu
- ◆ Prof.Dr Sead Pašić, prorektor, Univerzitet Džemal Bijedić u Mostaru
- ◆ Prof.Dr Zoran Ljuboja, prorektor, Univerzitet u Istočnom Sarajevu
- ◆ Prof.Dr Miroslav Plančak, prorektor, Univerzitet u Novom Sadu
- ◆ Prof.Dr Dražena Tomić, prorektor, Sveučilište u Mostaru
- ◆ Prof.Dr Gianni Guerra, I3P Incubator, Politecnico di Torino, Italija
- ◆ Prof.Dr Peter Schulte, INEA Institut, Diseldorf, Njemačka
- ◆ Prof.Dr Dušan Vukojević, dekan Mašinskog fakulteta Univerziteta Zenica
- ◆ Doc.Dr Izet Alić, dekan Mašinskog fakulteta Univerziteta Tuzla
- ◆ Prof.Dr Jože Duhovnik, dekan Mašinskog fakulteta Ljubljana
- ◆ Prof.Dr Izvor Grubišić, dekan Fakulteta strojarstva i brodogradnje Zagreb
- ◆ Prof.Dr Miloš Nedeljković, dekan Mašinskog fakulteta Beograd
- ◆ Prof.Dr Miroslav Babić, dekan Mašinskog fakulteta Kragujevac
- ◆ Prof.Dr Ilija Ćosić, dekan Fakulteta tehničkih nauka Novi Sad
- ◆ Prof.Dr Tonči Mikac, dekan Tehničkog fakulteta Rijeka
- ◆ Prof.Dr Desimir Marković, dekan Tehničkog fakulteta Bor
- ◆ Prof.Dr Jeroslav Živanić, dekan Tehničkog fakulteta Čačak
- ◆ Prof.Dr Sulejman Muhamedagić, dekan FMM Zenica
- ◆ Prof.Dr Ivanka Popović, dekan Tehnološko-metalurškog fakulteta Beograd
- ◆ Prof.Dr Dževad Zečić, dekan Ekonomskog fakulteta Zenica
- ◆ Prof.Dr Egon Žižmond, dekan Fakulteta za menadžment, Kopar
- ◆ Prof.Dr Brane Markić, dekan Ekonomskog fakulteta Mostar
- ◆ Prof.Dr Marina Dabić, pročelnik za međ.saradnju Ekonomskog fakulteta Zagreb
- ◆ Doc.Dr Nedim Hodžić, prodekan Mašinskog fakulteta Zenica
- ◆ Doc.Dr Šefket Goletić, prodekan Mašinskog fakulteta Zenica
- ◆ Prof.Dr Slavko Dolinšek, Direktor Inovacijskog instituta Univerziteta u Ljubljani

SADRŽAJ

1. Branko Štrbac, Kalibracija i verifikacija mernog pipka na KMM primenom CALYPSO programskog sistema (Calibration And Verification Stylus On The CMM Using Calypso Software System),	7
2. Ljubiša Balanović, Aleksandra Mitovski, Prof. dr Dragana Živković, Prof. dr Nada Štrbac, Analiza životnog ciklusa procesa proizvodnje i reciklaže bakra	15
3. Fetan Unkić, Faruk Unkić, Konkurencijski uslovi i formiranje cijena računarskih sistema u Bosni i Hercegovini.....	22
4. Armin Kadragić i Emir Đulić, Oblici i osobine materijala za ojačanje kompozita	31
5. Branislav Milanović, Darko Milanković, Ocenjivanje životnog ciklusa proizvoda i procesa primenom LCA programskih sistema GaBi 4 i SimaPro 7 (Life Cycle Assessment Of Products And Processes With Application Of Software GaBi 4 AND SimaPro 7).....	40
6. Armin Bušatlić, Doc.dr. Ilhan Bušatlić Spalionice komunalnog otpada (prednosti i nedostatci).....	51
7. Hodžić Arnela, Salkanović Dino, Doc. dr. Nađija Haračić, Ceramics And Ceramic Composites	56
8. Arsić Milica, Nikolić Đorđe, prof.dr Živković Živan, Predviđanje koncentracije ozona u vazduhu korišćenjem matematičkih modela klasifikovanja i predikcije, Univerzitet u Beogradu.....	63
9. Gačić Edvin, Trakić Adnan, Mehaničke osobine keramike.....	70
10. Merdić Denis, Opći uticaj legirajućih elemenata.....	78
11. Samir Spahic, Dr. Nađija Haračić, Toplotne osobine keramičkih materijala.....	85
12. Denis Vejzović, Nihad Vejzović, Mogućnosti eksploatacije stijenske mase dijabaza na ležištu "Kuluk" Begov Han, Općina Žepče	92
13. Tanja Rihtaršič, BA Int. Bus. Admin, Managament znanja pogoj za poslovno uspešnost, poslovna uspešnost, pogoj za nova delovna mesta.....	99
14. Matjaž Rihtaršič, Globalni konkurentski indeks kao putokaz za nova radna mjesta	106
15. Palalić Maid, V.prof. dr. Nađija Haračić, Dijamantski prah i poludrago kamenje u primjeni za tehničke svrhe	114
16. Samra Adilović, Emina Begović, dr. Nađija Haračić, Ljepila na bazi plastičnih masa i elastomera.....	126
17. Nišić Denis, v.prof.dr. Nađija Haračić, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Ispitivanje zatezanjem	134

KALIBRACIJA I VERIFIKACIJA MERNOG PIPKA NA KMM PRIMENOM CALYPSO PROGRAMSKOG SISTEMA

CALIBRATION AND VERIFICATION STYLUS ON THE CMM USING CALYPSO SOFTWARE SYSTEM

Branko Štrbac M.Sc., Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Kratak sadržaj

Na osnovu literalnih informacija analizirani su aktuelni problemi u sveri metrologije, merenja i proizvodnog mašinstva u opšte. Posebno je rasvetljen problem verifikacije i kalibracije kod koordinatnih mernih mašina. Na kraju je prikazana kalibracija i verifikacija mernog pipka primenom Calypso softverskog paketa instalisanog na mernoj mašini Contura G2 aktiv proizvođača Carl Zeiss. Analizirani su neki od uticajnih faktora na tačnost ovog procesa. Izvučeni su odgovarajući zaključci.

Abstract

Based on the information literated analyze the current problems in metrology, measurement and production engineering in general. Particular, illuminates the problem of verification and calibration of measuring numerical controlled machines. At the end of the display calibration and verification of measuring pipka using Calypso software package installed on the measuring machine Conture G2 Aktiv manufacturer Carl Zeiss. Analyze some of the influential factors on the accuracy of this process. It is necessary to draw appropriate conclusions.

Ključne reči: KMM, merni pipak, kalibracija, verifikacija, Calypso

1. UVOD

Budućnost ekonomskog razvoja usko je povezana sa ubrzanim porastom kvaliteta u oblasti proizvodnje. Kvalitet proizvoda na različite načine utiče na kontinuitet i frekvenciju proizvodnje, proizvodne troškove, obim proizvodnje, produktivnost i efikasnost ovih proizvoda tokom njihove primene. Visok kvalitet proizvoda doprinosi zadovoljenju potreba rastuće populacije, stabilizaciji međunarodne saradnje i povećanju izvoza proizvoda.

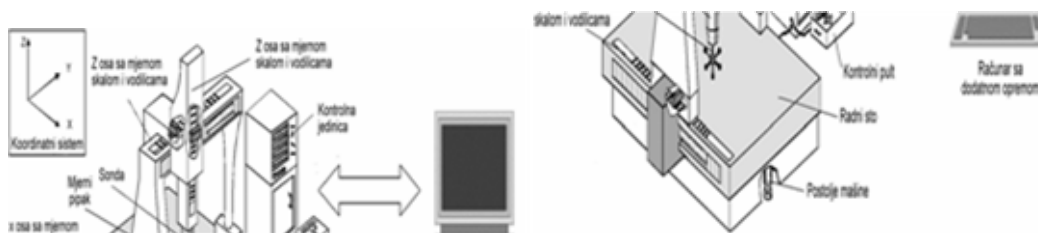
Zadatak merne tehnike je, pre svega, dobijanje podataka visokog kvaliteta. Visok kvalitet proizvoda može se postići samo u slučaju potpune integracije merne tehnike u proces proizvodnje. Sa druge strane, konstantni rast kvaliteta utiče na porast zahteva u pogledu mogućnosti merne tehnologije. Iz ovoga proizilazi jaka veza između osiguranja kvaliteta i merne tehnike.

U slučaju potrebe za izborom mernog uređaja, neophodno je znati i uzroke potencijalnih devijacija i to do dimenzionalne mere potrebne kod merenja oblika. Devijacije dimenzija, oblika i položaja je, veoma precizno moguće izmeriti i samo sa jednim mernim sistemom - koordinatnim mernim mašinama (KMM). Dokazano je da se, umesto specijalnih uređaja, za procenu mikrogeometrije radnog predmeta mogu koristiti precizne KMM. Koordinatna metrologija se, tokom poslednjih 20-tak godina, pozicionirala kao dominantna merna tehnika u savremenoj industrijskoj proizvodnji. Zahvaljujući značajnoj evoluciji i primeni računarom podržanih koordinatnih mernih sistema omogućena je preciznija kontrola kvaliteta industrijskih proizvoda.

2. KOORDINATNE MERNE MAŠINE

Merni ili metrološki sistemi najviše klase tačnosti su fleksibilni metrološki sistemi kao što su KMM fleksibilni metrološki moduli, ćelije, centri, stanice, informacioni metrološki sistemi (CIQ, CAQ i sl.) i

računarom integrirani sistemi. Osnovu gradnje fleksibilnih metroloških sistema čine KMM (slika1) i/ili merno kontrolni roboti.



Slika 1. Koordinatna merna mašina

Koordinatne merne mašine danas u mernoj tehnici predstavljaju takve metrološke sisteme koje se odlikuju visokim ili najvišim metrološkim karakteristikama. Glavne karakteristike koje jedna KMM mora ispunjavati su:

- kvalitet softverskih rešenja,
- tačnost merenja i veoma mala merna nesigurnost,
- pogonsku i statičku sigurnost konstrukcije,
- fleksibilnost i
- brzinu rada.

Svaki proces merenja, a ujedno i merenje na KMM, praćen je neizbežnom greškom merenja.

2.1. Izvori grešaka merenja kod KMM

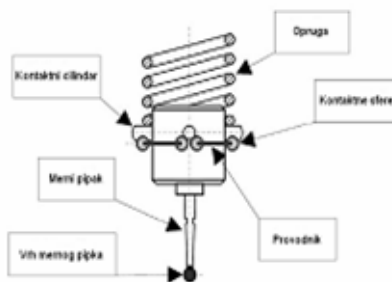
Greške od kojih zavisi tačnost KMM mogu se podeliti u dve grupe:

- greške čiji je izvor sama mašina i
- greške čiji su uzroci okolni uslovi i merni predmet.

Greška merenja koja je prouzrokovana lošom kalibracijom mernog pipka može da se uvrsti u obe grupe navedenih grešaka. Ova vrsta greške se prenosi na sva merenja i prouzrokuje sistematsku grešku merenja. Potvrda ispravne kalibracije je postavljanje koordinatnog početka mernog pipka u centar vrha kuglice mernog pipka (kada se kaže merni pipak misli se na skup elemenata koji sačinjavaju merni senzor).

2.2. Merni senzor

Merni senzor na KMM predstavlja osnovni metrološki sistem. On je prvi element mernog lanca koji generiše merni signal srazmeran vrednosti merne veličine, odnosno detektovanoj sili.



Slika 2. Kontaktni senzor

Pipak senzora je izmenljiv za slučaj oštećenja i habanja, ali i, što je veoma važno, kako bi se omogućio izbor najbolje konfiguracije (dimenziono i morfolški) za dati metrološki zahvat. Telo pipka je u opštem slučaju napravljeno od nerđajućeg čelika, ali neretko se sreću tela pipka od keramike ili ugljeničnih vlakana. Ovaj izbor je načinjen kako bi se smanjila masa, obezbedila dobra reakcija na temperaturne uslove okoline itd. Vrh pipka, često u obliku sfere se proizvodi od veštačkog rubina ili keramike. Dužina pipka je kritični parametar koji može uticati na pouzdanost mernih rezultata. Kao i svaki predmet na koji se vrši mehaničko dejstvo, kada senzor dodirne predmet, on podleže elastičnim deformacijama, savijanju i izvijanju. Amplituda oscilacija može varirati u zavisnosti od:

- dužine pipka,

- materijala pipka,
- brzine merenja, itd.

Kalibracija i verifikacija su dve fundamentalne aktivnosti kod upravljanja sensorima i ciklusom merenja u celini.

3. KALIBRACIJA I VERIFIKACIJA

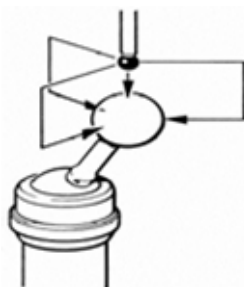
3.1 Osnovni pojmovi

Kalibracija je skup postupaka kojima se, u određenim uslovima, uspostavlja odnos između vrednosti veličina koje pokazuje merilo ili merni sistem ili vrednosti koje predstavlja materijalizovana mera ili referentni materijal, i odgovarajućih vrednosti ostvarenih etalonima.

Verifikacija je proces dokazivanja istine ili neke tvrdnje, postavke, hipoteze i sl. Izvodi se na više načina od kojih su eksperimentalni dokazi najvalidniji. Za verifikaciju bi najjednostavnije mogli reći da je potvrda o valjanosti predhodno izvršene kalibracije.

3.2 Kalibracija i verifikacija mernog pipka na KMM

Kada je definisan merni senzor on mora biti kalibrisan. Kalibracija predstavlja postupak definisanja koordinatnog sistema mernog senzora kao i memorisanje podataka o svakom mernom pipku ponaosob (slika 3). Za ovaj posao se obično koristi etalon u obliku nekog pravilnog geometrijskog oblika (kocka, sfera, itd.). Kasnije, u postupku merenja i inspekcije, podaci koji su dobijeni kalibracijom, služe za proračun pozicija mernog senzora i za proračun i ocenu geometrijskih elemenata koji su mereni. Kalibraciji mernog senzora mora da predhodi utvrđivanje merne sile. Pravilan izbor merne sile je jako važan za statičku krutost sistema mernog senzora. Gabaritne mere su važan kriterijum za sve elemente mernog senzora, jer što je konfiguracija na kojoj se nalazi merni pipak duža, veći je statički ugib i, u principu, veće su mase takvih konfiguracija. Vrednost statičkog ugiba definiše veoma važnu karakteristiku mernog senzora, mernu silu, a preko nje i proces kalibracije.

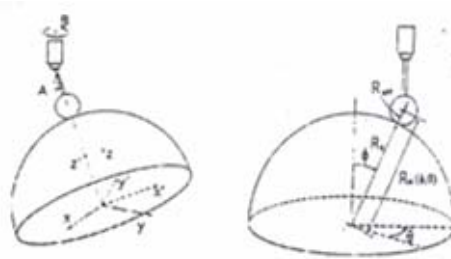


Slika 3. Postupak kalibracije

Kada se završi kalibracija, može se izvršiti verifikacija senzora. Merenjem prethodno kalibrisanog etalona automatski se određuju korekcije pipka (dužine i radijus). Kada se izvrše prethodno opisane operacije, moguće je uzastopno koristiti svaki verifikovani senzor tokom ciklusa merenja i korekcije će se automatski ažurirati kako bi se obezbedili koherentni merni rezultati, kao da je ciklus izvršen jednim sensorom i pipkom u jednom položaju.

3.3 Matematičke osnove postupka kalibracije

Mnoge moderne KMM opremljene su sa višeosnim mernim sensorima i omogućavaju inspekciju geometrijski složenih objekata. One imaju veliki stepen slobode i kod njih je omogućeno višestruko konfigurisanje mernih senzora za neke koordinatne vrednosti, čineći strategiju kompenzacije grešaka teškom.



Slika 4. Koordinatni sistem mernog senzora i kalibracija

Razmatranje dvoosnog mernog senzora na slici 4.a gde su A i B po redosledu kosi uglovi kotrljanja. U svrhu efikasnog određivanja greške mernog senzora na slici 4.b su uvedeni koordinatni sistemi mernog senzora (x', y', z') i mašinski koordinatni sistem (x, y, z) . Neka $\{e'_x, e'_y, e'_z\}$ budu jedinični vektori za koordinatni sistem mernog senzora (x', y', z') . Tada je :

$$\begin{aligned} e'_x &= (-\sin A \cos B, -\sin A \sin B, \cos A) \\ e'_y &= \frac{e_x \times e_z}{|e_x \times e_z|} = (-\sin B, \cos B, 0) \\ e'_z &= \frac{e_x \times e_y}{|e_x \times e_y|} = (\cos A \cos B, \cos A \sin B, \sin B) \end{aligned} \quad (1)$$

Tako se odnos između dva koordinatna sistema može opisati transformacionom matricom $[T_p]$:

$$\begin{aligned} [x'y'z']^T &= [T_p] \times [xyz]^T \quad (2) \\ [T_p] &= \begin{bmatrix} \cos A \cos B & -\sin B & -\sin A \cos B \\ \cos A \sin B & \cos B & -\sin A \sin B \\ \sin A & 0 & \cos A \end{bmatrix} \quad (3) \end{aligned}$$

A, B su uglovi kotrljanja i nagiba mernog senzora, u skadu sa (2) se koriste kod sfernog merenja, kalibracije mernog senzora i kompenzacije.

Greška mernog senzora je procenjivana merenjem prostirno-ujednačene hemisfere referentne precizne kugle, koja je relativno mala (npr. $D=25\text{mm}$) i sferičnosti je u podmikronskom odnosu. Poželjna je mala referentna sfera, da bi se isključile moguće mašinske geometrijske greške koje nastaju pri sfernom merenju. [2] Mnogo je modernih KMM opremljenih vektorskim modelima baziranim na prednostima kompjuterske numeričke kontrole (CNC) i mnogo je uobičajnije korišćenje automatskog CNC modela merenja za sferno merenje. Pre stvaranja mernog puta, najmanje 4 tačke se ručno uzimaju na sferi i to da bi se odredile koordinate centra (a, b, c) i radijus (R) sfere za stvaranje mernog puta. Da bi se efikasno definisala greška mernog senzora uveden je sferični koordinatni sistem (R, ϕ, θ_j) , gde je R radijus sfere, ϕ je ugao od ose, θ_j a je ugao od X' ose.

Neka je (ϕ, θ_j) smer mernog senzora za (i, j) ciljnu tačku na sferi, tada je koordinatna vrednost (x'_i, y'_i, z'_i) ciljne tačke na koordinatnom sistemu mernog senzora:

$$(X_i, Y_i, Z_i) = (R \sin \phi_i \cos \theta_j, R \sin \phi_i \sin \theta_j, R \cos \phi_i) \quad (4)$$

Mašinska koordinatna vrednost (X_i, Y_i, Z_i) je:

$$(X_i, Y_i, Z_i)^T = [T_p]^{-1} [X'_i, Y'_i, Z'_i]^T + [a \ b \ c]^T \quad (5)$$

gde je $[T_p]$ transformaciona matrica od (2).

Kada su sferna merenja jednom izvršena, greška mernog senzora se može kalibrisati. Neka je $R_s(\phi_i, \theta_j)$ radijus na poziciji (ϕ_i, θ_j) na referentnoj sferi, a $R_m(\phi_i, \theta_j)$ merena distanca između dve sfere, a merni pipak kao na slici 5.8b. Uzeta probna tačka (ϕ_i, θ_j) je greška senzora na smeru (ϕ_i, θ_j) , R_{eff} je efektivni radijus mernog pipka. Sa slike 4.b se može konstruisati sledeći odnos:

$$R_{eff} - \text{senzor}(\phi_i, \theta_j) = R_m(\phi_i, \theta_j) - R_s(\phi_i, \theta_j) \quad (6)$$

Dve nepoznate promenljive R_{eff} i senzor (ϕ_i, θ_j) mogu biti procenjene kao srednja vrednost oznaka devijacije od desne strane od srednje vrednosti u (5). Kako se greška mernog senzora može razmatrati kao funkcija smera merenja, izjednačenje greške mernog senzora se može izvesti duž smera merenja. Neka je (M_x, M_y, M_z) jedinični vektor duž smera merenja u mašinskom koordinatnom sistemu. Kako je greška mernog senzora definisana u koordinatnom sistemu mernog senzora, smer merenja (M_x, M_y, M_z) je transformisan u koordinatni sistem mernog senzora (M'_x, M'_y, M'_z) . Transformaciona matrica između dva koordinatna sistema je $[T_p]$, a (ϕ, θ) uglovi koji definišu $[T_p]$ mogu biti procenjeni po sledećem:

$$\phi = \cos^{-1} \left[\frac{M'_z}{\sqrt{M_x'^2 + M_y'^2 + M_z'^2}} \right] = \cos^{-1} M'_z \quad (7)$$

Kada su uglovi (ϕ, θ) smera merenja poznati, greška mernog senzora se može dobiti iz prikaza greške mernog senzora predstavljenog na hemisferi. Sada je dobijena greška mernog senzora razdeljena na smeru merenja (M_x, M_y, M_z) u mašinskom koordinatnom sistemu. Tako će stvarna koordinata vrednosti biti nominalna koordinatna vrednost minus rastavljena greška mernog senzora u smeru merenja.

$$[X_a \ Y_a \ Z_a]^T = [X \ Y \ Z]^T - \text{sen}(\phi, \theta) \times [M_x \ M_y \ M_z]^T \quad (8)$$

4. KALIBRACIJA I VERIFIKACIJA MERNOG PIPKA NA 'CARL ZEISS CONTURA G2 AKTIV' KMM PRIMENOM CALYPSO PROGRAMSKOG SISTEMA

4.1 KMM 'carl zeiss CONTURA G2 aktiv'

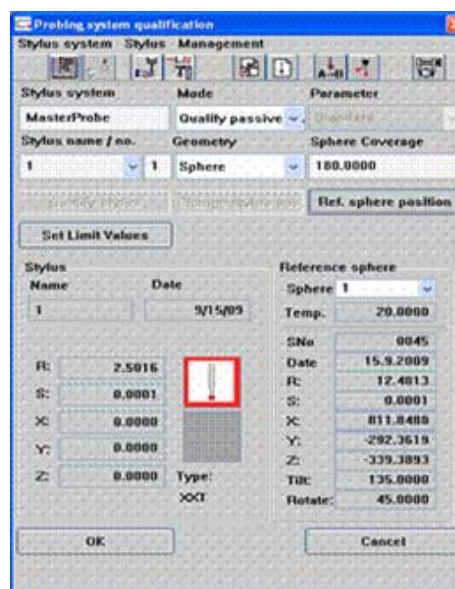
Koordinatna merna mašina "carl zeiss CONTURA G2 aktiv" instalirana je na departmanu za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu (slika 5). Ona se koristi za precizno merenje, inspekciju kao i za 3D-digitalizaciju elemenata složene konfiguracije. Mašina radi sa visoko-brzinskom skenirajućom tehnologijom.



Slika 5. KMM 'carl zeiss CONTURA G2 aktiv'

4.2 Postupak kalibracije mernog pipka na KMM 'carl zeiss CONTURA G2 aktiv'

Pre nego što otpočnemo sa merenjem na KMM presudno je da kalibrišemo merne pipke za sve merne pozicije. Efektivne dimenzije komponenata mernog pipka (vrh mernog pipka) moraju da budu uspostavljeni da bi se izvršila tačna merenja. Ove vrednosti se čuvaju u bazu podataka mašine. Kalibracija se izvodi pomoću etalon kugle koja se pričvršćuje za merni sto. Upravljanje postupkom kalibracije (verifikacije) se vrši programskim paketom Calypso. Koristi se standardna procedura u Probing system qualification listi (slika 6). Preporuka proizvođača mašine je da standardna devijacija (odstupanje) ne prelazi vrednost od 0.01 mm.



Slika 6. Kalibraciona lista

4.3 Eksperiment

Eksperiment je vršen tako da, kalibraciona kugla zauzima četiri različite pozicije na mernom stolu mašine. Orijentisanost kugle je uvek prema sredini stola. Pre početka eksperimenta u magacin mernih pipaka treba spremi master merni pipak, jedan pipak duge konfiguracije i jedan pipak kratke konfiguracije. Poluprečnik vrha kratkog pipka iznosi 2,5mm a dugog pipka iznosi 1,5mm. Kada se kalibraciona kugla postavi na merni sto, vrši se postupak kalibracije sa master mernim pipkom gde se koristi „qualify passive stylus“ metoda. Postupak kalibracije se odvija uz pomoć softvera Calypso. Uloga operatera pored poznavanja softvera, je da pomoću upravljačkih komandi dovede master pipak u kontakt sa kalibracionom kuglom. Operater se trudi da dodirne sam vrh kalibracione kugle, sa ovim kontaktom se započinje kalibracioni proces po ustaljenom režimu. Po završetku procesa dobijamo rezultate kalibracije u „Probing system qualification“ prozoru. Dobijamo podatke o mernom pipku (poluprečnik vrha mernog pipka, standardna devijacija) i podatke o kalibracionoj sferi (poluprečnik kalibracione sfere, standardna devijacija i koordinate centra kalibracione sfere). Parametri koji su praćeni u ovom eksperimentu su vezani za vrh mernog pipka kao i koordinate centra kalibracione kugle. Treba napomenuti da pri eksperimentu nisu zadovoljeni uslovi okoline koji se propisuju pri korišćenju jedne KMM kao što su: prekočena temperatura, temperaturna fluktuacija, temperaturno zračenje, prisustvo vibracije, nečistoće.. Za rezultate kalibracije dobijamo podatke o poluprečniku master pipka i vrednost standardne devijacije. Vrednost za X, Y i Z odgovaraju novoformiranom nultnom koordinatnom sistemu. Sa druge strane dobijamo podatke o kalibracionoj kugli: poluprečnik, standardna devijacija, koordinate X, Y, i Z kao i orijentisanost kalibracione kugle.

Ako se postupkom kalibracije napravi greška što pokazuje vrednost standardne devijacije i vrednost poluprečnika, ne ponavlja se postupak jer na ovu grešku se ne može uticati bez odgovarajućih klimatskih uslova.

Sledi postupak verifikacije mernih pipaka. Posle automatske zamene mernog pipka, pipak se dovodi u poziciju koja odgovara koordinatama centra kalibracione kugle za X i Y vrednost, a koordinata Z se unosi proizvoljno, mora da se paziti da ne dođe do kolizije pipka i kalibracione kugle. Vrednost X se varira u plusu za po pola milimetra i za svako pomeranje se vrši postupak verifikacije. Koordinata Y je konstantna. Proces se odvija za deset pomeranja kako za dugi pipak tako i za kratki pipak (pomeranja je moglo ba bude i više ali utvrđeno je da ove vrednosti ovoga nema značaja za rezultate eksperiment). Redosled je takav da se prvo verifikuje dugi pipak u deset različitih tačaka te se izvrši izmena pipka i postupak se ponavlja za kratki pipak za istih deset tačaka. Ovo sve se ponavlja šest puta tako da ukupno na jednoj poziciji kalibracione sfere ima 120 verifikacija, 60 za dugi pipak i 60 za kratki pipak. Za svaku verifikaciju se prate vrednosi poluprečnika mernog pipka i standardna devijacija (tabela 1).

Analizom dobijenih rezultata primećeno je da kod devetog pomeranja, odnosno kod pomeranja na 4mm dolazi do greške u procesu verifikacije mernog pipka za svih 120 slučajeva. Ova tvrdnja važi kako za kratki pipak tako i za dugi pipak.

Pozicija pipka	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Br.merenja										
1	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003	0,0202	0,0808
2	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002	0,0212	0,0788
3	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0002	0,0001	0,0004	0,0624
4	0,0001	0,0000	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0207	0,0830
5	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0212	0,0818
6	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0209	0,0802

4. ZALJUČAK

Kalibracija i verifikacija imaju važan uticaj na pouzdanost mernih rezultata, stoga se moraju izvršiti ispravno prema metrološkim kriterijumima koji uključuju uputstva za učestalost kalibracija i uslove pod kojim se kalibracija i verifikacija prihvata. Kako se ovi postupci izvode automatski uz pomoć softvera sama greška je svedena na minimum. Za operatera na mašini je bitno da je ovladao softverom i da dovede merni pipak u kontakt sa kalibracionom kuglom relativno blizu samog vrha kugle. Ovo pokazuje da je ova j postupak sa stanovišta operatera veoma lak posao i gotovo da se ne može pogrešiti. Ako se i pogreši sistem nam javlja da je kalibracija neispravna i postupak se ponavlja.

5. LITERATURA

1. Budak, I.; Hodolič, J.; Bešić I.; i dr. Koordinatne merne mašine i CAD inspekcija, Fakultet tehničkih nauka, Tempus projekat br. IB_JEP-41120-2006, Novi Sad, 2009.
2. Pahn, H.; Lee, K.; Real time compensation system for errors introduced by measurement probe machine geometry in commercial CMMs, Dept. of Mechanical Desing and Production Engineering, Seoul National University, Korea, 1997.
3. Stević, M.; Povećanje tačnosti merenja numerički upravljanih mernih mašina, Fakultet tehničkih nauka, ISBN 86-7892-028-9 , Novi Sad, 2006.

Kratka biografija:

Branko Štrbac rođen je u Novom Sadu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti proizvodno mašinstvo odbranio je 2009.god. Trenutno je student doktorskih studija istoinemog fakulteta a oblas interesovanja vezana mu je za merenje, kontrolu, pribore i ekološko inženjerske aspekte.

ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROCESA PROIZVODNJE I RECIKLAŽE BAKRA

LIFE CYCLE ANALYSIS (LCA) OF COPPER PRODUCTION AND RECYCLING

*Ljubiša Balanović, dipl.inž.met., Aleksandra Mitovski, dipl.inž.met.,
Prof. dr Dragana Živković, Prof. dr Nada Štrbac
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru*

Izvod:

Analiza životnog ciklusa (*Life Cycle Assessment*-u daljem tekstu: LCA) predstavlja jednu od savremenih metoda upravljanja zaštitom životne sredine, proistekla iz okvira standarda ISO 14040:2006 - ISO 14044:2006. LCA obezbeđuje kvantitativne podatke o utrošcima energije i uticajima na životnu sredinu proizvoda tokom svih faza proizvodnje, upotrebe i odlaganja, odnosno reciklaže različitih proizvoda. U radu je prezentovan pregled faktora uticaja na proizvodnju i reciklažu bakra, sa ekološkog aspekta primenom LCA metode, kao i komparacija uticaja na životnu sredinu i ljudsko zdravlje proizvodnje bakra iz primarnih sirovina, s jedne strane, i proizvodnje bakra putem reciklažnih procesa.

Ključne reči: analiza životnog ciklusa, proizvodnja bakra, reciklaža bakra.

Abstract

Life Cycle Assessment (hereafter: LCA) presents an advanced method applied in ecological management, originated from the frame of ISO 14040:2006 - ISO 14044:2006 standards. The LCA provides quantitative environmental and energy data through phases of production, consumption and final disposition or recycling of different products. This paper presents overview of influential factors within the production and recycling of copper, from the ecological aspect using LCA methods, and comparison of the impact factors on the environment and human health, between copper production from primary raw materials, on the one hand, and copper production through recycling.

Keywords: LCA, impact factors, copper metallurgy.

1. UVOD

Stalni razvoj novih tehnologija i unapređenje postojećih utiču na stalno povećanje potrošnje metala i energije u svetu, što ima zabrinjavajući tempo rasta. Poslednjih godina potrošnja prirodnih resursa naglo je uvećana i kao i trend brzog trošenja preostalih prirodnih rezervi, koje su, bez obzira na vrstu, strukturu i pojedinačne količine, osnov za privredni i ekonomski razvoj svake zemlje. Imajući u vidu osnovne postulate održivog razvoja, postoji opravdana težnja za racionalnom potrošnjom i štednjom mineralnih ruda, a značajnijim korišćenjem sekundarnih resursa [1].

Analiza životnog ciklusa (LCA) predstavlja savremen analitički pristup u okviru upravljanja zaštitom životne sredine pomoću kojeg se vrši kvantifikacija, analiza i predviđanje uticaja i posledica proizvoda na okolinu tokom svih faza postojanja proizvoda, polazeći od proizvodnje, preko upotrebe gotovog proizvoda, do odlaganja na kraju životnog ciklusa proizvoda, ili eventualne reciklaže istog. Poslednjih godina LCA analiza se sve više primenjuje u industriji (mašinstvo, metalurgija, energetika, saobraćaj) obzirom na sve oštriju zakonsku regulativu sa aspekta prevencije zaštite životne okoline od potencijalnih negativnih

uticaja tokom proizvodnje, potrošnje i odlaganja-reciklaže proizvoda. LCA metoda predstavlja koristan alat primenjen u cilju modifikacije i poboljšanja postojećih tehnologija proizvodnje i ponovnog dobijanja metala iz sekundarnih sirovina u metalurškim pogonima, i važnu preventivnu meru zaštite životne sredine.

2. LCA METODOLOGIJA

Analiza životnog ciklusa metodološki obuhvata četiri faze, definisane od strane Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), a u skorije vreme i od strane International Standards Organization (ISO 14040-14040:2006) [2]:

- *Definisanje cilja i oblasti analize* - obeležava racionalizaciju za sprovođenje LCA u njegovoj osnovnoj nameri, kao i pri specifikaciji proizvodnih sistema i kategorija podataka koje će se proučavati
- *Popis životnog ciklusa* (LCI–Life cycle inventory) uključuje kvantifikaciju sirovih materijala i energetskih inputa, kao i emisije čvrstih, tečnih i gasovitih otpadnih materija
- *Procena uticaja životnog ciklusa* (LCIA–Life cycle impact assessment) karakteriše ekološke imperativne mdefinisane u okviru popisa životnog ciklusa i pretpostavlja njihove efekte na životnu sredinu, ljudsko zdravlje i druge abiotičke efekte, kao što su stvaranje smoga i globalno zagrevanje
- *Procena poboljšanja ili prikaz rezultata* koriste podatke dobijene analizom kako bi se otkrile i procenile mogućnosti smanjenja uticaja životnog ciklusa proizvoda, procesa ili aktivnosti na ekologiju, ili pak doneli zaključci na osnovu kojih se formiraju preporuke za dalje delovanje

U okviru LCA, proizvodni sistem se procenjuje na osnovu funkcionalnosti ekvivalenta. Tzv. “funkcionalna jedinica” definiše se kao jedinica mase ili zapremine ispitivanog materijala ili jedinice proizvoda, bazirana na potrošnji ekvivalenta kako bi se obezbedili podaci za popis ulaza i izlaza i izvršila procena svih alternativnih ekvivalenata [2].

Dve faze kod LCA - popis životnog ciklusa (LCI) i procena uticaja životnog ciklusa (LCIA) neophodne su za proračun ekoloških uticaja.

Popis životnog ciklusa (LCI) uključuje određivanje i kvantifikaciju ulaznih materijala, kao i emisiju i izlaz analiziranih proizvoda. Ulazni materijali podrazumevaju sirovinu, energiju i druge izvore koji se koriste tokom životnog ciklusa proizvoda. U izlazne produkte spadaju gotovi proizvodi, emisija gasova i vode u zemljište.

Procena uticaja životnog ciklusa (LCIA) je proces gde se identifikovana ekološka opterećenja u LCI prevode u ekološke uticaje. Važno je napomenuti da se direktno poređenje kroz kategorije uticaja ne može izvršiti zato što se uticaji u različitim kategorijama izračunavaju na osnovu drugačijih skala. Proces procene uticaja životnog ciklusa uključuje dva koraka: klasifikaciju i karakterizaciju.

Neki od uticaja na životnu sredinu koji se najčešće razmatraju su [3]:

- *globalno zagrevanje* - mereno u odnosu na ekološki efekat koji proizvede ispuštanje 1 kg CO₂ u atmosferu
- *acidifikacija* – merena u odnosu na ekološki efekat efekat koji proizvede ispuštanje 1 kg SO₂
- *obrazovanje fotohemijskih oksidanasa* – u odnosu na efekat pri ispuštanju 1 kg etilena
- *nutrifikacija* – u odnosu na ispuštanje 1 kg fosfata
- *osiromašenje neobnovljivih resursa* – mereno u odnosu na ukupne svetske rezerve datog resursa.

3. PROIZVODNJA I RECIKLAŽA BAKRA

3.1. Proizvodnja bakra pirometalurškim postupkom

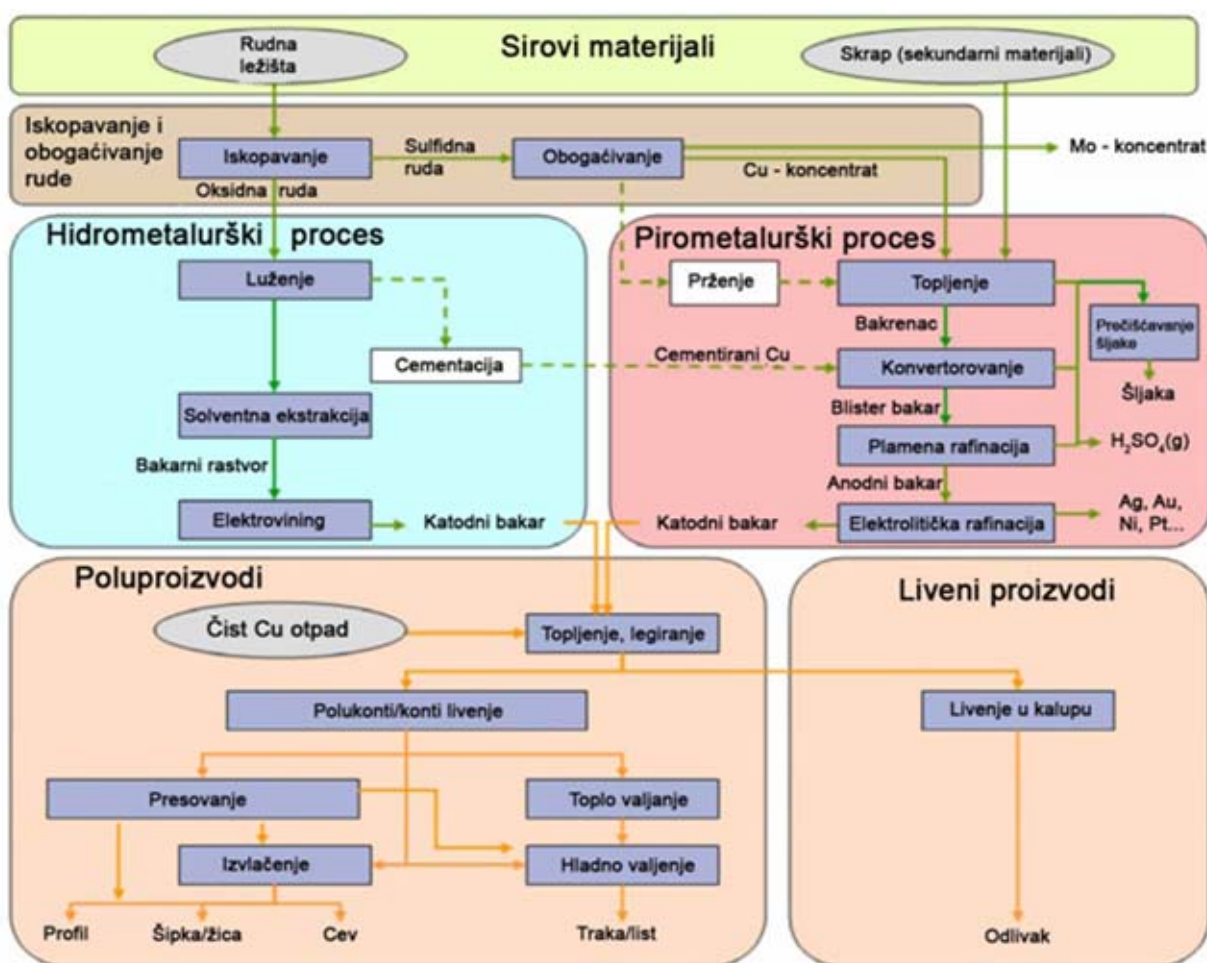
Iako je tokom godina razvijeno mnogo procesnih tehnologija proizvodnje bakra u cilju unapređenja efikasnosti procesa s jedne strane i smanjenja štetnih ekoloških uticaja s druge strane, primena bakra u elektrotehnici i elektronici zahteva visoku čistoću, a to se može postići jedino finalnom fazom elektrolitičke rafinacije, pa pirometalurški proces proizvodnje

bakra podrazumeva tri osnovne faze: iskopavanje rude i obogaćivanje, topljenje i desulfurizaciju i dodatnu fazu elektrolitičke rafinacije. Komercijalni stepen čistoće katodnog bakra u opsegu je od 99,95-99,99% Cu.

3.2. Proizvodnja bakra hidrometalurškim postupkom

Hidrometalurški proces proizvodnje, poznatiji kao solventna ekstrakcija-elektrovining proces (SE-EW), noviji je proces u odnosu na pirometalurški postupak dobijanja bakra, koji u osnovi zaobilazi faze obogaćivanja rude i topljenja, i uključuje stadijum luženja, nakon čega sledi proces cementacije ili elektrovining. U novije vreme, SE-EW proces se naglo razvija i u značajnoj meri zamenjuje stariji pirometalurški proces.

Međutim, ova dva procesa su neraskidivo vezana, jer se u pirometalurškom procesu kao prateći proizvod javlja sumporna kiselina, koja je neophodni agens u hidrometalurškoj proizvodnji bakra [4]. Na slici 1. prikazana je tehnološka šema proizvodnje bakra, koja ukazuje na navedenu medjusobnu povezanost pirometalurškog i hidrometalurškog procesa proizvodnje.



Slika 1. Tehnološka šema proizvodnje bakra – povezanost pirometalurškog i hidrometalurškog procesa proizvodnje [4]

3. 3. Reciklaža bakra

Bakarni otpad najčešće se deli u četiri grupe i to u zavisnosti od sadržaja bakra, kako je prikazano u tabeli 1.

Tabela 1. Klasifikacija bakarnog otpada [1]

Kategorija	Sadržaj bakra [%]	Primeri
N ^o 1 otpad	>99	bakarna žica, teški otpad
N ^o 2 otpad	88-99	automobilski hladnjaci, žica i kablovi
Otpad sa niskim sadržajem Cu	10-88	štampana električka kola, električki uređaji
Mesinzi	65-80	žuti i crveni mesinzi

Zapaženo je da otpad sa niskim procentom bakra, čak i pri najnižoj produkciji ima najveći uticaj na životnu sredinu. Zato je važno fokus staviti na otpad sa niskim sadržajem bakra, jer nudi najveće mogućnosti za poboljšanje ekoloških karakteristika, zahteva nov pristup samoj tehnologiji, ali i određivanje uticaja dodavanje takvog otpada u već postojeće plamene peći. Za ostale kategorije bakarnog otpada tipa No1, No2 i mesinge, tehnologija reciklaže je relativno jednostavna. Za No1 potrebno je samo pretapanje da bi se bakar reciklirao, dok se za No2 posle pretapanja vrši i elektrorafinacija. Otpad sa manje od 10% bakra melje se i koncentriše, i potom tretira na sličan načina kao i primarna ruda.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1. LCA uticajni faktori

Rezultati istraživanja koji su uključivali podatke o ukupnoj potrošnji energije pri proizvodnji 1kg katodnog Cu, uticaj efekta globalnog zagrevanja i acidifikacije, prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Parametri koji karakterišu pirometalurški i hidrometalurški postupak proizvodnje Cu

PROCES	Potrošnja energije (MJ/kgCu)	Efekat globalnog zagrevanja (kg CO ₂ e/kgCu)	Acidifikacija (kgSO ₂ e/kgCu)
Topljenje/konvertovanje/ /elektrolitička rafinacija	33	3.3 (71%) ^a	0.04
Luženje i SX-EW proces	64	6.2 (93%)	0.05

^a Brojevi u zagradi pokazuju udeo energije koja se koristi u procesu i utiče na efekat globalnog zagrevanja

Ukoliko se komparativno posmatraju parametri potrošnje energije, acidifikacije i stepena iskorišćenja kod proizvodnje 1t Cu u plamenoj peći i fleš smelting peći (piro-postupak), nasuprot luženju tj. SX-EW procesu (hidro-postupak), dolazi se do podataka prikazanih u tabeli 3.

Prikazani rezultati izvedeni su na osnovu podataka o procesnim parametrima[5-7]. Kod hidrometalurškog procesa proizvodnje bakra, iako je on ekološki prihvatljiviji, zbog manjeg efekta na globalno zagrevanje i acidifikaciju, mnogo je veća potrošnja električne energije u odnosu na pirometalurški proces, jer se najveći udeo energije troši pri procesu SX-EW, dok se kod piro-procesa najveći deo energije troši na pripremu rude do koncentrata, jer se dalji tretman odvija uz oslobađanje toplote iz samog sistema.

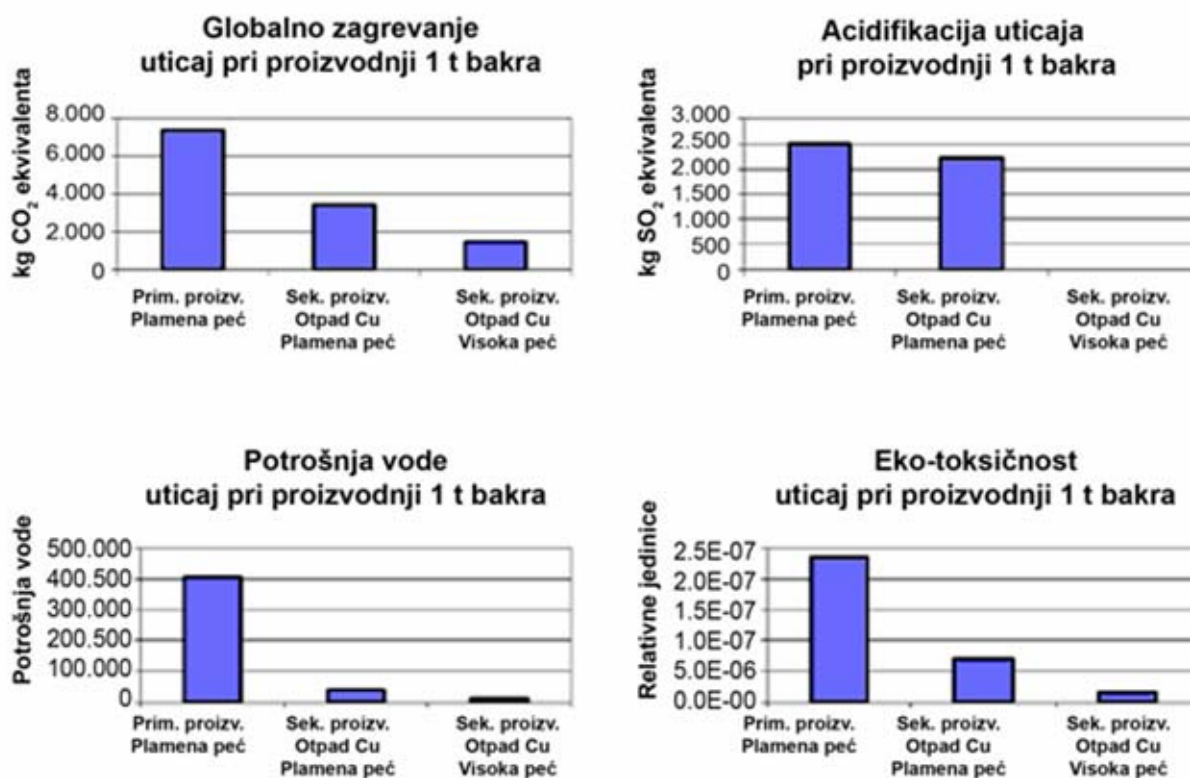
Tabela 3. Komparativni pregled nekih LCA uticajnih faktora u proizvodnji bakra

PROCES	El. energija (kWh/tCu)	Acidifikacija (kgSO ₂ /tCu)	Stepen iskorišćenja procesa, %
Plamena peć	5700	2500	88
Fleš-smelting peć	6000	150	88
Luženje-SX-EW	9350	<150	62

4.2. Upoređivanje primarne i sekundarne proizvodnje bakra sa aspekta LCA

Ekološke karakteristike za sekundarnu proizvodnju otpada sa niskim sadržajem Cu u plamenoj i šahtnoj peći prikazane su na slici 2, a takodje je uključena i primarna proizvodnja u plamenoj peći.

Na osnovu ovakve analize ne može se preporučiti korišćenje postojeće plamene peći za reciklažu ovakvog otpada, ako je moguće sagraditi novu šahtnu peć, jer one imaju niži ekološki uticaj u svim posmatranim kategorijama. Medjutim, pošto se očekuje da plamene peći nastave sa proizvodnjom još neko vreme, mogu se koristiti za recikliranje ovog otpada jer se time značajno poboljšavaju ekološki parametri u odnosu na primarnu proizvodnju iz same rude. Najviši acidifikacioni efekat je rezultat izdvajanja velike količine SO₂ prilikom topljenja sulfidnih ruda, pa se očekuje da korišćenje otpada značajno smanji taj efekat, obzirom da sekundar ne sadrži sumpor.



Slika 2. Ekološki pokazatelji za plamenu i visoku peć[8]

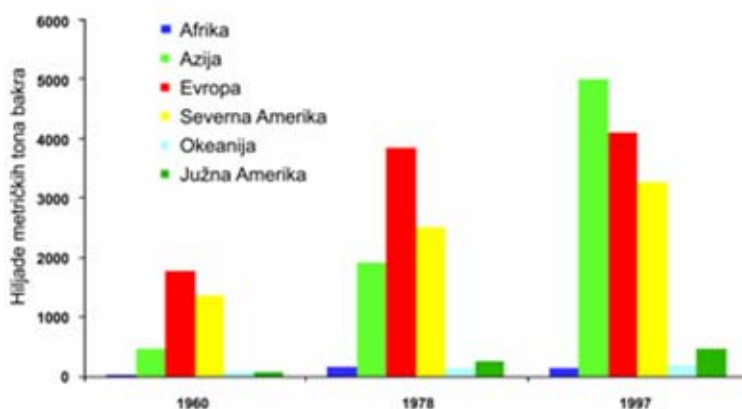
4.3. Ekonomski faktori

Svetska potražnja za bakrom sve više uzima maha u poslednjim decenijama (slika 3), prateći rapidnu ekspanziju kineske ekonomije i razvoj država bivšeg Sovjetskog Saveza. Tokom proteklih deset godina, potrošnja bakra u Kini iznosila je 12%, da bi 2005. godine ta vrednost iznosila čak 22% svetske proizvodnje bakra. Tokom zadnjeg perioda, primarna svetska proizvodnja bakra rasla je u proseku 3.2% godišnje.

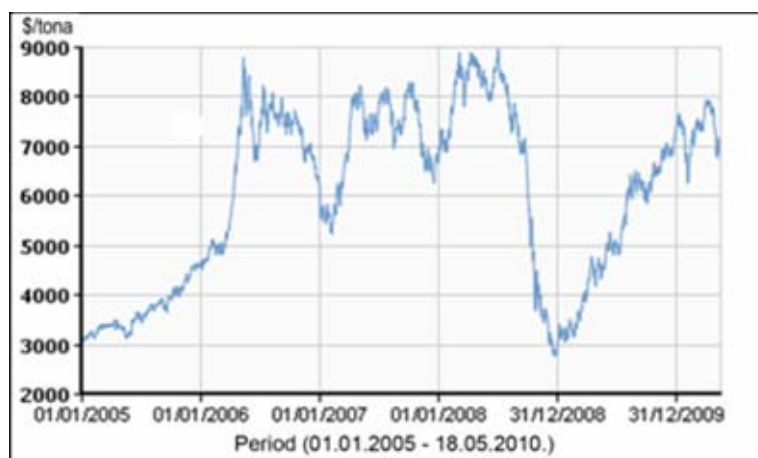
Povećana potražnja bakra dovela je i do drastičnog pada cena od 2003. godine. Prosečna cena tone bakra na Londonskoj berzi metala 2005. godine bila je US\$3,684/tCu (US\$1.67/lb), što je bila njegova najveća vrednost od 1989. godine. Do maja 2006. cena bakra je porasla na više od US\$4.04/lb, a najnoviji podaci ukazuju da je cena bakra u 2009. godini išla uzlaznom putanjom i približila se vrednosti od US\$7500/tCu (slika 4), dok u tekućem periodu ove godine ta cena varira od US\$6500-8000/t Cu.

Iako su sredinom prošlog veka postojali brojni pokušaji zamene bakra jeftinijim metalima, posebno u oblasti elektronike i elektrifikacije, pokazalo se da bakar kao takav, zbog svojih karakteristika ne može imati adekvatnu zamenu, što je još jedan razlog sve veće proizvodnje

i potražnje. Raspodela primene bakra po industrijskim granama u poslednjih nekoliko godina bila bi: građevinska industrija – 37%, elektroindustrija – 26%, saobraćaj – 11%. Prosečni podaci[9-11] za navedeni period ukazuju da svetska potražnja za rafinisanim bakrom iznosi oko 16.5 miliona tona.



Slika 3. Potrošnja bakra u svetu u periodu 1960-1997.godine [9]



Slika 4. Cena bakra na Londonskoj berzi metala u periodu 2005-2010. godina [10]

Tabela 4. Trendovi u svetskoj proizvodnji i potrošnji bakra u periodu 2004-2010. godine [9] (hiljade metričkih tona bakra)

Parametar \ Period	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2009	2010
						p/	Jan	
Svetska proizvodnja rude	14,594	14,924	14,991	15,474	15,528	15,744	1,271	1,302
Kapacitet rudnika u svetu	16,072	16,826	17,141	18,098	18,739	19,513	1,630	1,683
Iskorišćenje rudnika, %	90.8	88.7	87.5	85.5	82.9	80.7	78.0	77.3
Primarna proizvodnja bakra	13,848	14,411	14,678	15,191	15,402	15,401	1,303	1,331
Sekundarna proizvodnja bakra	2,069	2,161	2,613	2,743	2,823	2,919	187	268
Svetska proizvodnja bakra Primarna + Sekundarna	15,918	16,572	17,291	17,934	18,225	18,321	1,490	1,599
Svetski kapacitet proizvodnje bakra	19,179	20,250	20,604	21,569	22,472	23,528	1,961	2,011
Iskorišćenost svetskih proizvodnih kapaciteta, %	83.0	81.8	83.9	83.1	81.1	77.9	76.0	79.5
Svetska potrošnja bakra	16,839	16,673	17,053	18,233	18,056	18,159	1,331	1,477

5. ZAKLJUČAK

LCA analiza životnog ciklusa proizvodnje bakra, kao moderan alat koji sve više nalazi primenu u industriji, omogućava procenu budućih trendova u razvoju tehnologije i procesne opreme, kako bi se emisije štetnih materija u vazduh, vodu i zemljište svele na minimum i time ispunili oštri zahtevi zemalja sa razvijenom "ekološkom" svešću za očuvanjem životne sredine. Sa druge strane treba voditi računa da cena koštanja proizvodnje jedinice proizvoda bude dovoljno niska kako bi se profit održao na relativno visokom nivou, tj. da proizvod bude i dovoljno ekonomski isplativ. Takođe, racionalno gazdovanje resursima i sve veći zaokret ka proizvodnji bakra, ne iz rude, već iz sekundarnih sirovina, tj. putem reciklaže, u značajnoj meri utiče na uštedu materijalnih i energetskih inputa, što dalje rezultuje nižom cenom jedinice gotovog proizvoda, manjim globalnim zagađenjem i problema metalnog otpada.

U ovom radu prikazano je da se ukupni ekološki uticaji procesa proizvodnje bakra mogu dobiti jedino ukoliko su svi inputi i autputi tokom celokupnog životnog ciklusa proizvoda uključeni u procenu. Poređenjem različitih načina proizvodnje bakra, došlo se do sledećih zaključaka:

- pirometalurški proces proizvodnje bakra pokazuje niže vrednosti ukupne potrošnje energije i ispuštanje gasova koji utiču na efekat „staklene bašte“, u odnosu na hidrometalurški postupak koji uključuje solventnu ekstrakciju i elektrovining postupak ;
- emisija gasova koji stvaraju kiseline iz oba procesa primenom sulfidnih ruda je relativno mala, jer se sumpor iz rude ekstrahuje u tečnu fazu ili se koristi za proizvodnju sumporne kiseline ; i
- primena prirodnog gasa umesto uglja za proizvodnju električne energije smanjila bi emisiju gasova koji povećavaju efekat staklene bašte, istovremeno povećavajući efikasnost procesa proizvodnje električne energije.

Dakle, obzirom na imperativ za zaštitu životne sredine i potreba primene "čistih tehnologija" – "zelenih tehnologija", a u cilju smanjenja uticaja industrijske proizvodnje na životnu sredinu, menadžment tih preduzeća treba da koristeći prednosti LCA metodologije:

- jača dijalog sa proizvodnjom ;
- poboljša strateško planiranje uključujući i ekološku ocenu svojih proizvodnih programa ;
- sprečava zagađenje ;
- koristi dostupne zelene tehnologije, uvodi tržišne mehanizme u korišćenju prirodnih resursa ;
- efektivno upravlja otpadnom materijalom ; i
- ekološki upravlja kvalitetom proizvoda, kvalitetom ambalaže, primenjuje savremena dostignuća u tehnologiji reciklaže.

6. LITERATURA

- [1] Biswas, A. and Davenport, W., 1994. Extractive metallurgy of copper. Elsevier, Oxford.
- [2] EPA, Solders in Electronics: *A Life-Cycle Assessment Summary*, US Environmental Protection Agency, 2005.
- [3] T. E. Norgate, *A Comparative Life-Cycle Assessment of Copper Production Processes*, CSIRO Minerals Report, Australia, 2001.
- [4] www.kupferinstitut.de
- [5] Norgate, T. and Rankin, W., 2000. Life cycle assessment of copper and nickel production, MINPREX 2000, Melbourne, Australia, pp. 133-138
- [6] Riekkola-Vanhanen, M., 1999. Finnish expert report on best available techniques in copper production & by-production of precious metals, Finnish Environment Institute, Helsinki.
- [7] Sippel, B. and Roos, S., 2001. Recycling. Noranda (www.noranda.com)
- [8] Gaines, L., 1980. Energy and material flows in the copper industry. W-31-109-Eng-38, Argonne National Laboratory, U.S. Department of Energy, Illinois.
- [9] The International Copper Study Group (ICSG) www.icsg.org
- [10] The London Metal Exchange www.lme.com/copper_graphs.asp

KONKURENCIJSKI USLOVI I FORMIRANJE CIJENA RAČUNARSKIH SISTEMA U BOSNI I HERCEGOVINI

Fetan Unkić, student
II godine Ekonmskog fakulteta u Zenici
E-mail: funkic18@hotmail.com

Mr Sci. Faruk Unkić, dipl.el.ing.
Mješovita srednja škola Tešanj
Patriotske lige S I/34, 74260 Tešanj, Bosna i Hercegovina
E-mail: funkic@bih.net.ba

ABSTRACT

Tržište prema najkraćoj definiciji predstavlja mjesto gdje se susreće ponuda i potražnja. Tržište je istodobno i mehanizam kojim se reguliraju odnosi prodavača i kupaca u uslovima u kojima sudionici razmjene ili kupoprodaje ostvaruju svoje ciljeve i interese, zbog kojih i stupaju u međusobne odnose.

Bosansko-hercegovačko tržište se nalazi u fazi tranzicije prelaska na tržišnu ekonomiju i još uvijek je pošteđeno od svjetskog tržišta. Zbog toga cijene računarskih sistema su mnogo više od cijena na svjetskom nivou, dok je kvalitet ponuđenih računarskih sistema daleko ispod svjetskih standarda o kvalitetu.

U radu su analizirani konkurencijski uslovi na tržištu računarskih sistema u Bosni i Hercegovini i način formiranja cijena računarskih sistema te objašnjena transformacija tržišta računarskih sistema od oligopolske tržišne strukture do monopolističke konkurencije.

Također, u radu su navedeni i uslovi pod kojima kompanije koje se bave proizvodnjom i prodajom računarskih sistema mogu ostati na tržištu, a kao najbitniji faktor je smanjenje fiksnih i varijabilnih troškova poslovanja obzirom da nije moguće cjenovno se boriti sa konkurencijom.

Otvaranjem tržišta Bosne i Hercegovine na globalnom nivou našim kompanijama može predstavljati pretnju ali istovremeno i šansu da sa svojim proizvodima izađu na svjetsko tržište i tako opstanu u novonastalim konkurencijskim odnosima.

Ključne riječi: konkurencijski uslovi, računarski sistemi, cijena računarskog sistema, tržišne strukture

UVOD

Razvoj informacionih tehnologija u svijetu i njihov uticaj na sve aspekte ljudskog života i rada uveliko se odražava i na prostore Bosne i Hercegovine. Ovaj uticaj mogao bi se posmatrati u tri vremenska perioda i to: prije izbijanja rata, u toku rata i poslijeratni period. Zašto baš ovakva podjela? Zato što u ova tri vremenska perioda su bile zastupljene tri različite tržišne strukture na području Bosne i Hercegovine a na tržištu opreme za razvoj informacionih tehnologija.

Informacione tehnologije zahtjevaju vrhunsku elektroničku tehnologiju, a koju posjeduje veoma mali broj visoko razvijenih zemalja u svijetu. Pošto materijalnu osnovu informacionih tehnologija čini kompjuterska oprema ili hardver u Bosni i Hercegovini u

prijeratnom periodu nije postojala proizvodnja računarskih sistema¹ odnosno kako se to često naziva kompjuterskih sistema. Postojale su neke naznake proizvodnje kompjuterskih sistema od gotovih, kupljenih komponenti a jedna od tih firmi je bila IRIS Sarajevo i nekoliko privatnih preduzeća. U to vrijeme tako sklopljen računarski sistemi imali su veliku cijenu i nisu zadovoljavali tadašnje tržište. Također, bila je i velika zastupljenost stranih proizvođača računarskih sistema tako da se početkom 1992. god., zahvaljujući liberalizaciji uvoza, u zemlji mogla nabaviti gotovo sva vrhunska kompjuterska oprema. Znači, ponuda računarskih sistema u prijeratnom periodu imala je pozitivan trend. Ovaj vremenski period karakterisala oligopolska tržišna struktura.

U toku rata (1992.g. do 1995.g.) računarski sistemi su odigrali vrlo "važnu ulogu u odbrani", njihovim korištenjem kako za formiranje baza podataka pripadnika oružanih snaga tako i u komunikacionim sistemima za potrebe veze i kriptozastite.

Međutim, u tom vremenskom periodu u svijetu došlo je do još ubrzanijeg razvoja opreme za informacione tehnologije kao i revolucionarnih preokreta u softveru prelaskom sa karakter operativnih sistema (DOS, Unix, Nowell i dr.) na grafički operativni sistem (Windows, Windows NT, Linux). Istovremeno se i hardverska struktura računarskog sistema transformisala u modularne komponente te je proizvodnja računarskih sistema postala dostupna i manjim firmama sa malo zaposlenih i malim početnim obrtnim kapitalom. U vrijeme rata na bosansko-hercegovačkom tržištu nisu bile dostupne niti hardverske niti softverske komponente. Znači, taj period, iako su postojale potrebe tj. postojala je potražnja za računarskim sistemima, možemo okarakterisati kao period kad nije bila prisutna ponuda računarskih sistema. Isto tako mali broj kadrova je uspijevaao doći do literature o novim dostignućima u informacionim tehnologijama na svjetskom nivou.

Vremenski period poslije rata karakterišu nove tržišne strukture, naglašena potreba računarskim sistemima i povećan broj učesnika u proizvodnji i prodaji računarskih sistema. Ove tržišne strukture su analizirane u prvom dijelu ovog rada.

Cilj ovog rada je da analizira konkurencijske uslove firmi na tržištu računarskih sistema u Bosni i Hercegovini kao i da analizira trenutne tržišne strukture i način formiranja cijena računarskih sistema. Da bi se moglo odgovoriti na ovo pitanje u radu su se koristile kako teorijske osnove mikroekonomske teorije tako i praktična iskustva.

1. KONKURENCIJSKI USLOVI

1.1 KLASIFIKACIJA TRŽIŠTA

Osnov za klasifikaciju tržišta ili kako se to često u ekonomskoj literaturi naziva klasifikacija tržišnih stanja čine različiti kriteriji. U osnovi te kriterije možemo podjeliti u tri skupine:

- *kriterij supstitutabilnosti proizvoda* (tj. postojanja supstituta i bliskost supstituta),
- *kriterij međuovisnosti* (tj. koliki je broj učesnika i da li postoji diferencijacija proizvoda i uticaja prodavača i kupaca na stepen kontrole cijena),
- *kriterij uvjeta ulaska i lakoća u granu*².

Mnogi autori su pokušali da daju svoju podjelu tržišnih stanja ali jedna od najprikladnijih podjela je prema Paulu Samoelsonu na:

- **savršenu konkurenciju** i
- **nesavršenu konkurenciju** .

1.1.1. Savršena konkurencija

Savršena konkurencija se često naziva i potpuna konkurencija, čista konkurencija i perfektna konkurencija. Karakteristike savršene konkurencije su u tome što se pojavljuje veliki broj preduzeća sa identičnim (homogenim) proizvodom. Savršena konkurencija predstavlja takvu tržišnu strukturu koja ima automatiziranu ponudu i potražnju s velikim

¹ Računarski sistem je skup međusobno povezanih komponenti koji izvršava funkcije i aktivnosti procesiranja informacija. Kao i svaki drugi sistem i računarski sistem ima funkciju ulaza, procesa (obrade) i izlaza, ali za razliku od većine drugih sistema, računarski sistem ima i funkciju memorije i kontrole.

² A.Koutsoyiannis, Moderna mikroekonomika, drugo izdanje, prevod Mate d.o.o. Zagreb, 1996.

brojem prodavača i kupaca, ali svaki od njih ima malu ekonomsku moć tako da svojom količinom ponude ili potražnje ne može uticati na cijenu. Znači, cijena na tržištu savršene konkurencije je nezavisna varijabla u odnosu na svakog pojedinačnog učesnika. U ovakvom tržišnom stanju svaki prodavač može prodati koju god količinu želi. Iz toga proizilazi da u ovakvom tržišnom stanju nema rivalstva među pojedinim preduzećima. Svaka od tržišnih stranaka teži maksimiziranje vlastitih efekata u razmijeni. Proizvodi preduzeća su savršeni supstituti tako da je cjenovna elastičnost na krivulji potražnje pojedinog preduzeća beskonačna. Ulazak u industriju je slobodan i lagan³.

1.1.2. Nesavršena konkurencija

Prema Paulu Samaelsonu nesavršenu konkurenciju čine: **monopol, oligopol i monopolistička konkurencija**. U ovim oblicima nesavršene konkurencije, izuzevši monopol, prisutna je diferencijacija proizvoda. Stvarno tržište je spoj savršene i raznih oblika nesavršene konkurencije. Međutim, na sve ove tržišne strukture treba dodati uticaj države odnosno njenih regulirajućih funkcija na tržištu. Isto tako treba dodati ulogu sindikalnih organizacija na tržištima rada.

Monopol

Monopol predstavlja potpuno suprotno tržišno stanje od stanja savršene konkurencije. Monopol karakterizira postojanje samo jednog preduzeća, nemogućnost ulaska u granu drugih preduzeća, potpuna neelastičnost potražnje, proizvodi nemaju bliskih supstituta te potpunu kontrolu nad količinom koju proizvodi i prodaje kao i kontrolu nad cijenom proizvoda.

Monopole bi mogli podijeliti u dvije skupine i to: *ekonomske i prirodne monopole*. Monopol kao osnovni cilj postavlja maksimiziranje profita, odnosno dobiti. Za razliku od savršenog konkurenta koji svoj cilj postiže obimom proizvodnje i troškova monopolist istovremeno kontroliše i obim proizvodnje, odnosno prodaje i visinu cijene. Osnovna karakteristika monopola je da on u svom ravnotežnom stanju pored prosječne dobiti ostvaruje i monopolsku dobit. U našim uslovima ima puno primjera monopolskih struktura kao što su: Elektroprivreda, BH TELECOM, Komunalna preduzeća i dr.

Monopolistička konkurencija

Na tržištu na kojem vlada monopolistička konkurencija ima veoma velik broj preduzeća koji prodaju slične ali ne i istovjetne proizvode. Ulazak i izlazak u ovakvu tržišnu strukturu je prilično slobodan i lagan. Ovu tržišnu strukturu diferencirani proizvodi koji su slični ali ne i identični i koji služe zadaovoljavanju iste potrebe. U praksi je često razlika između proizvoda prividna tj. nema razlike između proizvoda ili je razlika samo u nazivu proizvoda. Ova karakteristika je naročito vidljiva u farmaceutskoj industriji gdje lijekovi sa istom strukturom nose različite nazive. Krivulja potražnje ima negativan nagib ali i visoku cjenovnu elastičnost zbog bliskih supstituta.

Karakteristika ove tržišne strukture je ostvarivanje visokih profita u kratkom vremenskom periodu, ali zbog lakoće ulaska u granu ti profiti se u dugom vremenskom periodu smanjuju. Zbog toga u ovoj tržišnoj strukturi se dešavaju stalne proizvodno – prodajne inovacije te se na osnovu njih vrši privremeno povećanje profita dok imitatori ne anuliraju te prednosti. Primjeri ovakve tržišne strukture su mnogobrojni a najčešće se susreću u trgovini na malo i u sektoru usluga. Obično se takve strukture apoteke, benzinske pumpe, frizerske radnje, restorani i dr.

Oligopol

Oligopol je oblik tržišne strukture u kojoj imamo mali broj prodavača homogenog ili diferenciranog proizvoda. Ako je proizvod homogen tada imamo tržišnu strukturu *čisti oligopol*, a ako je proizvod diferenciran tada imamo *diferencirani oligopol*. Obzirom da je na oligopolističkom tržištu mali broj preduzeća prodavači su svjesni svoje međuovisnosti. Zbog toga savako preduzeće mora uzimati u obzir reakcije suparnika. Za razliku od savršenog konkurenta, čiji je utjecaj na cijenu zanemariv, oligopol značajno utiče na formiranje tržišne cijene. Obzirom da oligopol nije sam na tržištu on ne može voditi

³ isto

samosalnu politiku cijena i politiku obima proizvodnje. Zbog toga oligopol proizvodi identičan proizvod mora sarađivati sa drugim učesnicima na tržištu. Neki nivo samostalnosti se može postići kod oligopola sa diferenciranim proizvodom.

Budući da je cjenovna konkurencija kod oligopola nerazumana zbog toga oligopoli pribjegavaju diferencijaciji proizvoda, reklami, poboljšanju dizajna proizvoda, pružanju brže i efikasne usluge. Iz toga slijedi da oligopoli imaju *nećjenovnu konkurenciju*. Obzirom da oligopolist zna da na njegove odluke će reagovati drugi proizvođači donošenje odluka oligopola je složenije nego u ostalim tržišnim strukturama. Zbog toga oligopol ima dvije mogućnosti da se ne sporazumjeva sa ostalim i tada imamo *nesporazumni oligopol* ili da se

sporazumjeva sa ostalim i tada imamo *sporazumni oligopol*.

Oligopol je najrasprostranjeniji oblik tržišne strukture i on se javlja u automobilskoj industriji, hemijskoj industriji, industriji papira, elektro opremi i dr. Ulazak u granu je moguć ali ne i lagan.

1.2 BIH TRŽIŠTE

U uvodu je navedeno da u Bosni i Hercegovini postoje tri vremenska perioda koja karakterišu različite tržišne strukture proizvođača računarskih sistema. Prvi period tj. prijeratni period odlikuje se malim brojem proizvođača pa moglo bi se reći i jednim proizvođačem (Iris-Sarajevo) koji je imao ponudu na bh.tržištu. Isto tako radilo se o homogenom proizvodu – računarskim sistemima sa operativnim sistemima Unix i sa veoma zahtjevnim znanjama za rad sa istim. Irisov proizvod je poznat pod nazivom MUV. Taj period karakterišu visoke cijene računarskih sistema gdje se na proizvedenom računaru zarađivalo do 50% od vrijednosti ulaznih faktura proizvodnje. Ulazak u to vrijeme u granu je bio veoma težak pošto je zahtjevao ne samo kapital nego i visokokvalificiranu radnu snagu koja je mogla raditi na tim poslovima. Na tržištu osim Irista, djelovali su i prodavači - zastupnici pojedinih inozemnih firmi kao što je Unis-data zastupala NCR-ov računarski sistema. Obzirom da je tadašnje tržište djelovalo kao jedinstveno jugoslovensko tržište tu su bile prisutne i druge firme kao što je IBM, Hanowell i dr. Neposredno pred rat na tržištu su se počeli javljati novi ponuđači računarskih sistema sa operativnim sistemom DOS i Novell Net Ware koji su počeli da uzimaju značajan udio u prodaji. Ovaj period možemo reći da karakterizira *oligopolska tržišna struktura*.

U toku rata desile su se revolucionarne novine na polju razvoja informacionih tehnologija, kako softvera tako i hardvera. Pojavili su se grafički operativni sistemi Windows, Windows NT koji su imali performanse bolje od svih dosadašnjih operativnih sistema a zahtjevali su jednostavnije okruženje (hardver) za svoj rad. Za veoma zahtjevne poslove mogli su se već koristiti personalni računari, a za kompleksnije zahtjeve isti su se, uz neznatne troškove na mrežne kartice i kablove, vezali u računarsku mrežu. Za proizvodnju ovakvih računarskih sistema nije bilo potrebno mnogo ulaganja a poslove oko asembliranja ovakvog računarskog sistema već su mogli obavljati kadrovi sa srednjom elektrotehničkom ili sličnom školom.

Uvidjevši potrebu i značaj informacionih tehnologija neposredno po deblokadi puteva u Bosni i Hercegovini formirale su se prve firme koje su počele sa proizvodnjom računarskih sistema uvozeći komponente i sklapajući ih kao vlastiti proizvod. U početku se radilo o nepouzdanjoj opremi pošto su se nabavljale komponente sa što nižim cijenama. Ipak, zbog male ponude a velike potražnje u tom vremenskom periodu cijene računarskih sistema su bile mnogo puta veće nego iste na svjetskom tržištu pa i nama susjednim zemljama. Sa malim obimom ponude isplatilo se uvoziti komponente i montirati računarski sistem. Također, cijena radne snage je bila mala pa učešće ulaznih resursa proizvodnje je bilo malo u odnosu na cijenu finalnog proizvoda. Obzirom da je ulazak u granu lak to su mnogi uvidjeli šansu da ulaskom u ovu granu mogu ostvariti profit. Kako se potražnja povećavala tržištu su se nudile i mnogo složenije konfiguracije. U tom periodu bilo je niz problema za stvaranje kvalitetne ponude kako zbog nedostatka kadrova tako i zbog nedostatka rezervnih dijelova za potrebe održavanja i servisiranja.

Vremenom se na tržištu pojavljivao sve veći broj novonastalih firmi koje su u svom proizvodnom programu nudile računarske sisteme. U Bosni i Hercegovini registrovan je veliki broj firmi koje se bave bilo proizvodnjom bilo prodajom računarskih sistema od kojih u Sarajevu sada radi oko stotinu, a u manjim gradovima od pet do deset firmi.

Kako su se razvijali drugi privredni sektori pogotovo trgovačke organizacije, firme koje se bave špediterskim poslovima, grafičke kuće i svi drugi privredni segmenti kao i potrebe u državnim institucijama kao što je vojska, policija, općinska vijeća, kantonalne, federalne i državne institucije značaj korištenja informacionih tehnologija postajao je iz dana u dan sve veći. Iz gore navedenih razloga nezamislivo je bilo mnoge poslove obavljati bez primjene informacionih tehnologija.

Bosansko-hercegovačko tržište je ubrzo postalo interesantno i za mnoge inozemne firme koje su prve na ljestvici svjetskih proizvođača informacionih tehnologija kao što su IBM, Compaq, Dell i drugi koje su tražile poslovne partnere u Bosni i Hercegovini da bi ostvarili saradnju bilo putem zastupanja, otvaranja predstavništva ili formiranja distribucionih kanala.

Vremenski period koji je pred nama odlikuje se u znaku Interneta, multimedije, digitalne slike, zvukova i komunikacije. To znači da su otvorena vrata novoj, ne samo poslovnoj primjeni računara. Računari se koriste za praćenje i upravljanje poslovnim procesima, a istovremeno se koriste za interaktivno učenje, učenje kroz igru, komunikacije pa čak do novog vida trgovine elektronskim putem. Istovremeno svakodnevno dolazi do pada cijena računarskih sistema. Kupovna moć firmi i pojedinaca iz dana u dan je sve veća. Sve ovo se održava na povećanje potražnje za računarskim sistemima.

S druge strane na tržištu se pojavljuje velik broj proizvođača i trgovačkih firmi koje nude računarske sisteme. Isto tako pojavljuju se različiti modeli računarskih sistema i to sa dodatno sniženim cijenama zbog želje prodavača da pridobiju što veći broj kupaca i da postignu što veće tržišno učešće. Međutim, niža cijena kod mnogih firmi ostvaruje preniske zarade pa dolazi do pojave i nekvalitetne ponude. Zbog toga kupac u ovakvim konkurencijskim uslovima postavlja pred sebe pitanje šta i od koga nabaviti, a ponuđač postavlja pitanje kako se postaviti u ovakvim konkurencijskim prilikama da on bude baš taj od koga će se kupiti.

Ulaskom mnogih preduzeća u granu došlo je do povećanja ponude tako da bi zadržali pozicije i ostvarili potreban nivo profita. Sadašnje tržišno stanje u kojem djeluju ponuđači računarskih sistema i komponenti računarskih sistema moglo bi se podijeliti u dvije grupacije i to: *oligopolske tržišne strukture i tržište monopolističke konkurencije*.

U grupaciju oligopola mogle bi se svrstati firme koje prodaju računarske komponente. Mada i tu imamo diferencirana dva pristupa prodaji i to: jedni su se odlučili da budu isključivo distributeri za dalju prodaju firmama koje proizvode računare za krajnjeg kupca i drugi koji su se opredjelili kako za prodaju za krajnjeg kupca tako i za distribucijsku prodaju. Ovi ponuđači komponenti uspjeli su da dobiju ekskluzivna zastupništva za pojedine komponente ili su dobili status ovlaštenih prodavača pojedinih računarskih komponenti. Tako dolizimo do stanja da je ulazak u ovakvu granu moguć ali ne i lagan a gore navedeni ponuđači se specijalizuju za ponudu jedne vrste proizvoda što predstavlja oligopolsku tržišnu strukturu.

Na području Bosne i Hercegovine imamo nekoliko ovakvih preduzeća i to: DISTI d.o.o. Sarajevo, Acord BH d.o.o Sarajevo, CHS International d.o.o Sarajevo, Hardwer d.o.o. Tuzla, KimTec d.o.o Vitez i dr.

Isključivo distribucijom za dalju prodaju se bave firma Acord BH i CHS International dok sve druge rade i kao distributerske i kao firme koje nude gotov proizvod za krajnjeg kupca. Ovakva tržišta zastupljenost određuje i način formiranja cijena računarskih komponenti. Kod distributera su cijene u ponudi niže dok kod firmi koje djeluju i kao distributeri i kao ponuđači cijene su više za iznos rabata koji se daje za dalju prodaju a on iznosi od 5% do 15 % zavisno od obima narudžbe. Prilikom formiranja cijena vodi se računa o cijenama drugih učesnika na tržištu. Pošto ne mogu cjenovno konkurirati jedni drugim nastoje diferencirati svoju ponudu sa istim proizvodom od različitim proizviđača. Na primjer nudi se 17" monitor Philips umjesto 17" monitora Asus. Oni po tehničkim

karakteristikama mogu biti isti i zadovoljavaju istu potrebu. Drugi vid ostvarivanja konkurencijske prednosti je oglašavanje. Konkurencijske prednosti se postižu i davanjem računarskih komponenti na odgođeno plaćanje, stalnim informisanjem kupaca o stanju robe na lageru i njihovim cijenama, prigodnim prodajnim akcijama uz obezbjeđenje većeg cjenovnog popusta pri kupovini.

Drugu tržišnu strukturu čine proizvođači računarskih sistema za krajnjeg kupca. Ovu tržišnu strukturu karakteriše još veći broj ponuđača. Uzimajući u obzir i ponuđače iz gornje skupine vidimo da je tržište preplavljeno ponudom ovim proizvodima. Ovdje ćemo nabrojati samo njih nekoliko, ali u svakom gradu ima najmanje pet do deset ponuđača. Firme koje nude računarske sisteme su: LogoSoft, PC Kids, Bosko Trade iz Sarajeva, MaxTrade i InfoProm iz Zenice, InfoTeh, M3 line, AsCom iz Tešnja, Genelec iz Tuzle i mnogo drugih. **Ovakva tržišna struktura predstavlja tržište monopolističkih konkurencije.** Ovakva ponuda bi se mogla smatrati kao ponuda koja se susreće u trgovini na malo. Ni jedna od ponuđača ne može uticati drastično na promjenu cijene, nego ostvarivanje svojih ciljeva nastoji provesti kroz **diferencijaciju proizvoda, oglašavanje, dostavu do krajnjeg korisnika, povećanja vremena garatnog perida, pružanje servisnih usluga i drugim pogodnostima, te smanjenjem vlastitih prosječnih troškova.**

Intersatna činjenica koja je prisutna na bh. tržištu računarskim sistemima da ne postoje prodavači kod kojih će te pogledati ono što vas zanima, vidjeti demonstraciju proizvoda koji želite kupiti i taj proizvod kupiti. To znači da se prodavači isključivo bave samo veleprodajom tj. prodajom računara firmama koje ih uzimaju kao osnovno sredstvo rada. U posljednje vrijeme znatno je povećana prodaja fizičkim licima iako je porez 17% što uvećava cijenu proizvoda. Znači na ponudu računarskog sistema značajan je uticaj državne regulative.

Nakon određenog vremenskog perida na krivulju potražnje utiču novo pridošli ponuđači u grani, smanjena mogućnost kupovine fizičkim licima te se krivulja potražnje postepeno povlači ulijevo. Tako dugoročno gledajući nova ravnoteža nastaje u peridu kada krivulja potražnje dotakne krivulju prosječnih troškova ponuđača. U ovakvom slučaju tj. postizanje dugoročne ravnoteže cijene su iznad graničnih troškova ali su profitni sabijeni na ništicu⁴.

2. FORMIRANJE CIJENA RAČUNARSKIH SISTEMA

2.1. POJAM I VRSTE CIJENA

U ekonomskoj literaturi postoje razne definicije cijena. Cijena u principu predstavlja novčani izraz vrijednosti. U tržišnoj ekonomiji sve ima svoju cijenu bilo da se radi o proizvodu ili uslugi. Formiranje cijene nije nimalo jednostavan proces i na njegov utiče velik broj faktora kao što su konkurentni uslovi, cjenovna elastičnost potražnje i želje ponuđača da maksimizira svoj profit.

Zavisno od toga kako se formira cijena može biti konkurentna, monopolistička i državno-administrativna⁵. Prvi tip cijene je rezultat slobodnog djelovanja tržišnog mehanizma, odnosno rezultat funkcioniranja savršenog tržišta. Drugu utvrđuje monopolist, duopolist ili oligopolist, zavisno o kojem se tržišnom stanju radi, a treći država svojim odlukama. Cijena može biti prodajna i nabavna. Prema vrsti trgovine razlikujemo veleprodajnu i maloprodajnu cijenu.

Kod formiranja cijena računarskih sistema radi se o konkurentnoj cijeni koja se formira djelovanjem tržišnog mehanizma i sa aspekta trgovine radi se uglavnom o veleprodajnoj cijeni.

Također, u ovom radu se neće analizirati formiranje cijena računarskih sistema na svjetskom tržištu gdje je uglavnom zastupljeno oligopolsko tržište, nego će se analizirati formiranje cijena tzv. No name računara koje proizvode bh. firme.

2.2. CIJENE RAČUNARSKIH SISTEMA

⁴ Paul A. Samuelson & William Nordhaus, Ekonomija, četrnaesto izdanje, prevod Mate d.o.o. Zagreb, 1992.

⁵ Jozo Bakalar: Mikroekonomija, drugo izdanje, Sveučilište u Mostaru i HKD Napredak Sarajevo, 1999.

U dnevnim i stručnim novinama možemo uočiti velik broj firmi koje nude prodaju računarskih sistema. Kad se malo dublje uđe u analizu može se vidjeti da se kod većine njih radi o istom prizvodu s tim da je svaka firma tom proizvodu dala svoj naziv kako bi ga diferencirala do drugih. Obično se nude tri do četiri diferencirana proizvoda. Ponuđene cijene kod svih su uglavnom približne pa i jednake. Cijene se kreću u iznosu od 600 do 1.500 KM.

Kupovina računara prvenstveno zavisi od toga u koje svrhe ćemo koristiti isti. Računarski sistem se prodaje kao već sklopljena konfiguracija ili se mogu birati komponente za formiranje konfiguracije prema korisnikovim zahtjevima. U većini slučajeva kupovina se vrši na ovaj drugi način. Da bismo mogli odgovoriti na pitanje kako formirati cijenu jednog računarskog sistema potrebno je da znamo koje to komponente čine računarski sistem. Računarski sistem predstavlja skup slijedećih komponenti: kućište računara, matična ploča, procesor, RAM memorija, grafička kartica, hard disk, floppy disk, CD ROM, modem, zvučna kartica, monitor, tastatura, miš sa podlogom, zvučnici i operativni sistem. Vidimo da je jedan računarski sistem kompleksan i da se sastoji od prilično velikog broja komponenti. Cijena sklopljene konfiguracije ovisi o cijeni komponenti ugrađeni u tu konfiguraciju. Uzimamo samo primjer procesora. Trenutno postoje tri proizvođača procesora i to: Intel, AMD i Cyrix. Svaki proizvođač nudi više procesora koji u suštini predstavljaju diferenciran proizvod sa istim funkcijama i istim tehnološkim postupkom se dobivaju ali se razlikuju samo po brzini. Ta razlika određuje nivo cijena procesora pa se procesor može nabaviti za iznos 120 do 600 i više KM. Ista je situacija i sa drugim komponentama. Zbog toga kažemo da se ovdje radi o diferenciranim proizvodima.

Proizvođači računarskih sistema prate cijene pojedinih komponenti na tržištu i znaju da su kupcima dostupne informacije o nivou cijena od više proizvođača te ne mogu formirati cijene koje će biti drastično različite u odnosu na konkurenciju.

Kod formiranja cijena za krajnjeg kupca obično se prate cijene onih ponuđača koji imaju distributivnu prodaju i prodaju za krajnjeg kupca. U strukturi njihove cijene za krajnjeg kupca su sadržani svi troškovi proizvodnje jednog računarskog sistema i to:

- nabava vrijednosti komponenti čija je visina nivoa svijetskih tržišni cijena,
- troškove prevoza,
- carinski troškovi,
- troškove špedicije i
- dobit koja se ukalkuliše cca. 30% na prethodne četiri stavke.

Dobit se kasnije dijeli u odnosu 50% na asembliranje (montiranje računara i instaliranje sistemskog softvera) konfiguracije računarskog sistema a 50% na distributerske troškove. Preduzeća koja asembliraju račune tj. proizvode računarski sistem kupuju komponente od distributera i pri tome ostvaruju dobit u iznosu od 5 do 15%. Ako se uzme da je prosječna cijena računarskog sistema 1.000,00 KM tada se ostvaruje naknada za uslugu prodaje i asembliranje računara u iznosu od 150,00 KM. Ova razlika se može ostvariti u manjem ili većem iznosu u zavisnosti od trenutne cijene komponenti na tržištu ili kombinirajući nabavku od dva ili više dobavljača – distributera. U zavisnosti od vremena uvoza pojedini uvoznici mogu imati niže cijene od konkurenata i tada se može ostvariti veća dobit za proizvođača računarskog sistema.

U ovom radu, ilustracije radi, prikazat ćemo tabelarno koliko je razlika u cijeni ukoliko se roba nabavlja od jednog ili drugog dobavljača a na osnovu lager liste odnosno ponude dva bh. uvoznika X i Y⁶. Ovdje je potrebno napomenuti da su cijene formirane na osnovu ponuda firme isključivog distributera Y i distributera i ponuđača krajnjim kupcima firma X. Na ponudu firme Y odobrava se popust u iznosu od 3%, a cijene u ponudi firme X su veleprodajne cijene za krajnjeg kupca i za dalju prodaju na koje se odobrava popust u iznosu od 15%. Tamo gdje jedan ponuđač nema iste komponente uzetu su iste nabavne cijene. Potrebno je napomenuti da ovakav odnos cijena nije uvijek isti.

⁶ Radi tajnosti podataka ne iznosimo prave nazive distributera

Opis komponente	Nabavna cijena od firme Y	Nabavna cijena od firme X
1. Kućište računar	44,00	43,60
2. Matična ploča	119,00	129,00
3. Procesor 333MHz CeleronA	179,60	158,10
4. RAM memorija 64 Mb	128,70	137,70
5. Grafička kartica S3 4 Mb	47,00	57,20
6. Hard disk 4,3 GB Seagate	182,70	193,00
7. Floppy disk 3,5" 1.44 Mb	27,40	31,00
8. CD Rom 40x	76,50	99,00
9. MoKM USB 56K Message	297,50	337,60
10. Zvučna kartica AWE 64	78,50	78,60
11. Monitor 17"	268,70	268,70
12. Tastatura	17,80	16,50
13. Miš sa podlogom	8,30	18,90
14. Zvučnici 60/80 W	14,50	14,50
15. Operativni sistem Win XP	188,00	188,00
Ukupan iznos računarskog sistema:	1678,20	1771,40

Cijenu za krajnjeg kupca formiramo na osnovu ponude firme X iz razloga što su u njoj date veleprodajne cijene za krajnjeg kupca i pretpostavljamo da je to cijene po kojoj su kupci spremni da kupe računarski sistem. Na osnovu podataka dobije se da je iznos računarskog sistema sa gore navedenim komponentama: 1.771,40 KM.

Ukoliko firma koja assemblira računarski sistem kupuje komponente od X ostvarit će razliku u cijeni u iznosu od 265,71 KM, dok u slučaju kupovine od Y ostvarit će razliku u cijeni u iznosu od 93,20 KM.

U zavisnosti od toga da li firma nabavlja od jednog ili drugog distributera može da ostvaruje veću ili manju razliku u cijeni. Međutim, ako se pažljivije analizira ponuda jednog i drugog distributera uvidjećemo da se ona razlikuje te da ima komponenti kod jednog distributera koje su na nižim cijenama kao i asortiman ponuđenih komponenti je različit. Na primjer kvalitet 17" monitora koji je ponuđen kod Y ne može se porediti sa kvalitetom monitora koji je ponuđen kod firme X.

Odluku koji će računarski sistem kupiti i po kojoj cijeni ostaje na strani krajnjeg kupca, a u zavisnosti od njegovih potreba.

3. ZAKLJUČAK

Bosansko - hercegovačko tržište se nalazi u fazi tranzicije prelaska na tržišnu ekonomiju i još uvijek je pošteđeno od svjetskog tržišta. Zbog toga cijene računarskih sistema su mnogo više od svjetskih cijena. Kvalitet ponuđenih računarskih sistema je daleko ispod svjetskih standarda o kvalitetu. Kupci zbog toga dobivaju manje kvalitetan proizvod po cijenama većim od svjetskih cijena. Visoka poreska stopa praktično je omogućila samo malom broju ljudi da sebi priušte kupovinu računarskih sistema.

Proces globalizacije i internacionalizacije tržišta, prodaje računara putem Interneta, permanentno smanjene cijena računarskih komponenti, te ulazak svjetskih poznatih firmi na naše tržište, dovest će ponovo do velikih tržišnih promjena. Na tržištu će biti veća ponuda kvalitetnijih računarskih sistema po nižim cijenama, tako da će se bh. firme morati prilagoditi kako kvalitetom tako i cijenom novonastalim tržišnim uslovima. Nadati se da će i država povući poteze smanjenja poreza u visini zapadno-evropskog tržišta.

S jedne strane to predstavlja pretnju za firme koje nisu spremne da se upusti u konkurencijsku borbu sa otvorenim svjetskim tržištem kao i šansu da se sa svojim

proizvodom izađe na svjetsko tržište i tako opstane u novonastalim konkurencijskim odnosima.

4. LITERATURA

1. A. Koutsoyiannis, Moderna mikroekonomika, drugo izdanje, prevod MATE d.o.o. Zagreb, 1996.
2. Paul A. Samuelson & William Nordhaus, Ekonomija (Četrnaesto izdanje), prevod MATE, d.o.o. Zagreb 1992.
3. Jozo Bakalar, Mikroekonomija, drugo izdanje, Sveučilište u Mostaru i HKD Napredak Sarajevo, 1999.
4. Zlatko Lagumdžija, Informacione Tehnologije, Kako praviti biznis u BiH?, Centar za menadžment i poduzetništvo, d.o.o. Zenica, 1996.
5. Info, prvi bh. Informatički magazin, NIP Privredna štampa, d.o.o. Sarajevo, Decembar 1998.

OBLICI I OSOBINE MATERIJALA ZA OJAČANJE KOMPOZITA

Armin Kadragić i Emir Đulić
Univerzitet u Zenici
Mašinski fakultet

REZIME

Kompozitni materijali imaju dugogodišnju primjenu u avioindustriji, brodogradnji, automobilskoj industriji i medicini. Njihova prednost, u odnosu na standardne gradivne materijale kao što su čelik i aluminij, ogleda se u tome što se sa kompozitima postiže manja masa, te su stoga vrlo poželjni u gore navedenim industrijama i medicini. Današnje tehnologije i sistemi sve više potiskuju upotrebu aluminija i čelika a okreću se upotrebi kompozitnih materijala.

Ključne riječi: kompozitni materijali, matrice, anizotropna vlakna, karbonska vlakna, E-staklo

1. UVOD

Kompozitni materijali podrazumjevaju čvrstu vezu dva ili više sastavnih elemenata, koji su sjedinjeni u makroskopskoj veličini, u nerazdvojnu vezu, u cilju dobivanja boljih karakteristika nego što su to posjedovali sastavni elementi kompozitnih materijala prije njihovog sjedinjavanja. Poznato je da će se dva ili više materijala ponašati različito i često mnogo efikasnije nego svaki materijal posebno, te ovaj jednostavan koncept nudi koristan način razmišljanja o razvoju i primjenama materijala. Tek primjenom jedinstvenog i multidisciplinarnog pristupa materijalima možemo shvatiti pun značaj i ogroman potencijal kompozitnih materijala.

Vrijednost proizvodnje kompozita u svijetu dostiže nekoliko milijardi dolara uz neprestalni rast. Najveći udio u primjeni zauzimaju polimerni kompozitni materijali s duromernom matricom. Nemogućnost potpune automatizacije proizvodnje onemogućava još širu primjenu, naročito u automobilskoj industriji. Tehnologija oblikovanja praha i drugi noviji postupci oblikovanja metala potiču šira istraživanja metalnih kompozit, dok je proizvodnja i primjena keramičkih kompozita za sada najmanje raširena.

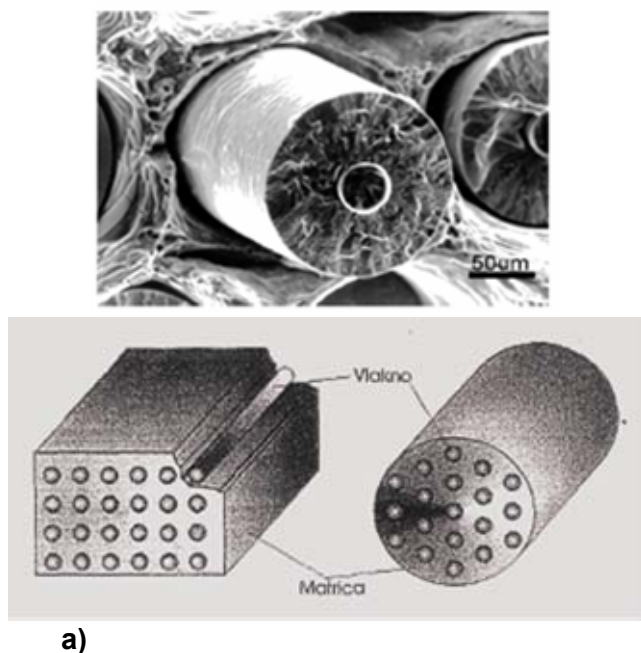
1.1 Sastav kompozitnih materijala

U principu kompoziti se mogu napraviti kao kombinacija bilo koja dva ili više materijala bilo da se radi o metalnim, organskim ili neorganskim materijalima. Iako su kombinacije materijala neograničene sami oblici od kojih se materijal sastoji su limitirajući. Glavni sastojci kompozitnih materijala su:

- vlakna
- čestice
- ploče ili slojevi
- ljuskice,
- popunjivači i matrice

Matrica (eng. matrix) je tijelo sastojka koje služi za oblikovanje kompozitnih materijala te za završno formiranje veličine i oblika kompozita.

Pri uvođenju određenih faza finom disperzijom u matricu kompozita, poboljšava se jedan dio mehaničkih osobina (čvrstoća, žilavost, elastičnost i dr.). Pored mehaničkih dolazi i do povećanja fizičkih osobina.



Slika 1.1 Kompozitni materijal :a) keramičko vlakno b) prikaz vezivanja vlakana sa matricom

1.2 Klasifikacija kompozitnih materijala

U svijetu danas postoji mnogo klasifikacija i podjela kompozitnih materijala. Uobičajeni i prihvaćeni tipovi kompozitnih materijala su:

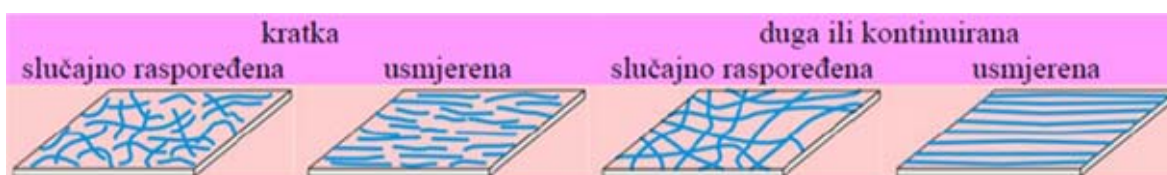
- Vlaknima ojačani kompoziti koji sadrže vlakna u osnovnom materijalu,
- Lamirani kompozitni materijal koji sadrži slojeve različitih materijala,
- Mikroskopski kompozitni materijali koji su sastavljeni od čestica u osnovnom materijalu,
- Kombinacije nekih ili svih vrsta od prva tri tipa.

1.3 Osobine vlakana

Od svih kompozitnih materijala, vlaknima ojačani kompoziti pobudili su najveće interesovanje među inženjerima koji se bave primjenama kompozita u praksi. Ovi kompozitni materijali počeli su se koristiti relativno kasno u odnosu na ostale tipove kompozitnih materijala, stoga vlada veliko interesovanje za vlaknima ojačanim kompozitima.

Pri uvođenju određenih faza finom disperzijom u matricu kompozita, poboljšava se jedan dio mehaničkih osobina (čvrstoća, žilavost, elastičnost i dr.). Pored mehaničkih dolazi i do povećanja fizičkih osobina.

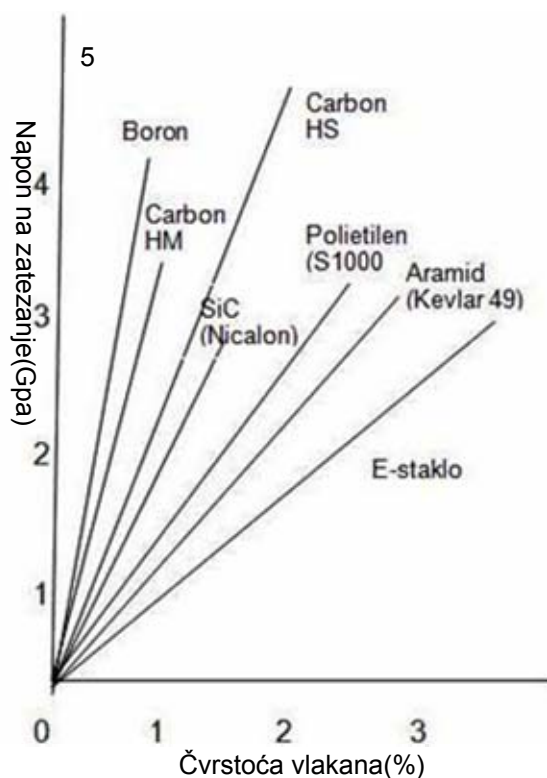
Duga vlakna u različitim oblicima su u suštini čvršća i jača nego isti materijal u većim oblicima. Za primjer, obična staklena ploča lomi se pri naponu od 20 Mpa, dok staklena vlakna imaju jačinu od 400,000 do 700,000 psi (2800 do 4800 Mpa) u komercijalnoj upotrebi i 1,000,000 psi (7000 Mpa) u laboratorijski pripremljenim uzorcima. Očigledno, onda, geometrijski i fizički raspored vlakana ima odlučujuću ulogu na čvrstoću i moraju se uzeti u obzir u strukturalnoj primjeni. Na Slici 1.2 prikazana je orijentacija vlakana u odnosu na njihovu dužinu.



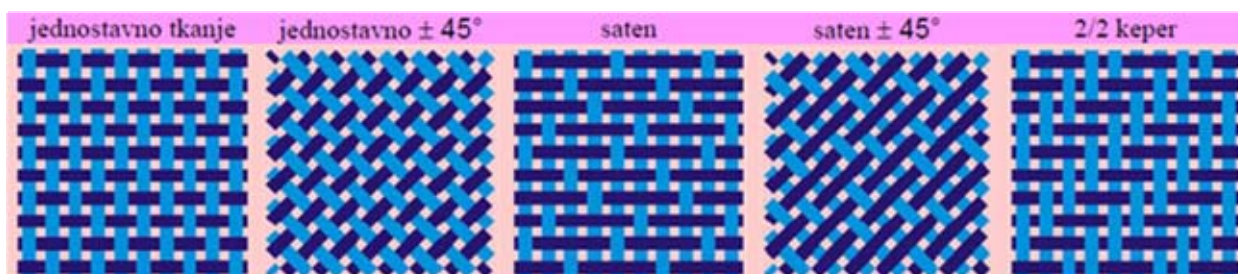
Slika 1.2

Odnos čvrstoće i napona zatezanja faze ojačanja može se značajno razlikovati kao što pokazuje slika 1.3. Istraživači su otkrili da povećavanje veličine frakcije vlakna u kompozitu, povećava njegovu tvrdoću i čvrstoću. Kakogod, iznad maksimalnog volumena frakcije koja je oko 80%, vlakna više nisu okružena kompletno matricom. Ako osobine variraju sa smjerom, materijal nazivamo anizotropnim materijalom. Poboljšana polimerno-kompozitna struktura može biti anizotropna duž više osa. Čvrstoća, tvrdoća, i koeficijent toplotne ekspanzije može da varira sa faktorom od 10 u različitim pravcima. Poboľšanje osobina kompozita postiže se sa pogodnim tkanjima vlakana kao što je prikazano na slici 1.4.

Ne mogu se sva vlakna tkati. Naime, boronska vlakna nisu pogodna za tkanje u štof. Ona se izrađuju špricanjem borona na wolframovu nit i oblaganjem borona sa tankim slojem boron-karbida. Vlakna su mnogo većeg prečnika te se ne mogu savijati i tkati u štof.



Slika 1.3 Odnos čvrstoće i tvrdoće za pojedina vlakna



Slika 1.4 Primjeri tkanja vlakana

Tabela 1. Podaci o savitljivosti vlakana

Vlakno	Prečnik d(μm)	Young-ov modul E(Gpa)	Moment savijanja $\kappa/M(\text{Gpa}^{-1}\text{mm}^{-4})$	Maksimalni napon σ_{max} (Gpa)	Maksimalna deformacija κ_{max} (mm^{-1})
SiC vlakno	150	400	$1 \cdot 10^2$	2.4	0.08
Nicalon™	15	190	$2.1 \cdot 10^6$	2.0	1.4
Kevlar™ 49	12	130	$7.6 \cdot 10^6$	3.0	3.8*
E-staklo	11	76	$1.8 \cdot 10^7$	2.0	4.8
HM ugljik	8	390	$1.3 \cdot 10^7$	2.2	1.4
HS ugljik	8	250	$2.0 \cdot 10^7$	2.7	2.7
Saffil™	3	300	$8.4 \cdot 10^8$	2.5	5.5
SiC visker	1	450	$4.5 \cdot 10^{10}$	5.0	22.2

*Aramidna vlakna vrlo lako pucaju pri pritisku

Vlakna su, geometrijski, opisana sa velikim odnosom dužine naspram prečnika i sa veoma zbijenom kristalnom strukturom. Jačina i čvrstoća nekoliko odabrnih vlaknastih materijala su organizirana u rastućem prosjeku S/p i E/p u Tabeli 2. Česti strukturalni materijali aluminij, titanij, i čelik su nabrojani u svrhu poređenja. Međutim, direktno poređenje između vlakana i strukturalnih metala nije moguće, jer vlakna moraju imati matricu da bi se mogla primjeniti u strukturalnim aplikacijama, dok su strukturalni metali spremni za upotrebu. Treba uzeti u obzir da gustina pojedinih materijala je nabrojana radi odnosa jačine naspram gustine i čvrstoće naspram gustine koji se često koriste kao pokazivači efektivnosti vlakana, naročito u konstrukcijama koje zahtjevaju redukciju mase, kao što su avioni i svemirske letjelice.

Tabela 2. Osobine vlakana i žica

Vlakno ili žica	Gustina (KN/m^3)	Napon zatezanja (GN/m^2)	Odnos napona zatezanja i gustine(km)	Granica tečenja (GN/m^2)	Odnos granice tečenja i gustine
Aluminij	26.3	0.62	24	73	2.8
Titanij	46.1	1.9	41	115	2.5
Čelik	76.6	4.1	54	207	2.7
E-staklo	25.0	3.4	136	72	2.9
S-staklo	24.4	4.8	197	86	3.5
Ugljik	13.8	1.7	123	190	14
Berilij	18.2	1.7	93	300	16
Boron	25.2	3.4	137	400	16
Grafit	13.8	1.7	123	250	18

Grafitna ili karbonska vlakna su velikog interesa u današnjim kompozitnim strukturama. Obe vrste vlakana se prave od vještačke svile, katrana, ili od PAN-a (poliakrilnitril) koje se prethodno zagrijavaju u kontrolisanoj atmosferi na oko 1700 °C da se karboniziraju. Da bi se dobila grafitna vlakna, toplota mora da premašuje 1700 °C i pri tome se karbonska vlakna djelomično grafitiziraju. Stvarni proces je takav, da je ključni parametar procesa napon vlakana. Štaviše, kako se temperatura povećava, povećava se modul vlakana, ali se često jačina smanjuje. Vlakna su obično daleko tanja nego ljudska vlas, tako da se mogu vrlo lako savijati.

Najširu upotrebu imaju staklena vlakna – E-staklo (sadržaj 52-56% SiO_2 , 16- 25% CaO, 12- 16% Al_2O_3 , 5-10% B_2O_3) te S-staklo (sadržaj 64-66% SiO_2 , 24-26% Al_2O_3 , 9-11% MgO). Od ove dvije vrste staklenih vlakana najrasprostranjenija je upotreba E-stakla. Uobičajeni su promjeri vlakana 10 - 150 μm .

1.3.1 Osobine viskera

Od posebnog interesa su metalna vlakna zvana viskeri (eng. *whiskers*). Viskeri su slične zbijeno-dijametralne kristalne strukture, kao i vlakna, ali su mnogo kraći, premda odnos dužine naspram prečnika može se mjeriti u stotinama. Tako, viskeri su očigledan primjer paradoksa, razlike u osobinama materijala i materijala sa kristalnom strukturom. Visker je čak savršeniji i od vlakna, te posjeduje i bolje osobine. Viskeri se dobijaju kristalizacijom na mikroskopskom nivou rezultujući skoro perfektno poravnanje kristala. Materijali, kao što željezo, posjeduju kristalnu strukturu sa teoretskom jačinom od 20 Gpa, iako komercijalno dostupni konstrukcijski čelik, koji je većim dijelom željezo, ima jačinu mjerenu između 570 do 690 Mpa. Ne slaganje teoretske sa postojećom jačinom je posljedica nesavršenosti u kristalnoj strukturi čelika. Ove nesavršenosti se nazivaju dislokacijama i lako se pomijeraju u duktilnim materijalima. Kretanje dislokacija mijenja povezanost kristala pa prema tome i jačinu i tvrdoću materijala. U gotovo savršenom viskeru, postoji samo par dislokacija. Stoga, viskeri čelika imaju značajno veću jačinu od čelika u komadu. Osobine tipičnih viskera date su u Tabeli 3 sa još tri metala (kao što je kod vlakana, viskeri se ne mogu koristiti samostalno, zato direktno poređenje između viskera i metala nije značajno). Pošto je proces dobijanja viskera vrlo komplikovan i složen, to utiče na njegovu cijenu. Zbog vrlo visoke cijene viskeri se trenutno upotrebljavaju samo u vojnoj i svemirskoj industriji.

Tabela 3. Osobine viskera

Visker	Gustina (KN/m ³)	Teoretski napon zatezanja (GN/m ²)	Eksperimentalni napon zatezanja (GN/m ²)	Odnos eksperimentalnog napona i gustine (km)	Granica tečenja (GN/m ²)	Odnos granice tečenja i gustine
Bakar	87.4	12	3.0	34	124	1.4
Nikl	87.9	21	3.9	44	215	2.5
Željezo	76.8	20	13	170	200	2.6
Boron	24.7	45	6.7	270	450	18
Silicij karbid	31.2	83	11	350	840	27
Al ₂ O ₃	38.8	41	19	490	410	11
Ugljik	16.3	98	21	1300	980	60

2. KARAKTERISTIKE POJEDINIHLAKANA

2.1 Staklena vlakna

Staklena vlakna su jedna od uobičajenih vrsta materijala za ojačavanje kompozita, dostupna u nekoliko oblika. Svoju popularnost duguju kombinaciji korisnih osobina: hemijskoj čvrstoći, čvrstoći, gipkosti, maloj težini i lakoći prerade (obrade). Komercijalna, neprekidna staklena vlakna se dobijaju neposrednim procesom topljenja, istiskivanjem istopljenog stakla kroz višetruke otvore i brzom izvlačenju kroz male otvore (3 do 20 μm). Pojedinačne niti se kombinuju u kablove nakon što su površine premazane (obrađene) da budu otporne na abraziju ili habanje.

Među mnogo tipova, E-vlakna od stakla su opšte namjene, sastavljena od kalcij-aluminijborosilikata sa maksimalno 2% alkalnih komponenata. Sastav je uobičajeno od 52 do 56% SiO₂, 16 do 25 %CaO, 12 do 16% Al₂O₃ i 8 do 13% B₂O₃. Ona su odabrana zbog svoje čvrstoće i visoke otpornosti prema elektricitetu.

Osobine S-vlakana od stakla su veća čvrstoća prema magnezij aluminij-silicij sastavu. S-2 koristi drugačiju vrstu premaza, mada sadrži sličan sastav. C-vlakna imaju više tipičan soda-krečni borosilikatan sastav, poznat po svojoj hemijskoj stabilnosti, naročito prema kiselinama. A-vlakna su visoko alkalnog sastava i ECR je hemijski otporniji tip E-vlakana.

Vrijednost zatezne čvrstoće vlakana je uobičajeno data kao čvrstoća pojedinačnih niti na sobnoj temperaturi. Nekada je data čvrstoća kabla od više vlakana, koja je manja za 20 do 30% nego kod pojedinačnih niti, zbog površinskih oštećenja tokom procesa formiranja kablova. Značajan gubitak čvrstoće događa se zbog vlage, poznat kao statički zamor. Uočeno je smanjenje za 50 do 100 % čvrstoće na sobnoj temperaturi, sa relativnom vlažnosti zraka od 50%. Odnos poprečne na uzdužnu deformaciju ne mjenja se mnogo sa sastavom i temperaturom u silikatnom staklu. On ima vrijednost od 0.22 ± 0.02 za E-stakla.

Završeni oblici staklenih vlakana su tipično neprekidno pletena, protkana isprepletana, mat staklenih niti, sjeckani kabl, tekstilni kabal. Kabal nije upleten, već je sastavljen od uvijenih trakastih niti. Kontinualan sastav rezultat su polaganja skupa kablova u jedan veliki kabal, i pakovanja u cilindre. Proces kidanja i sprejanja u kalupe je uobičajeno korišten za proizvode kao što su kade, čamci, tuš kabine kao što prikazuje slika 1.5. Protkani kablovi u tekstilnom obliku protkani u ravni ili naizmjenice osiguravaju jedinstvenu multidirekcionalnu čvrstoću.

Mat sadrži neprotkane slučajno orijentisane niti koje se proizvode u neprekidnim i sjeckanim oblicima za upotrebu kao sto su koroziono otporne linije i površine. Sjeckani kablovi se znatno koriste za ojačanja u proizvodima koji su dobijeni livenjem pod pritiskom. Uvrtnanje i preplitanje finih niti proizvodi kablove kao da su protkane u tkaninu.

Dodatni oblik staklenih ojačanja su mikrosferični oblici. Oni imaju izuzetno dobru kontrolisanu pojedinačnu veličinu, čvrstoću i gustinu. Postoji mnogo tipova, uključujući i silikatna, keramička stakla, polimerična i mineralna. Čvrste staklene mikrosfere se proizvode od A-stakla u veličinama od 5 do 5000 μm , najčešće korištena veličina u polimerima je 30 μm . Ona takođe mogu biti opisana posredstvom spajanja obloga koje povećavaju vezivanje i eliminišu apsorpciju vlage unutar separacije oko mikrosfere. Postoje takođe prazni oblici mikrosfera, za primarnu upotrebu u redukciji težine u plastičnim sistemima.



a)



b)



c)



d)

Slika 1.5 Primjeri različite upotrebe staklenih vlakana

2.2 Karbonska vlakna

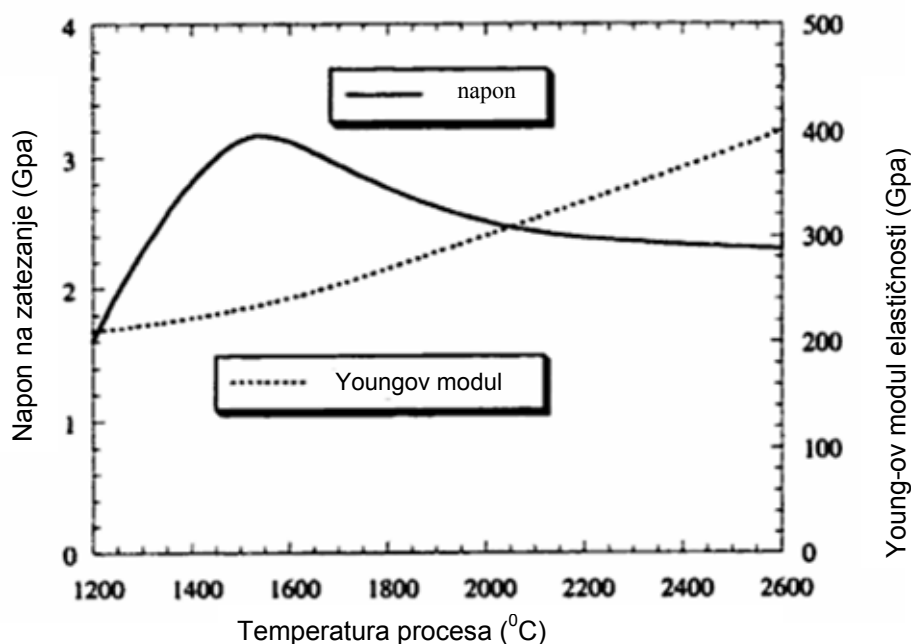
Karbonski ojačani kompoziti su poznati po svojoj kombinaciji male težine, vrlo velike čvrstoće, i velikim modulom elastičnosti. Velika cijena je ograničenje za mnoge industrije, ali su u posljednje vrijeme napredovale tehnologije izrade ovih vlakana pa ova vlakna sve više dobijaju na važnosti. Karbonska vlakna našla su primjenu u vozačkim bolidima *Formule 1*, spejs šatlovima i dr.

Da bi se proizvela, materijali kao što su vjestačka svila, poliakrilnitrat (PAN), ili katran, ili neki organski sastav, se često izvlači u tanke neprekidne niti i oksidira. Ovo je prva od tri faze nastajanja karbonskih vlakana, i zovemo je stabilizacija.

Druga faza, karbonizacija, pirolizira početni materijal. Ovaj visoko temperaturni proces razlaže organske tvari i uklanja sve elemente sem karbona.

Povećavanjem temperature karbonizacije sa 1000 na 3000°C smanjuje se zatezna čvrstoća ali povećava modul elastičnosti. Ova treća faza naziva se proces grafitizacije.

Postoje karbonska i grafitna vlakna, mada se isti termini koriste i za jedno i za drugo. Razlika je u temperaturi na kojoj su napravljena. PAN-bazirani karbon, proizvodi se na 1315°C, sadrži od 93 do 95 % ugljika, budući da je veći modul elastičnosti grafita, on se proizvodi na 3010°C, on obično sadrži preko 99% ugljika. Grafitna vlakna su najtvrdja dostupna vlakna, tipično 1.5 do 2 puta tvrdja od čelika. Vlakna kao samostalna su kompoziti, sve dok mali dio ugljika ne postane grafit u obliku stabiliziranih kritala. Što je veći sadržaj grafita, to su tvrdja vlakna.



Slika 1.6 Dijagram odnosa napona na zatezanje i elastičnosti vlakana



1.7 Primjena ugljeničnih vlakana

2.3 Aramidna vlakna

Predstavljena 1970-e godine kao zamjena za čelik u radijalnim gumama, aramidna vlakna našla su veliku primjenu u svijetu kompozita. Polimeri od aramida su tipično korišteni u visoko-performansnim aplikacijama gdje su otpor na zamor, oštećenje, i napon loma vrlo važni. Oni svoju popularnost duguju osobinama kao što su :odlična kombinacija jačine, tvrdoće i male gustine. Na osnovu ovih jedinstvenih kombinacija, ona posjeduju istaknute omjere tvrdoće naspram težine, i jačine naspram težine.

Hemijski, aramidna vlakna su aromatični organski polimeri koji posjeduju jačinu na osnovu struktuiranja atoma u benzenske prstenove. Kevlar je najpoznatiji primjer, dobijen u kompaniji „Du pont“ pod trgovačkim nazivom *Kevlar 29* i *Kevlar 49*. Ova vlakna posjeduju udarni-otpor, kompozitnu strukturu koja posjeduje polovicu tvrdoće (krutosti) naspram grafita. Oba tipa kevlara posjeduju jačinu od oko 2344 MPa i dilatacija naspram kidanja je 1.8%. Napon zatezanja kod *Kevlara 49* je duplo veći nego kod *Kevlara 29* i iznad je napona na zatezanja kod titanijuma. Jedna prednost je ta da je njihova gustina mnogo manja nego gustina staklenih i karbonskih vlakana. Takođe su otporna na plamen, organska goriva, rastvarače i masti, ali nisu otporna na kiseline i baze. U poređenju sa krtim staklom i ugljikom, ona su vitka i lako se mogu pletiti. Njihov nedostatak je to što su ograničena na korištenje u nisko temperaturnim aplikacijama.



Slika 1.8 a) Molekularna struktura :najlon, aramid i polietilen
b) primjena aramidnih vlaknana (Kevlar 49) u izradi zaštitne opreme

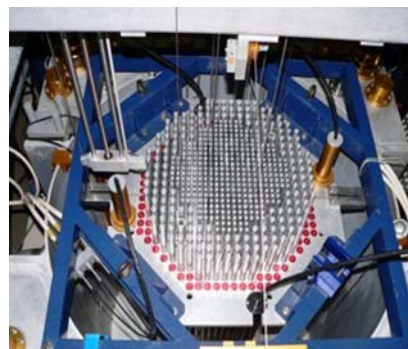
2.4 Metalna i keramička vlakna

Ojačanja od metalnih vlakana imaju više prednosti naspram ostalih. Specifično, ona su relativno jeftina za proizvodnju, manje osjetljiva na površinska oštećenja, ekstremno jaka i otporna na visokim temperaturama, u suštini više duktilna naspram keramičkih vlakana, i lakša za primjenu nego staklena vlakna. Čelična žica u gumama je i dalje jedna od većih aplikacija istih.

Najveći uspjeh u komercijalnoj upotrebi je postigao je Boron (hemijski sastav: silikonski karbid, grafit, aluminijev oksid i wolfram. Boronova vlakna koja se koriste u boron-aluminijevim kompozitima su dobijen špricanjem borona na tanaku (10 μm u prečniku) wolframovu nit koja su nakon toga presvučena sa silicij karbidom da redukuje reakciju sa aluminijevom matricom odnosno osnovom. Neprekidna silikonsko karbidna vlakna se dobijaju dvofaznim CVD procesom grijanja pojedinačnih karbonskih vlakana. Pirolični grafit (Pg - 1 μm tanak) je prva faza na karbonu da postane glatka podloga i da se poveća električna provodljivost. U drugoj fazi, Pg- presvučena podloga se izlaže Silanu i vodonikovom plinu, koji rastvaraju u oblik beta-SiC neprekidnih slojeva na podlozi. Grafitna vlakna za MMC se pripremaju na isti karbonizirani proces kao što je to slučaj sa kompozitima sa polimernom osnovom.



a)



b)

Slika 1.9 Primjena metalnih i keramičkih vlakana

a) Keramičke kočnice proizvođača Brembo®

b) Boronska vlakna u sistemima nuklearnih reaktora

LITERATURA:

1. Hull, D. and T.W. Clyne, An Introduction to Composites Materials, Cambridge University Press, 1996.
1. Jones, R.M., Mechanics of Composite Materials, McGraw-Hill, New York, 1975.
2. F.L. Matthews i R. D. Rawlings, Composite materials: Engineering and science, , Crc Press,1999
3. Autar K. Kaw, Mechanics Of Composite Materials, Crc Press,1999.
4. Čatović F.,NAUKA O MATERIJALIMA-Novi materijali, Univerzitet "Džemal Bijedić", Mostar ,2001.
5. www.ffri.uniri.hr/~zvonimir/Materijali/08%20Kompoziti.pdf
6. http://www.fsb.hr/NewsUpload/30_09_2006_5506_Novi_materijali__IV_2_predavanje__Franz.ppt
7. <http://en.wikipedia.org/wiki/Boron>

OCENJIVANJE ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA I PROCESA PRIMENOM LCA PROGRAMSKIH SISTEMA GaBi 4 i SimaPro 7

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PRODUCTS AND PROCESSES WITH APPLICATION OF SOFTWARE GaBi 4 AND SimaPro 7

Branislav Milanović, Darko Milanković,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Kratak sadržaj

Polazeći od značaja ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa sa aspekta zaštite životne sredine, u okviru ovog rada, detaljno supredstavljene opšti aspekti problematike ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa i njena uloga i značaj u globalnim okvirima. Data je analiza programskih sistema koji se primenjuju u oblasti ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa bazi dostupnih informacija. Poseban akcenat je stavljen na programske sisteme GaBi 4 i SimaPro 7, pri čemu su predstavljene mogućnosti istih na konkretnim primerima iz prakse. Na kraju su, na osnovu prikupljenih informacija izvedeni odgovarajući zaključci.

Ključne reči: Životni ciklus proizvoda – LCA, serija standarda ISO 14000, programski sistem GaBi 4

Abstract

In view of the importance of evaluating the life cycle of products and processes in terms of environmental protection, in this work are presented in detail the general aspects of the life cycle assessment of products and processes issue and its role and importance in global terms. Detailed analysis of the software that are used and applied in the evaluation of the life cycle of products and processes is given, based on available information. Particular emphasis is placed on software, Gabi 4 and SimaPro 7, where their opportunities for implementation are presented on the concrete examples from practice. In the end, on the basis of collected information, are derived proper conclusions.

1. UVOD

Značaj zaštite životne sredine postaje sve aktuelniji u svim sferama ljudskog društva. Uočeno je da čovek više „troši“ životnu sredinu nego što ona može da se obnovi. Ova činjenica ukazuje na to da će buduće generacije ostati bez osnovnih uslova za život, čistog vazduha, pijaće vode i ostalih prirodnih resursa. Stil industrijske proizvodnje je uspešno ostvario brzi razvoj životnog standarda u mnogim državama u svetu, tokom prošlog veka. Ali, isti taj stil industrijske proizvodnje je proizveo i velika zagađenja životne sredine, vode, zemljišta i vazduha, kao i u mnogim slučajevima neracionalno raspolaganje prirodnim resursima. Sagledano sa druge strane, cene samih proizvoda su manje, ali su troškovi uništavanja otpada i drugi troškovi zaštite životne sredine znatno porasli. Shodno tome, zahtevi korisnika za materijalnim dobrima, posebno u visoko razvijenim zemljama, sve više se baziraju na zahtevima očuvanja životne sredine. Proizvodnja savremenih proizvoda koji zadovoljavaju oštre zahteve zaštite životne sredine je vrlo skupa, izuzetno kompleksna i ne može se rešiti samo tehnološki, te zahteva potpuno novi pristup u

planiranju, radu, održavanju i upravljanju. Nova industrijska kultura pored profita kao osnovnog cilja, više nije tolerantna na odstupanja u standardima upravljanja i kvaliteta proizvoda, kao i ekološkom uticaju proizvoda na životnu sredinu u svim fazama njegovog životnog ciklusa.

Zbog svega ovoga, počelo se sa istraživanjima u oblasti zaštite životne sredine, o tome kako sačuvati životnu sredinu bez gubitka standarda. Preventivni pristup u zaštiti životne sredine podrazumeva prilagođavanje razvojnih strategija preduzeća sa principima trajno održivog razvoja (manja potrošnja primarnih sirovina i energije, reciklaža i ponovno korišćenje otpada, korišćenje sekundarnih sirovina u proizvodnji, optimizacija transporta, uslove rada itd). Značajna alatka primenljiva kod realizacije efikasnog i efektivnog sistema eko-menadžmenta, je metoda ocenjivanja životnog ciklusa (LCA– Life Cycle Assessment), koja ima u osnovi ocenjivanje ekoloških aspekata proizvoda i njihovih mogućih uticaja na životnu sredinu u njegovim pojedinim fazama, od stvaranja sirovina kroz proizvodnju, distribuciju, primenu i likvidaciju, u cilju smanjenja štetnog dejstva. Radi se o procesu, u kojem se vrednuje kako potrošnja energije i materijala, tako i uticaj na zdravlje ljudi i stanje ekosistema u reprezentativnim fazama egzistencije proizvoda ili procesa.

2. opšti aspekti Lca metode

LCA je postupak za ocenjivanje aspekata životne sredine vezanih za proizvod ili proces i mogućih uticaja proizvoda ili procesa na životnu sredinu, putem:

- izrade inventara odgovarajućih ulaza i izlaza sistema proizvoda ili procesa;
- vrednovanja mogućih uticaja na životnu sredinu koji su posledica ovih ulaza i izlaza;
- interpretacije rezultata faze inventara i faze vrednovanja uticaja u odnosu na ciljeve studije.

LCA proučava aspekte životne sredine i moguće uticaje na životnu sredinu tokom celokupnog životnog veka proizvoda (tj. “od klevke do groba”), od sirovine preko proizvodnje, upotrebe pa do konačnog odlaganja na otpad. Opšte kategorije uticaja na životnu sredinu koje treba razmatrati obuhvataju korišćenje sirovina, zdravlje ljudi i posledice po životnu sredinu [1].



Slika 1: Analiza životnog ciklusa

Neke od osnovnih karakteristika LCA metodologije sažeto su date na sledećoj listi:

- LCA treba sistematično i na odgovarajući način da obradi aspekte životne sredine sistema proizvoda ili procesa od dobavljanja sirovine do konačnog odlaganja na otpad.

- Podrobnost i vremenski okvir studije LCA mogu znatno da variraju u zavisnosti od utvrđenog cilja i predmeta.
- Predmet, pretpostavke, opis kvaliteta podataka, metodologije i rezultat studija LCA treba da budu jasni. Studije LCA treba da obrade i dokumentuju izvore podataka i da ih jasno i na odgovarajući način saopšte.
- U zavisnosti od nameravane primene studije LCA, potrebno je definisati odredbe koje se odnose na tajnost i vlasništvo podataka.
- Metodologija LCA treba da omogući uključivanje novih naučnih saznanja i poboljšanja aktuelne tehnologije.
- Na studije LCA koje se koriste za pripremanje izjave o poređenju koja se dostavlja javnosti primenjuju se specifični zahtevi.
- Nema naučne osnove za svođenje rezultata LCA na jedan sveobuhvatni parametar/zbir ili broj, zato što kod sistema koji se analiziraju u različitim fazama njihovog životnog ciklusa postoje brojni suprotstavljeni efekti i složenosti.

Ne postoji jedinstvena metoda za sprovođenje LCA studija. Organizacije treba da su prilagodljive u praktičnom uvođenju LCA kako je i utvrđeno međunarodnim standardom, polazeći od specifične primene i zahteva korisnika.

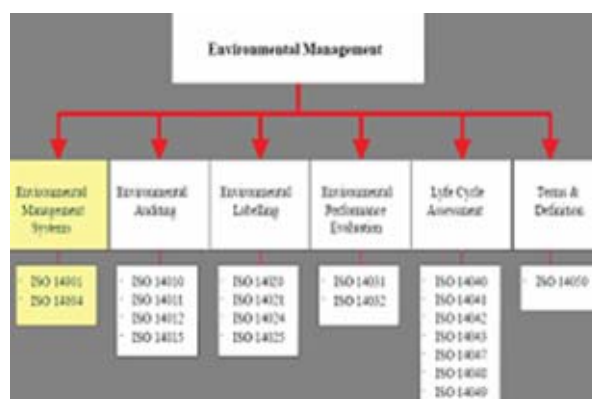
3. PRIMENA LCA REZULTATA

Nakon urađene LCA studije i dobijenih konkretnih rezultata, donose se zaključci i određene preporuke koje mogu da pomognu u:

- utvrđivanju mogućnosti za poboljšanje aspekata životne sredine u različitim fazama životnog ciklusa proizvoda (npr. re-dizajn postojećih proizvoda, ideje i mogućnost iz razvojnih proizvoda i procesa);
- identifikacija i analiza "slabih tačaka" životnog ciklusa proizvoda ili procesa, i otklanjanje istih;
- poređenje kako postojećih proizvoda ili procesa, tako i budućih modela
- analiza troškova životnog ciklusa proizvoda i procesa (npr. troškovi energije, zaposlenog osoblja, proizvodnih linija, odlaganja otpada, reciklaže, ponovne upotrebe, itd.)
- analiza uticaja na ljudsko zdravlje i stanje ekosistema od strane proizvoda ili procesa
- preporuke za efikasnije upravljanje otpadom
- donošenje odluka u industriji, vladinim i nevladinim organizacijama (npr. pri stratejskom planiranju, utvrđivanju prioriteta, projektovanju ili izmeni projekta za proizvode ili procese);
- izboru odgovarajućih pokazatelja (indikatora) učinka zaštite životne sredine, uključujući i postupke merenja;
- marketingu [npr. tvrdnja o zaštiti životne sredine, šema eko-označavanja ("ekološki znak") ili izjava o proizvodu u vezi sa zaštitom životne sredine ("eko-deklaracija")].

4. LCA U SKLADU SA SERIJOM STANDARDA ISO 14000

Standard ISO 14040 daje metodološko uputstvo za ocenjivanje životnog ciklusa proizvoda. On se može efikasno primeniti za sagledavanje i planiranje složenog postupka ocenjivanja životnog ciklusa svakog proizvoda ili procesa.



Slika 2. ISO standardi u okviru sistema upravljanja životnom sredinom

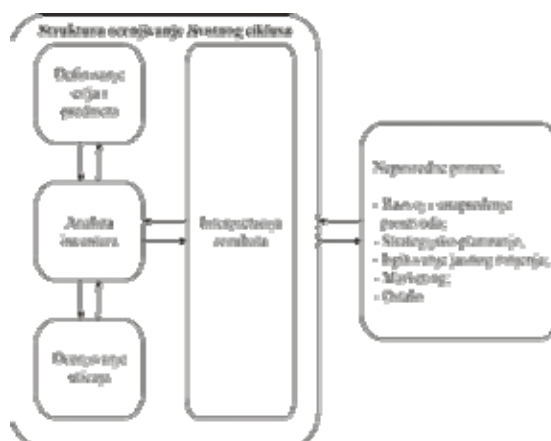
LCA metodu definiše serija standarda ISO 14040:

- ISO 14040 – Principi i okvir
- ISO 14041 – Definisavanje područja primene i ciljeva i analiza inventara
- ISO 14042 – Analiza uticaja životnog ciklusa
- ISO 14043 – Tumačenje životnog ciklusa
- ISO 14044 – Zahtevi i smernice
- ISO 14047 – Ilustrativni primeri o načinu primene ISO 14042 – Ocena uticaja životnog ciklusa
- ISO 14048 – Format dokumentacije LCA podataka
- ISO 14049 – Ilustrativni primeri o načinu primene ISO 14041 – Definisavanje područja primene i ciljeva i analiza inventara

5. FAZE LCA METODE

LCA studija sastoji se iz četiri faze [2] :

1. Faza definisanja ciljeva i predmeta studije.
2. Faza formiranja inventara životnog ciklusa (LCI) proizvoda
3. Faza procene uticaja životnog ciklusa (LCIA).
4. Faza interpretacije rezultata studije.



Slika 3: Faze LCA metode

Definisavanje cilja i predmeta

Najvažnije stavke prilikom definisanja cilja su:

- Razlog za pokretanje LCA su problemi koji zahtevaju rešenja u najkraćem roku.
- Precizan opis proizvoda, njegovog životnog ciklusa i njegove svrhe postojanja.
- U slučaju upoređivanja proizvoda neophodno je definisati komparativne baze podataka.
- Zahtevi koji se odnose na LCIA proceduru, i koji se mogu iskoristiti u naknadnoj interpretaciji rezultata.

- Način na koji će rezultati biti predstavljeni određenom auditorijumu
- Vrsta i oblik izveštaja potrebnog za studiju.

Prilikom definisanja predmeta LCA studije moraju se razmotriti i jasno opisati sledeće stavke:

- funkcije sistema proizvoda ili, u slučaju uporednih studija, više sistema;
- funkcionalna jedinica;
- sistem proizvoda koji se ispituje;
- granice sistema proizvoda;
- postupci alociranja;
- vrste uticaja i metodologija ocenjivanja uticaja, kao i način interpretacije koji će se koristiti;
- zahtevi za podatke;
- pretpostavke;
- ograničenja;
- zahtevi za kvalitet početnih podataka;
- vrsta kritičkog preispitivanja, ako se predviđa;
- vrsta i format izveštaja koji se zahteva za studiju.

Analiza inventara

Analiza inventara životnog ciklusa (LCI) bavi se prikupljanjem podataka i proračunima. Potrebno je izvršiti operativne korake prikazane na slici 3.



Slika 4: Analiza inventara

Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa

Opšta struktura faze LCIA se sastoji od nekoliko obaveznih elemenata, pomoću kojih se rezultati LCI menjaju na rezultujuće vrednosti indikatora, a pored njih egzistiraju izborni elementi za normalizaciju, sakupljanje ili ponderisanje (ocenjivanje značajnosti), rezultujućih vrednosti indikatora i tehnike analize kvaliteta podataka.



Slika 5: LCIA elementi

Interpretacija životnog ciklusa

Cilj interpretacije životnog ciklusa je analiza rezultata, ostvarenih zaključaka, objašnjenje ograničenja i pružanje preporuka zasnovanih na utvrđenim činjenicama prethodnih faza LCA ili LCI i izveštavanje o rezultatima interpretacije životnog ciklusa. Zadatak interpretacije životnog ciklusa je pružiti i jasno prihvatljivu ponudu i jedinstvenu prezentaciju rezultata studije LCA ili LCI, u skladu sa definisanim ciljem i predmetom studije.

Intrpretaciona faza životnog ciklusa u studiji LCA ili LCI se sastoji iz sledećih elemenata:

- Identifikacija značajnih problema zasnovana na rezultatima faza LCI i LCIA u LCA studiji.
- Vrednovanje, koje podrazumeva kontrolu potpunosti, osetljivosti i jedinstvenosti.
- Zaključci, preporuke i davanje izveštaja o značajnim problemima.

6. PROGRAMSKI SISTEMI KOJI SE PRIMENJUJU U OKVIRU LCA METODE

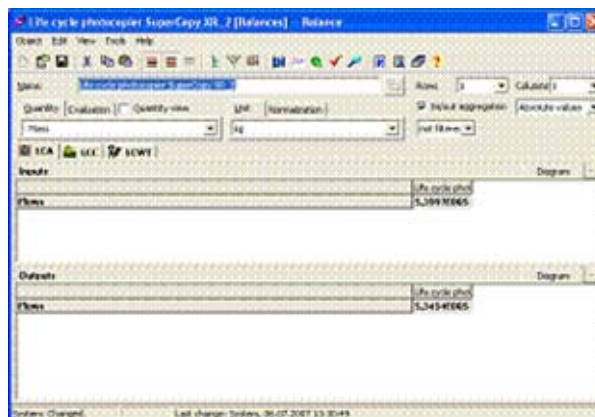
Postoje različiti programski sistemi, koji su namenjeni različitim tipovima korisnika (LCA eksperti, inženjeri dizajna, inženjeri zaštite životne sredine itd.), i koji su dizajnirani za različite tipove LCA [5].

- Bees 4.0 (NIST – National Institute of Standards and Technology)
- EcoCalculator (The Athena Institute)
- ECO-it 1.3 (Pré Consultants BV)
- EcoLab version 5.1.2 (Nordic Port AB)
- EDIP PC-tool version 2.11 beta (Danish Environmental Protection Agency)
- GaBi 4 (PE Product Engineering GmbH)
- JEMAI-LCA (JEMAI, Japan Environmental Management Association for Industry)
- KCL Eco 4.1 (KCL, Finnish Pulp and Paper Research Institute)
- LCAiT 4 (Chalmers Industriteknik, Ekologik)
- PEMS v4.6 (Pira International)
- Sima Pro 7.1 (Pré Consultants BV)
- SPINE@CPM Data Tool 3.0 (CPM)
- TeamTM 3.0 (ECOBILAN SA, Member of PriceWaterhouseCoopers)
- Umberto 3.5 (IFU Institut für Umweltinformatik, Hamburg GmbH)

7. GABI 4

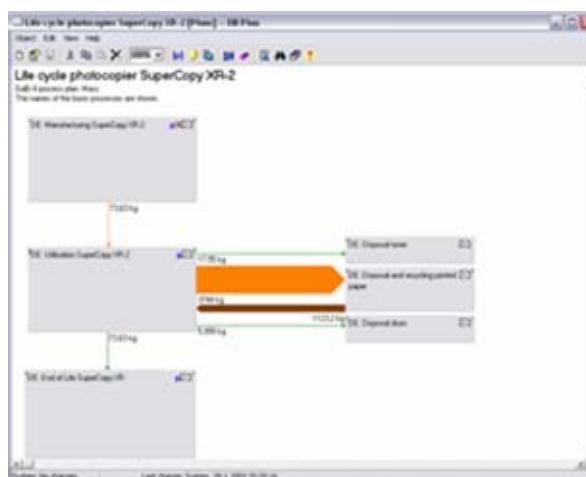
Program GaBi 4 predstavlja alat uz pomoć koga se kreira određeni balans životnog ciklusa proizvoda. Takođe, on obezbeđuje i podršku pri upravljanju velikom količinom podataka i pri modelovanju životnih ciklusa proizvoda[3].

Program vrši proračun različitih tipova balansa i pomaže u analizi i interpretacijirezultata.



Slika 6: *Balansni prozor*

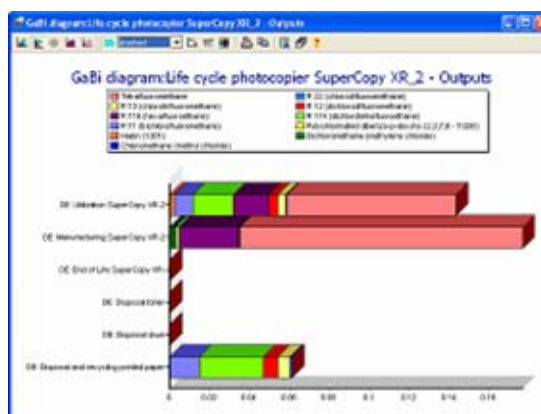
GaBi 4 je modularni sistem. To znači da planovi, procesi i tokovi, kao i njihove funkcije predstavljaju modularne jedinice, a kao rezultat toga, dobija se jasna i transparentna struktura, koja čini ovaj program lakim za upotrebu. Podaci o LCA, LCI, LCIA i ponderisanim („weighting”) modelima su pažljivo odvojeni jedni od drugih i zbog toga se vrši jednostavan proračun i upravljanje istim. Gabi 4 takođe omogućava modularni prikaz faza životnog ciklusa proizvoda. Pojedinačne faze (proizvodnja, upotreba i odlaganje) mogu se grupisati u kategorije i mogu da se obrađuju nezavisno jedan od druge.



Slika 7: *Primer plana sa tokovima i procesima*

Otvorena arhitektura GaBi-ja čini ovaj program fleksibilnijim. Ovo je veoma bitno jer ekobalans kao jedna nova metoda, konstantno prolazi kroz promene u toku razvoja. Transparentnost rezultata balansiranja je još jedna prednost GaBi-ja, jer sada se mogu računati balansi do različitih nivoa detaljnosti, što omogućava lakšu identifikaciju slabih tačaka („weak points”), i kao dodatak, rezultati balansa mogu se pratiti unazad do individualnih procesa u okviru procesnog lanca.

U programu se mogu praviti različiti tipovi dijagrama (bar, column, pie chart ili linear), koji pokazuju trenutni sadržaj ulazno/izlazne tabele.



Slika 8: Primer dijagrama

Svi tipovi parametara (procesni, planski i globalni) mogu se menjati pomoću „Analitičara“, a krajnje vrednosti prebacivati u balans na analizu. Takođe, Analitičar omogućava simulaciju promena vrednosti tokova i pravi varijacije uticajnih kategorija životne sredine ili faktora normalizacije. Zatim, metode alokacije korišćene u modelu se mogu menjati ako je to potrebno. Analitičar se sastoji iz četiri alata:

- Analiza scenarija (Scenario analysis)
- Varijacija parametara (Parameter variation)
- Analiza osetljivosti (Sensitivity analysis)
- Monte Karlo analiza (Monte Carlo analysis)

8. SIMAPRO 7

Sima Pro 7.1 je softverski alat koji omogućava sakupljanje, analizu i monitoring ekoloških karakteristika proizvoda. Pomoću njega, korisnik može lako da modelira i analizira čitav životni ciklus proizvoda na sistematičan i transparentan način, prateći zahteve serije standarda ISO 14040 .

Sima Pro poseduje karakteristike koje se mogu očekivati od jednog profesionalnog LCA softverskog proizvoda :

- Dostupnost u više verzija u zavisnosti od potreba korisnika;
- Intuitivni korisnički interfejs prema zahtevima ISO 14040;
- Lako modeliranje pomoću vodiča (wizards-a);
- Parametarsko modeliranje sa analizom scenarija;
- Hibridna LCA analiza sa fleksibilnom bazom podataka;
- Direktno povezivanje sa Excel ili ASP bazama podatak;
- Direktan uticaj na rezultate proračuna za svaku fazu životnog ciklusa modeliranog proizvoda;
- Svi rezultati u jednom odgovarajućem prozoru;
- Interaktivna analiza rezultata;
- Grupisanje rezultata;
- Analiza kritičnih tačaka; pomoću stabla procesa se identifikuju kritične tačke;
- Velika mogućnost filtriranja svih podataka;
- Analiza procesa tretmana otpada i scenarija reciklaže

Otvorena arhitektura SimaPro 7.1 čini ovaj program fleksibilnijim. Ovo je veoma bitno jer eko-balans kao jedna nova metoda, konstantno prolazi kroz promene u toku razvoja. Transparentnost rezultata balansiranja je još jedna prednost SimaPro-a, jer sada se mogu računati balansi do različitih nivoa detaljnosti, što omogućava lakšu identifikaciju slabih tačaka, i kao dodatak, rezultati balansa mogu se pratiti unazad do individualnih procesa u okviru procesnog stabla.

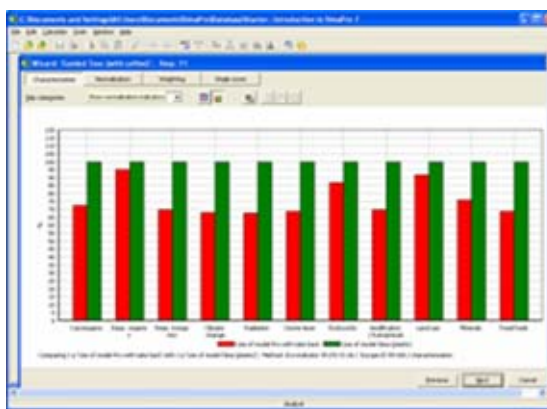
SimaPRO baza podataka se sastoji iz tri glavne celine:

- Projektni podaci. Ovo je oblast u kojoj se skladište i obrađuju svi podaci potrebni za realizaciju projekta.
- Biblioteka. Ovo je specijalan tip projekta koji sadrži standardne podatke koji su ugrađeni u SimaPro.
- Generalni podaci. Uobičajeno ovi podaci se koriste za biblioteke.

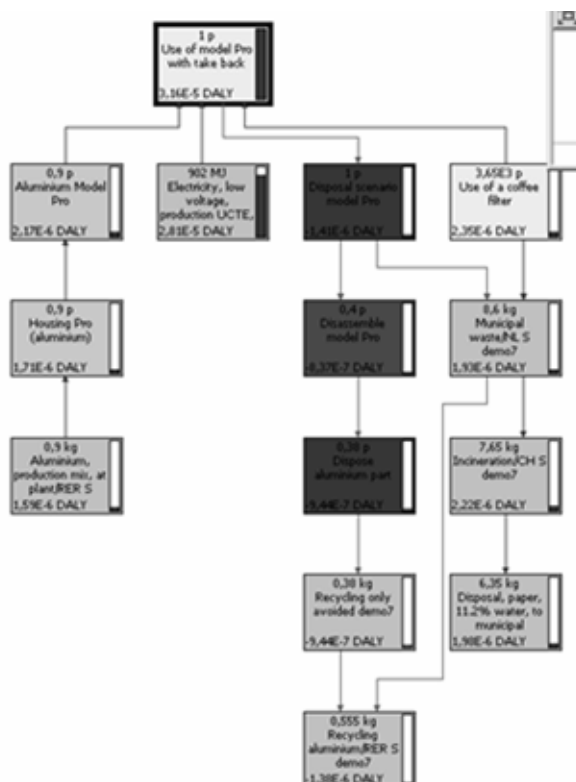
Sima Pro Compact. Ova verzija je namenjena korisnicima čiji su glavni kriterijumi brzo i lako učenje i brza analiza. Ova verzija ima sve predispozicije za izvršavanje kompletne LCA analize. Za specijalizovanije zadatke, kao što su parametarsko modeliranje ili analiza scenarija, preporučuje se verzija Analyst.

Sima Pro Analyst. Za korisnike čiji su glavni kriterijumi naprednije osobine, transparentnost i fleksibilnost preporučuje se verzija Analyst. Namenjena je ekspertima u oblasti LCA koji žele da imaju pristup i najsitnijim detaljima svoje analize. Ova verzija podržava parametarsko modeliranje i analizu scenarija. Za one koji žele da sami kreiraju svoje wizards-e ili da budu povezani i sa drugim softverskim alatima, preporučuje se verzija Developer.

Sima Pro Developer. Ova verzija je namenjena ekspertima u ovoj oblasti. Verzija ima iste osobine kao verzija Analyst, s tom razlikom što je omogućeno povezivanje sa Excel/ASP i dodate su opcije Wizard writing i COM interface. Pored svih navedenih karakteristika, sve komercijalne verzije sadrže obimnu bazu podataka sa preko 4000 procesa. Ova baza se kreira prema zahtevima naručioca.



Slika 9. Poređenje dva proizvoda



Slika 10. Primer stabla procesa proizvodnje

Vrednovanje rezultata

Cilj vrednovanja je da se poveća poverenje i pouzdanost rezultata studije, uključujući značajne probleme identifikovane u okviru faze interpretacije rezultata. U toku vrednovanja mora se respektovati primena sledeće tri tehnike :

1. kontrola potpunosti,
2. kontrola osetljivosti,
3. kontrola jedinstvenosti

9. ZAKLJUČAK

Zaštita, obnavljanje i unapređivanje životne sredine predstavlja prioritet savremene civilizacije. Ako je tvrdnja "da životnu sredinu nismo nasledili od roditelja, nego smo pozajmili od naše dece" tačna ona samo ukazuje na činjenicu da je do sada jedini zagađivač bio čovek i sada svoje aktivnosti mora usmeriti u pravcu promene svog odnosa prema životnoj sredini. To je dugotrajan zadatak i vezan je za promene već prihvaćenih navika, a to se može jedino postići vaspitanjem i obrazovanjem.

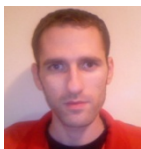
LCA je potencijalno moćan alat koji može pomoći u defnisanju regulative vezane za zaštitu životne sredine, pomoći proizvođačima u analiziranju procesa i unapređenju proizvoda i pomoći projektantima u projektovanju energetski efikasnijih objekata.

10. LITERATURA

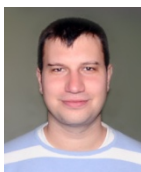
- [1]. Hodolič J., Badida M., Majernik M., Šebo D.: Mašinstvo u inženjerstvu zaštite životne sredine. FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2005.
- [2]. Hodolič J., Budak I., Lomen I.: Projektovanje proizvoda sa aspekta ocene životnog ciklusa proizvoda (LCA), Nacionalni naučno-stručni časopis "Menadžment totalnim kvalitetom", JUSK-Jugoslovensko udruženje za standardizaciju i kvalitet No.2 Vol.31, 2003.

- [3]. Milanković D., Hodolič J.: Ocenjivanje životnog ciklusa proizvoda i procesa primenom LCA programskog sistema SimaPro7, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka 8/2009
- [4]. Milanović B., Hodolič J.: Ocenjivanje životnog ciklusa proizvoda i procesa primenom LCA programskog sistema GaBi 4, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka 8/2009
- [5]. -----: ISO 14040:2006, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework, 2006
- [6]. -----: ISO 14044:2006, Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines, 2006
- [7]. Guinée J. et al.: Handbook on Life Cycle Assessment: operational guide to the ISO standards, Kluwer Academic Publishers, 1993, ISBN: 1-4020-0557-1
- [8]. BaumannH., TillmanA.: The Hitch Hiker's Guide to LCA. ISBN: 9144023642, 2004
- [9]. GoedkoopM. at al.: The Eco-indicator 99 – Methodology report, PRé Consultants B.V. 2000
- [10]. Finnveden G. et al.: Recent developments in Life Cycle Assessment, Journal of Environmental Management 91 1-21, 2009
- [11]. <http://www.pre.nl>
- [12]. <http://www.gabi-software.com>

Kratka biografija:



Branislav Milanović rođen je u Novom Sadu 1983 god. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjrstva zaštite životne sredine odbranio je 2009.god. Trenutno je doktorant na Departmanu za Inženjerstvu zaštite životne sredine.



Darko Milanković rođen je u Novom Sadu 1985 god. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstva zaštite životne sredine odbranio je 2009.god. Trenutno je doktorant na Departmanu za Inženjerstvu zaštite životne sredine.

SPALIONICE KOMUNALNOG OTPADA (PREDNOSTI I NEDOSTATCI)

Armin Bušatlić
Student IV godine Odsjeka za Hemiju
Doc.dr. Ilhan Bušatlić
Fakultet za metalurgiju i materijale

APSTRAKT

U radu je napravljen osvrt na problematiku zbrinjavanja komunalnog otpada, sa posebnim osvrtom na spaljivanje komunalnog otpada. U radu je također objašnjen princip rada spalionica komunalnog otpada sa roštiljnom trakom, koje se inače najviše koriste u svijetu. Detaljno su razrađene prednosti i nedostaci spaljivanja komunalnog otpada u cilju njegovog trajnog zbrinjavanja. Poseban osvrt je napravljen na metodologiju prodora internacionalnih kompanija koje žele izgrađivati spalionice otpada u zemljama u razvoju, pogotovo onim među kojima je i BiH, koje nemaju uređenu zakonsku regulativu iz ovog područja. Nadalje su navedeni osnovni principi koji bi se trebalo pridržavati kod „idealnog“ načina zbrinjavanja komunalnog otpada.

Ključne riječi: komunalni otpad, zbrinjavanje, spalionice, reciklaža

1. UVOD

Komunalni otpad predstavlja čvrsti otpad iz domaćinstava i njemu sličan otpad iz industrijski pogona, javni ustanova, hotela i drugih ugostiteljskih objekata (npr. ostatak jela i otpad iz kuhinja, ostaci papira, ostaci od sagorijevanja i mali upotrebljeni dijelovi koji se uobičajno skupljaju u određenoj oblasti zajedno sa komunalnim otpadom). Komunalni otpad sadrži oko 0,4 % problematičnog otpada. U problematični otpad spadaju proizvodi koji sadrže živine spojeve kao što su baterije, termometri, ostaci od sredstava za zaštitu biljaka itd.

Navedene vrste otpada nastaju u procesima proizvodnje željenih proizvoda i potrošnjom tj. korištenjem istih. Najveće količine ovih otpada moguće je podesnim postupcima obraditi, odnosno reciklirati, pri čemu se dobivaju komponente koje se mogu ponovo koristiti kao sekundarne sirovine za proizvodnju istog ili sličnog proizvoda (materijalno korištenje) ili koristiti kao energetska sekundarna goriva za proizvodnju energije (energetsko korištenje).

U komunalnom otpadu, kada govorimo o količinama, najveći procenat zauzima kućni otpad. Koliki materijalno-energetski potencijal sadrži kućni otpad najbolje pokazuju podaci o njegovom sastavu kod prosječne godišnje proizvodnje od 350 kg po stanovniku, koja se može smatrati kao prosječna u srednje razvijenim zemljama. Prema podacima koje posjeduje susjedna R Hrvatska, 118,3 kg otpada po stanovniku godišnje, služi za materijalno iskorištavanje a 105 kg po stanovniku godišnje za energetska iskorištavanje. Prema tome ukupne količine komponenti koje se mogu iskoristiti iz kućnog otpada iznose oko dvije trećine od ukupnih količina.

2. SPALJIVANJE KAO METODA UPRAVLJANJA KOMUNALNIM OTPADOM

Podizanje spalionica komunalnog, kao i opasnog otpada predstavlja jedan od načina upravljanja otpadom i započeo je tokom 70-ih godina dvadesetog stoljeća, u razvijenim industrijskim zemljama (SAD, Japan). Tokom 90-ih godina ogroman broj ovih postrojenja doživio je da bude zatvoren, a novi projekti izgradnje da se zaustave. Razlog protivljenju

spalionica iz razvijenih zemalja je izuzetna toksičnost i opasnost po zdravlje stanovništva i prirode okoline u kojoj su locirane spalionice, tako da je njihovo efikasno održavanje veoma skupo.

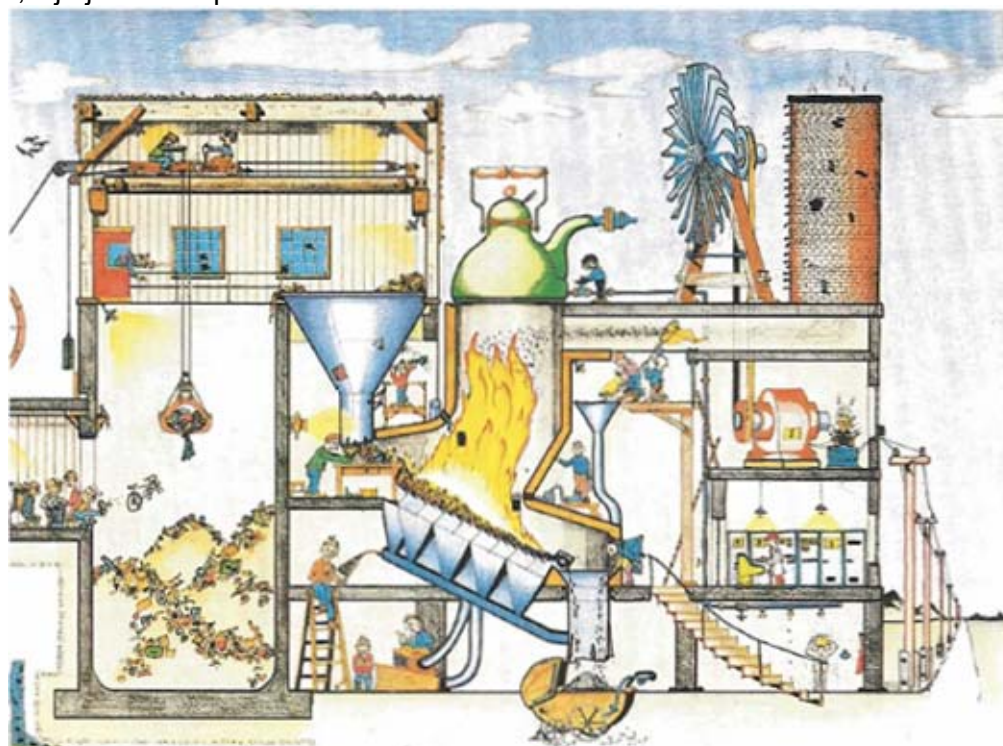
U svijetu postoji oko 2700 spalionica otpada, od toga nažalost samo njih 700 iskorištava energiju koja se dobiva sagorijevanjem otpada. Preko 2000 spalionica starije je konstrukcije, koje još uvijek rade a ne iskorištavaju proizvedenu energiju, pa se u svijetu nastoji prekinuti njihov rad.

2.1. Vrste spalionica komunalnog otpada

Postoji nekoliko vrsta spalionica komunalnog otpada i to:

- Spalionice sa izgaranjem na roštilju
- Spalionice sa izgaranjem u vrtložnom sloju
- Spalionice sa izgaranjem u rotacionoj peći
- Spalionice sa suizgaranjem otpada i uglja.

Najraširenija tehnologija za izgaranje komunalnog otpada jesu spalionice s roštiljnom trakom, čija je shema prikazana na slici 1.



Slika 1. Popularni prikaz spalionice otpada sa izgaranjem na roštilju

2.2. Princip rada spalionice sa izgaranjem na roštilju

Komunalni otpad se iz prihvatnog bunkera grabi hvataljkom i ubacuje u dozer koji ravnomjerno raspoređuje komunalni otpad na roštiljnu traku za spaljivanje. Savremene spalionice otpada mogu imati i četiri roštiljne trake za spaljivanje. Na temperaturama od 850 do 1000 °C komunalni otpad se kotrija po roštilju i spaljuje u vremenskom periodu od oko 2 sata pri čemu se upuhuju velike količine zraka (od 40.000 do 85.000 kubnih metara zraka po satu). Toplotna moć komunalnog otpada je visoka tako da nije potrebno nikakvo dodatno gorivo, samo se za paljenje peći koristi lož ulje. Na četiri linije spaljuje se 23 tone smeća na sat. Šljaka, koja predstavlja nesagorivi dio otpada, nastaje u tom procesu i ona se polako hladi vodom. Šljaka se kontinuirano transportuje na deponiji gdje se odlaže. Ona je desetina volumena smeće koje je ušlo u proces. Preostali se metalni dijelovi hvataju i odstranjuju u posebnom magnetskom bubnju te ponovo koriste u metalnoj industriji. Toplota koja se dobije spaljivanjem komunalnog otpada grije kotao u kome se nalazi voda koja isparava. Jedan dio nastale vodene pare koristi se kao parno grijanje u

kućanstvima a drugi dio se komprimira, a zatim ekspanzijom pokreće turbinu koja je vezana sa generatorom koji proizvodi električnu energiju.

3. PREDNOSTI I NEDOSTACI SPALIONICA

3.1. Prednosti spalionica

Zagovornici spalionica otpada svoj će pozitivan stav prema spaljivanju otpada argumentovati visokim energetske potencijalom komunalnog otpada (gotovo polovina energetske potencijala uglja) zbog čega je spaljivanje otpada i ekonomski i ekološki najopravdanija metoda obrade otpada. Osim energetske vrijednosti otpada, prednost spalionica jeste u tome što se volumen otpada spaljivanjem drastično smanjuje (oko 90%) čime se znatno pojednostavljuje dalje skladištenje otpada tj. pepela. Osim toga pepeo spaljenog otpada moguće je koristiti i kao sirovinu za proizvodnju građevinskog materijala, čime se dodatno akumuliraju ekonomske prednosti ove metode obrade otpada.

Investitori spaljivanje smatraju najlogičnijom metodom obrade otpada, jer ukupna količina otpada konstantno raste i to ne samo u razvijenim zemljama svijeta, već i globalno. Redovno će istaknuti kako je tehnologija spaljivanja otpada jako napredovala u posljednjih desetak godina, te kako današnje spalionice nije moguće upoređivati s prijašnjim generacijama spalionica, koje su u znatno većoj mjeri ispuštale otrovne plinove i opasne materije u zrak, tlo i vodu. U tom smislu pozivaju se na naučna istraživanja koja govore kako su emisije toksičnih i kancerogenih spojeva iz spalionica male u poređenju s drugim izvorima zagađenja, te da njihovi utjecaji na zdravlje ljudi i stanje okoliša danas mali.

3.2. Nedostatci spalionica

Protivnici spalionica pozivaju se na podatke iz znanstvenih studija koji nedvosmisleno govore o emisijama štetnih plinova te teških metala kao neželjenog, ali obaveznog produkta spaljivanja otpada. Činjenica jest da su i neka relevantna znanstvena medicinska istraživanja potvrdila da učestalost pojave pojedinih oblika raka (raka pluća, želuca, debelog crijeva) koincidira s prostornom udaljenošću od spalionice otpada. Produkt spaljivanja, osim toksičnih plinova, jest i pepeo čija masa varira između 10 i 40% ukupne mase ulaznog otpada. Često se taj pepeo naziva i inertnim otpadom čime se želi naglasiti njegova neškodljivost za okoliš i zdravlje ljudi, odnosno marginalizirati problem njegovog zbrinjavanja (uglavnom deponiranja ili ugradnje u građevinski materijal). No, iako se taj pepeo naziva inertnim činjenica jest da je zasićen teškim metalima i drugim toksičnim spojevima koji lako mogu 'pobjeći' u okoliš.

Stručnjaci i ekolozi, ustanovili su da je pepeo i dim, koji emitiraju spalionice, najveći izvor dioksina i drugih opasnih materija koje su kancerogene a također truju okolinu. Dioksini su jedni od najsnažnijih otrova i visokokancerogene tvari. Najopasniji dioksin (TCDD) znanstvenici nazivaju najotrovnijom malom molekulom na planetu. Djelotvorniji je 11 000 puta od smrtonosnog otrova natrij cijanida, a djeluje već na sto milijuna puta nižoj razini. Osim što uzrokuju rak, dioksini uništavaju vitalne funkcije ljudskih i životinjskih reproduktivnih organa, izazivaju sterilnost, oštećenja gena (naročito kod muškog fetusa) hormonalne poremećaje, poremećaje rasta, poremećaje imunog sustava, oštećenja mozga i malformacije kod novorođenčadi i djece. Japanski geofizičar Michio Tanahashi, otkrio je da je smrtnost kod djece koja žive u mjestima niz pravac vjetrova od spalionice u prosjeku veća za 40 do 70 %. Pored dioksina spalionice emitiraju i olovo, teške metale, kadmijum, arsen, itd. Posljedice ovakvih emisija su kisele kiše. Poseban problem predstavlja pepeo koji ostaje poslije spaljivanja koji je kancerogen, zato spalionice nema smisla locirati u oblastima proizvodnje hrane, jer posredstvom zraka i vode mogu zagaditi životnu sredinu i lanac ishrane.

Zagovaranje spaljivanja otpada kao jedine metode zbrinjavanja otpada, odražava izrazito konzervativan pristup fenomenu otpada koji otpad tretira kao smeće koje je nužno maknuti i ukloniti. No, sav otpad, čak štoviše veći dio otpada nije smeće, već korisna sirovina. Kada se jednom otpad pomiješa, teško je izdvojiti koristan otpad od neupotrebljivog smeća, a u regijonu, pa tako i u BiH je selektivno prikupljanje korisnog

otpada još uvijek daleko od Evropskih prosjeka. Stoga je osim insistiranja na političkoj odgovornosti tijela uprave, nužna kontinuirana edukacija stanovništva o važnosti odgovornog postupanja s otpadom.

Svjetska banka zaključuje da su spalionice najskuplji vid upravljiva otpadom pošto zahtjevaju visokokvalifikovanu radnu snagu i pažljivo i skupo održavanje usljed opasnosti po okolinu. Zato preporučuje da se spalionice grade samo onda kada nema manje skupih i manje opasnih alternativa.

4. OSVAJANJE TRŽIŠTA I IZGRADNJA SPALIONICA U ZEMLJAMA U RAZVOJU

Mnoge inostrane kompanije imaju za cilj da u zemljama koje nemaju uređenu zakonsku regulazivu u pogledu zbrinjavanja otpada instaliraju spalionice komunalnog otpada. Metoda prodora spalionica komunalnog otpada u zemlje u razvoju odvija se po odabranom receptu:

1. Strane kompanije targetiraju zemlje u razvoju i oprobanim scenariom kreću u osvajanje mjesta za lociranje nove spalionice. Scenario je isti u svim zemljama, pa tako i u BiH. Po pravilu, sve je praćeno donatorima, (međunarodnim institucijama) koje brinu o ekologiji. Potrebno je riješiti pitanje otpada!
2. Zatim se inostrana kompanija obraća lokalnim zvaničnicima nudeći strano ulaganje u izgradnju spalionice, sa pričom kako je to najbolje rješenje, da drugog nema, čista tehnologija, koja čak može da služi za proizvodnju električne energije.
3. Zatim se lokalni i vladini zvaničnici vode da vide kako baš takva "čista" spalionica savršeno radi u razvijenoj zemlji, pa što nebi i u zemlji u razvoju. Naravno lokalni i vladini zvaničnici su oduševljeni onim što su vidjeli.
4. I tada počinje promocija spalionica u zemlji domaćinu. Tragično je u ovoj priči što su po pravilu na jednoj strani vlada i lokalni zvaničnici zemlje domaćina, a na drugoj strani interes njihovog naroda. Slijedi protivljenje i negodovanje naroda i javnog mjenja protiv trovačnice, koja im donosi bolest, genetsku degeneraciju i zatvoren lanac ishrane.

Tipičan primjer ovakvog nastupa su Filipini čije je javno mjenje uz ogromne napore i argumentovanu borbu, uspjelo do 1999. godine da donese Zakon o upravljanju otpadom, po kome je izgradnja spalionica na njihovom teritoriju ZABRANJENA.

5. IDEALNO ZBRINJAVANJE OTPADA

Zagovornici spalionica često postavljaju pitanje: Pa ako spalionice nisu rješenje, šta je onda? Odgovor je više nego jednostavan, ustvari treba se držati sljedećih principa:

1. Razdvajanje i sortiranje otpada prema dominantnim komponentama i to već na mjestu njegovog nastanka kako u domaćinstvima tako i u industriji (papir, drvo, metal, plastika, staklo, bio-otpad iz domaćinstava,....)
2. Recikliranje odnosno ponova upotreba sirovina dobivenih iz otpada.
3. Za zbrinjavanje komunalnih otpadnih voda potrebno je primjena takvih pročistača koji će vode čistiti od mehaničkih, kemijskih i bioloških zagađenja, a kao svoj nusprodukt imati **a**) pročišćenu vodu koja ne ugrožava rijeke, jezera, podzemlje i more - i **b**) bioplin kao izvrstan energent za proizvodnju struje, grijanje ili motorna vozila.
4. Samo vrlo mali dio otpada koji preostane - a koji spada u skupinu posebno opasnog otpada (kemikalije, biološki industrijski i sl. otpad) - treba zbrinjavati u propisno opremljenim spalionicama opasnog otpada (npr. s plazma-plamenicima) ili ga odlagati na specijalno uređenim odlagalištima za tu svrhu. jer, taj ostatak je mnogostruko manji od mase nerazvrstanog otpada. Osim toga, razvrstavanjem se dobivaju sekundarne sirovine na kojima se odlično zarađuje.

6. ZAKLJUČAK

Teško je zamisliti da će iko krenuti u investiciju od stotinjak miliona eura a da dobro ne razmisli da li je ona isplativa. O isplativosti jedne spalionice komunalnog otpada može se

govoriti tek kad je riječ o dovoljnoj količini otpada iz kućanstava (dovoljan broj stanovnika) ili otpada iz industrije.

Uprkos velikim naporima koje spalionice otpada izazivaju u javnosti nužno je fenomen spalionica svesti na pravu mjeru te pokušati nadići ponašanje bilo PRO, bilo KONTRA spalionica. Edukacija javnosti, ali i političkih elita o ovoj problematici stoga je presudna, a javno govorenje o svim aspektima spalionica može imati samo dugoročnu korist za društvo. Činjenica jest da građani u svijetu, a nadam se i u BiH, spalionice otpada najčešće ne prihvaćaju u svojoj blizini jer se boje negativnih posljedica spaljivanja otpada na vlastito zdravlje i kvalitetu života, zbog pada vrijednosti nekretnina u blizini takvog postrojenja, a tek ih na posljednjem mjestu brine to što će spalionica otpada negativno utjecati na iskorištavanje i recikliranje korisnog otpada te dugoročno na ekonomiju zemlje. Spalionice komunalnog otpada su kapitalno intenzivni projekti i zahtijevaju:

- visoke investicione troškove (nekoliko stotina miliona eura),
- visoke troškove održavanja (promjena filtera i po nekoliko desetina milina eura),
- visokotehnički obučene operatore,
- strogo kontrolisanje propisa vezanih za aerozagađenje koje emitiraju spalionice

Samo visoko razvijene zemlje mogu da odgovore ovim zahtjevima i podizanje spalionica u zemljama u tranziciji, pa i u BiH, je samo pokušaj da se priljava tehnologija prebaci na lokaciju gdje su troškovi zaštite životne sredine manji.

LITERATURA:

1. J. Sredojević, Reciklaža otpada, Univerzitet u Zenici (mašinski fakultet), Zenica 2006.
2. V. Potočnik, Obrada komunalnog otpada (Svjetska iskustva), MTG Consulting, Zagreb 1997.
3. Gospodarenje komunalnim otpadom (Bavarska iskustva), Savez gradova i općina Republike Hrvatske, Zagreb 1999.
4. J. Kozomara, Strane investicije u spalionice komunalnog otpada – transfer priljave tehnologije u Srbiju, Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu

KERAMIKA I KERAMIČKI KOMPOZITI CERAMICS AND CERAMIC COMPOSITES

Hodžić Arnela
Salkanović Dino
Doc. dr. Nađija Haračić
University of Zenica
Faculty of Mechanical Engineering

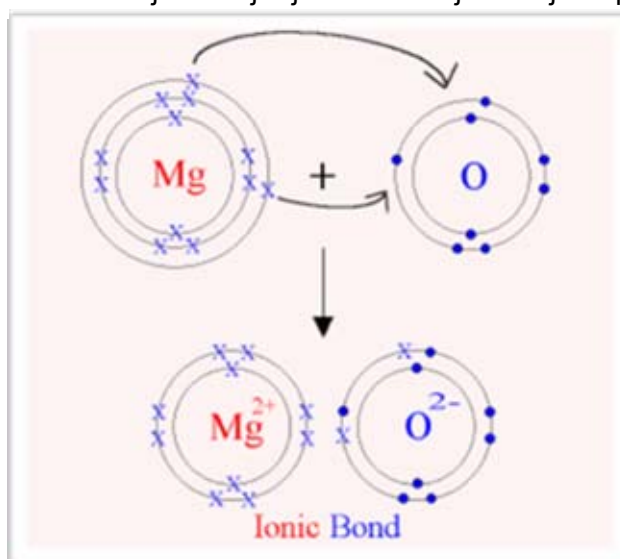
Apstract

Ceramics are a class of materials broadly defined as “inorganic, nonmetallic solids”. They have the largest range of functions of all known materials. Despite the already existing variety of compounds, the number of processing techniques, and the known diversity of properties and applications of the materials, all advanced countries share the need for basic research in several areas: finding new compounds with improved specific properties, increasing knowledge of fabrication processes for economical and ecological ceramic parts production, miniaturization and integration of ceramics with similar or dissimilar materials, and building a better understanding of materials behaviour through computational modelling.

1. UVOD

Keramika je kristal u prirodi, ima visoku električnu otpornost, stabilna je hemijski i termički i ima visoku tačku topljenja. Nastaje jonskim i kovalentnim vezama. Izuzetak je dijamant koji se sastoji od čistog ugljika podvrgnutog visokoj temperaturi i pritisku.

Jonska veza nastaje u reakciji izrazitih metala koji u valentnom nivou imaju mali broj elektrona i nemetala koji u valentnom nivou imaju veliki broj elektrona periodnog sistema elemenata. Atomi metala otpuštaju elektrone koje primaju atomi nemetala. Broj primljenih elektrona jednak je broju otpuštenih elektrona. Ovaj proces otpuštanja i primanja elektrona naziva se oksido-redukcija. Primjer jonske veze je hemijski spoj MgO, slika 1.



Slika 1. Hemijski spoj MgO

Kovalentna veza je veza dva atoma koji dijele zajedničke elektrone. Pojam *kovalentno* zapravo dolazi od riječi *ko* (u smislu *udruženoga*) i *valentna* (dakle zajednička valencija). Ako neki atom, na primjer, ima valenciju +1 (tj. nedostaje mu elektron) a drugi valenciju -1 (tj. ima elektron viška) tada bi rezultat bio veza između ta dva atoma naprosto zbog njihovih tendencija da podijele ravnotežu u valencijama. Primjer kovalentne veze je hemijski spoj vode H₂O, slika 2.

Uopćeno govoreći skoro svi karbidi, boridi, oksidi i nitridi su keramički materijali:

- Karbidi : SiC, WC ...
- Boridi : TiB₂, MgB₂, MgB₄ ...
- Oksidi : SiO₂, Al₂O₃, MgO ...
- Nitridi : Si₃N₄, TiN ...

Keramika se dijeli u dvije skupine:

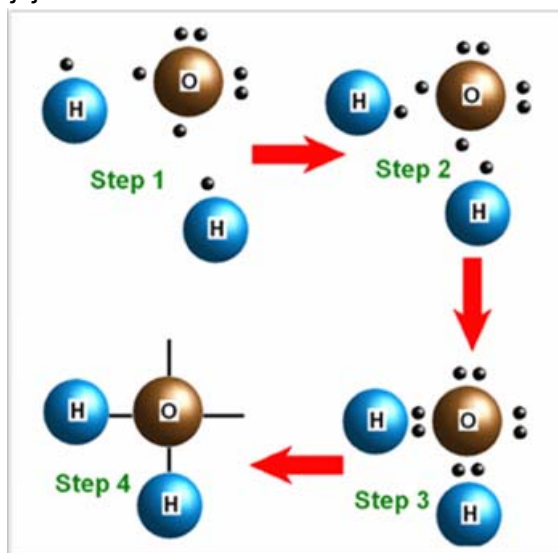
- Konvencionalna keramika – odnosi se na proizvode od gline, silikatnog stakla i cementa
- Inženjerska keramika – sastoji se od karbida (SiC), čistih oksida (Al₂O₃), nitrida (Si₃N₄), nesilikatnog stakla i mnogih drugih vrsta.

Inženjerska keramika ima kontroliranu kompoziciju i veću čistoću od konvencionalne keramike. Mnogi proizvodi od konvencionalne keramike kao što su sanitarija, pločice i cigla su napravljeni od izvornih materijala pronađenih u prirodi.

Izvorni materijal za inženjersku keramiku nije pronađen u prirodi, nego se proizvodi vještački.

Među značajne inženjerske materijale ubrajaju se metalni oksidi (Al₂O₃, ZrO₂ i MgO), nitridi (AlN, Si₃N₄, BN), karbidi (WC, TiC, SiC), boridi (TiB₂), magnetna keramika (Y₃Al₅O₁₂, BaFe₁₂O₁₉, PbFe₁₂O₁₉), feroelektrična keramika (BaTiO₃, PbTiO₃), nuklearna goriva (UO₂, UN), i nova generacija visoko temperaturnih superprovodnika { YbaCu₃O_{7-x}, Tl₂Ba₂Ca₂Cu₃O₁₀, (La_{1.85}Sr_{0.15})CuO₄}.

Kompozitni materijali podrazumjevaju čvrstu vezu dva ili više sastavnih elemenata koji su sjedinjeni u makroskopskoj veličini, bez razaranja, u nerazdvojivu vezu, u cilju dobivanja boljih mehaničkih i drugih karakteristika, nego što su to posjedovali sastavni elementi kompozitnih materijala prije njihovog sjedinjavanja. Keramika se često koristi zajedno sa metalima i pri tome formira kompozite za elektronske aplikacije posebno termičko upravljanje. Kompozit keramika – metal (kermet) posjeduje veću termičku provodljivost nego keramika i duktilniji je u odnosu na keramiku.



Slika 2. Hemijski spoj H₂O

Tabela 1. Vrste keramike i njihova tačka topljenja

Vrsta keramike	Tačka topljenja
Si ₃ N ₄	1750-1900°C
Al ₂ O ₃	2050°C
SiC	2300-2500°C

ZrO2	2500-2600°C
WC	2775°C
ThO2	3300°C
HfO	3890°C

Tabela 2. Vrste keramike i njihova čvrstoća po Vickersu

Vrsta keramike	Čvrstoća po Vickersu
SiC	4680 Kpsi
Al2O3	3360 Kpsi
ZrO2 (+ CaO)	1980 Kpsi
NaCl	30 Kpsi
Fused SiO2	780 Kpsi
Diamond	13,780 Kpsi

1.1 Proračunavanje jonskih osobina

Postotak jonskog karaktera materijala odnosno kompozita može se proračunati pomoću formule:

Postotak jonskih osobina (%) = $\{1 - \exp[-0.25(XA-XB)^2]\} \times 100$, pisano u programskom jeziku ili

$$\text{Postotak jonskih osobina (\%)} = \{1 - e^{[-0.25(XA - XB)^2]}\} \cdot 100$$

Gdje su:

XA – elektronegativnost elementa A

XB – elektronegativnost elementa B

Table of Electronegativities

Slika 3. Tabelarni prikaz elektronegativnosti

Primjer proračuna za **CaF2**:

Koristeći formulu:

$$\begin{aligned} \text{Postotak jonskih osobina (\%)} &= \{1 - e^{[-0.25(XA - XB)^2]}\} \cdot 100 \\ &= \{1 - e^{[-0.25(1 - 4)^2]}\} \cdot 100 \\ &= \{1 - e^{[-0.25(-3)^2]}\} \cdot 100 \\ &= \{1 - e^{[-2.25]}\} \cdot 100 \\ &= \{1 - 0.105\} \cdot 100 \end{aligned}$$

$$= 89.5 \%$$

Postotak jonkih osobina (%) = 10.5%

Primjer proračuna za **SiC**:

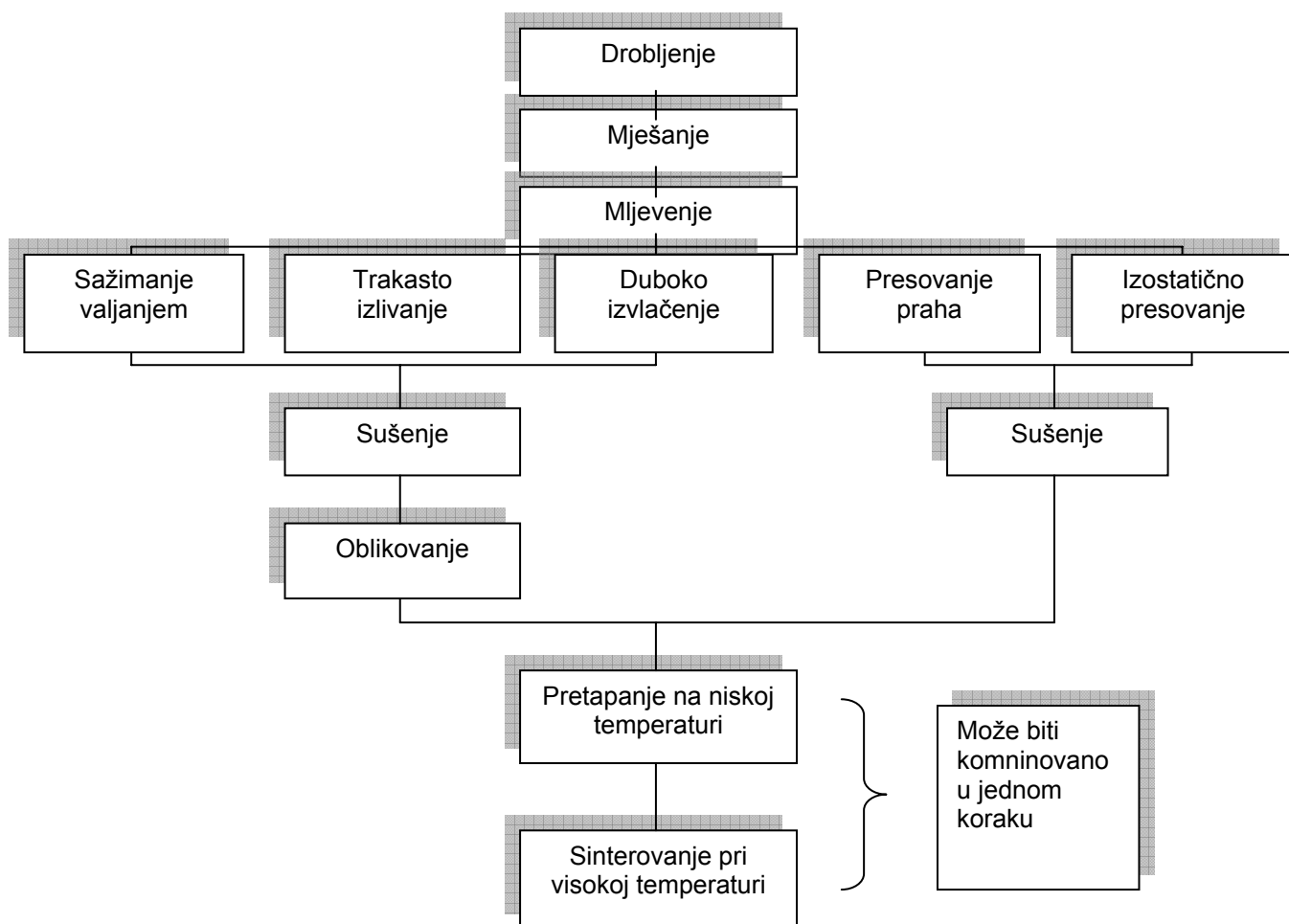
$$\begin{aligned} \text{Postotak jonskih osobina (\%)} &= \{1 - e^{\frac{1}{2} \left[\frac{-0.25(XA - XB)}{2.5 - 1.8} \right]^2}\} \cdot 100 \\ &= \{1 - e^{\frac{1}{2} \left[\frac{-0.25(2.5 - 1.8)}{2.5 - 1.8} \right]^2}\} \cdot 100 \\ &= \{1 - e^{\frac{1}{2} \left[\frac{-0.25(0.7)}{0.7} \right]^2}\} \cdot 100 \\ &= \{1 - e^{\frac{1}{2} \left[-0.1125 \right]^2}\} \cdot 100 \\ &= \{1 - 0.88\} \cdot 100 \\ &= 12 \% \end{aligned}$$

Postotak jonskih osobina (%) = 88%

2. PROIZVODNJA KERAMIKE

Keramički prah je neophodan za većinu metoda obrade koje se koriste za proizvodnju inženjerske keramike. Keramičke opruge i vlakna se sve više koriste u industriji, uglavnom za armiranje. Monokristalni se koriste za optičke, elektronske i magnetske aplikacije i za istraživačke svrhe.

Upravljanje procesom za Al₂O₃, BeO i AlN substrate je veoma slično. Emulzija za brušenje se formira u tanki lim tzv "zeleno stanje", jednim od nekoliko procesa prikazanih na slici 4. i poslije se sinteruje na povišenoj temperaturi da bi se formirala čvrsta struktura.



Slika 4. Strukturalni prikaz procesa proizvodnje keramike

Sažimanje valjanjem. Emulzija za brušenje se pospe na ravnu površinu i djelimično isušuje da oblikuje tanku ploču sa ljevilom. Ploča se pomjera pomoću para velikih paralelnih kotura i oblikuje ploču uniformne debljine.

Trakasto izlivanje. Emulzija se raspršuje na pokretni pojas koji se provlači ispod oštrice noža i oblikuju tanku ploču. Ovo je relativno nizak naponski proces koji se upoređuje s drugim.

Presovanje praha. Prah se gura u šupljine i podvrgava se visokom pritisku (do 20000 psi) putem procesa sinterovanja. Proizvodi se veoma neprobojan dio sa užim granicama tolerancije nego kod drugih metoda.

Izostatično presovanje praha. Ovaj proces koristi fleksibilnu matricu okruženu vodom i glicerinom komprimiranu sa 10000 psi. Pritisak je uniforman.

Duboko izvlačenje. Emulzija je manje viskozna nego za druge procese. Uske tolerancije je teško postići, ali proces je veoma ekonomičan i proizvodi tanje dijelove nego što je to ostvarljivi drugim metodama.

Jednom kada se dio oblikuje i izvuče on se sinteruje pri temperaturi iznad tačke topljenja stakla, da bi nastala kontinualna struktura. Temperatura profila je veoma kritična i proces se izvršava u dvije faze:

1. Otklanjanje nestalnog organskog materijala
2. Otklanjanje zaostalog organskog materijala i sinterovanje

Maksimalna temperatura može dostići temperaturu visoku nekoliko hiljada stepeni celzijusa i može se održati i do nekoliko sati. Npr, čisti aluminijski supstrat, nastao pomoću presovanja praha bez stakla, se sinteruje na 1930 °C.

Najvažnije je otkloniti sav organski materijal prije sinterovanja. U drugom slučaju, gasovi koji formiraju organsku dekompoziciju mogu ostaviti ozbiljne pukotine u strukturi keramike i uzrokovati ozbiljna oštećenja.

Oksidna keramika se može sinterovati u zraku. Poželjno je imati oksidnu atmosferu koja ima za cilj otkloniti organski materijal pomoću hemijskih reakcija sa kisikom i tako tvore CO₂. Nitridna keramika se sinteruje u prisustvu nitrogena da bi se spriječilo formiranje oksida u metalu.

Tokom sinterovanja stepen smanjivanja prati odstranjivanje organskog materijala. Stepensmanjivanja ide od 10% do 22 %. Stepensmanjenja se može predvidjeti i može predvidjeti i može se uzeti u obzir tokom dizajniranja.

3. POVRŠINSKE OSOBINE KERAMIKE

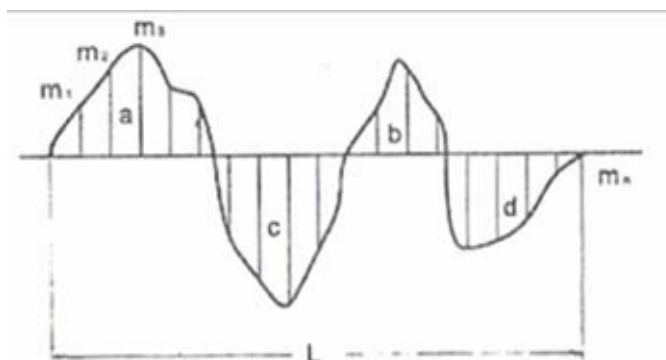
Interesantne osobine površine , hrapavost i nagibi mnogo zavise od metode obrade.

Površinska hrapavost je mjera površinske mikrostrukture i nagib je mjera odtupanja od glakosti.

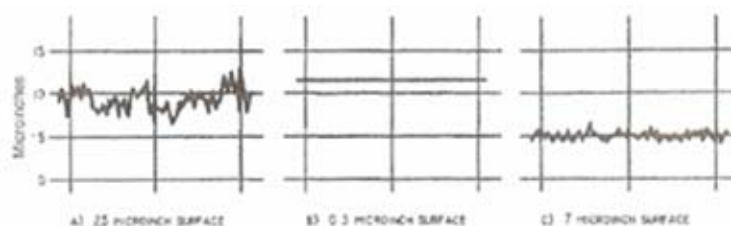
Površinska hrapavost se mjeri na 2 načina električki i optički. Električki, hrapavost se mjeri pomjeranjem igle za zapisivanje po površini. Igla može biti zakačena za piezoelektrički kristal ili mali magnet koji se pomjera unutar kotura. Igla mora imati rezoluciju od 25,4 nm da tačno pročita neku oblast.

Optički način , jasno svijetleća poluga laserske diode ili drugih izvora je usmjerena na površinu. Odstupanja u površini supstrata kreiraju formule koje se koriste da izračunaju hrapavost. Optički profilometri imaju veću rezoluciju nego električne verzije i primarno se koriste da izračunaju hrapavost. Za uobičajenu upotrebu, električni profilometri su adekvatni i široko korišteni u upravljačkom i u laboratorijskom okruženju.

Izlaz električnog profilometra je pomoću dijagrama prikazan na slici 5 i 6 .



Slika 5. Šema putanje



Slika 6. Površinska putanja tri supstratne površine

Količinska interpretacija površinske hrapavosti može se prikazati na 2 načina, pomoću rms vrijednosti i prosječnom vrijednošću. Rms vrijednost dobija se dijeleći dio na n malih dijelova.

Računa se pomoću formule:

$$rms = \sqrt{\frac{m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2}{n}} \quad \dots(1)$$

Gdje je:

m – visina

n – broj dijelova

Srednja vrijednost se računa pomoću formule:

$$CLA = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{L} \quad \dots(2)$$

Gdje je:

a_1, a_2, a_3, a_n - površine ispod putanje segmenta

L – dužina putanje

Za sisteme gdje je putanja uvećana za faktor M, prema formuli (2), ona mora biti podijeljena istim faktorom.

Za sinusoidu prosječna vrijednost je 0,636 x max.vrijednost i rms vrijednost 0,707 x max.vrijednost, što je 11,2 % veće od prosjeka. Profilometar (mjerac hrapavosti) putanje nije baš sinusoidalan u prirodi. Rms vrijednost može biti veća od prosječne za 10 do 30 %.

Od ove dvije metode, CLA je metod koji se više koristi, jer je proračun više povezan s površinskom hrapavošću. Međutim postoji i nekoliko nedostataka.

- Metoda ne uzima u obzir površinsku valovitost kao što je prikazano na slici.
- Površinski profili sa različitim periodama i istim amplitudama daju iste rezultate iako je efekat upotrebe malo drugačiji

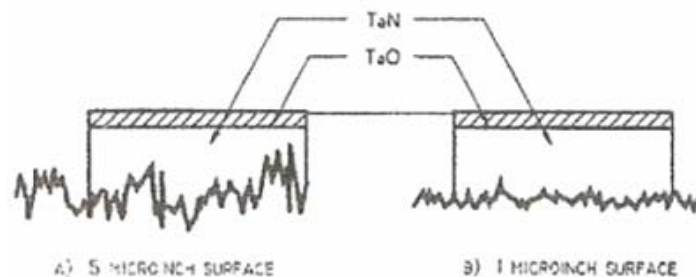
Površinska hrapavost ima značajan efekat na adheziju. Za adheziju je poželjno imati visoku površinsku hrapavost da bi se povećala efektna površina između filma i supstrata. Za stabilnost debljina depozitnog filma mora biti veća od varijacije površine. Za debele slojeve debljine 10 – 12 μin poželjna je vrijednost hrapavosti od 25 μin (625 nm). Za

tenke slojeve koji imaju debljinu mjerenu u angstromima, potrebna je manje hrapava površina. Slika 7 pokazuje razliku u tankom sloju tantal nitrida TaN stavljenog na 1 μin površinu i 5 μin površinu. TaN se koristi u proizvodnji otpornika.

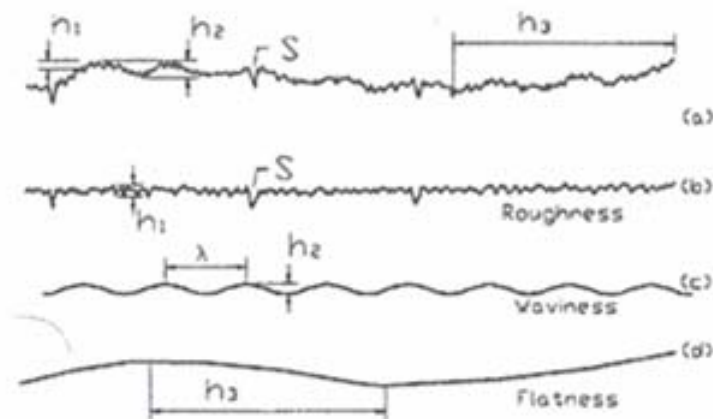
Nagibi i valovitost su slični, jer predstavljaju varijacije u obliku površine. Prema slici 8 nagibi se mogu posmatrati kao odstupanja od površine supstrata dok je valovitost više periodična i prisutna u prirodi. Oba ova faktora daju kao rezultat neravnomjerno sažimanje tokom procesa sinterovanja ili rezultat može biti neuniforman kompozit.

Nagib se mjeri jedinicom dužina/dužina i interpretira se kao odstupanje od ravne površine po jedinici dužine. Tipična vrijednost nagiba je 0.003 in/in (0.003 mm/mm) što za 2x2 inčnu površinu predstavlja ukupnu devijaciju od $0.003 \times 2 \times 1.414 = 0.0085$ in.

Nagibi mogu proizvesti suvišne napone i neuniforman temperaturni koeficijent ekspanzije. Pri povišenim temperaturama ovi faktori mogu prouzrokovati pucanje, lom ili čak drobljenje supstrata.



Slika 7. Razlika u tankom sloju TaN stavljenog na 1 μin površinu i 5 μin površinu



Slika 8. Odstupanja od površine

LITERATURA:

1. Rad autora: Dr. Jerry E. Sergent (TCA. Inc, Corbin, Kentucky)
2. Roy W. Rice : Ceramic fabrication technology
3. M. Bengisu : Engineering ceramics

PREDVIĐANJE KONCENTRACIJE OZONA U VAZDUHU KORIŠĆENJEM MATEMATIČKIH MODELA KLASIFIKOVANJA I PREDIKCIJE

Arsić Milica, dipl.ing.,
Nikolić Đorđe, PhD student,
prof. dr Živković Živan
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru,
Vojske Jugoslavije 12, 19210 Bor

ABSTRAKT

Povećana koncentracija troposferskog ozona u urbanim sredinama predstavlja veliki problem za zdravlje ljudi i životnu okolinu. S obzirom da je ozon sekundarni polutant i nastaje hemijskim reakcijama primarnih polutanata u atmosferi, poželjno je prilikom procene koncentracije ozona, naći vezu između primarnih polutanata i meteoroloških parametara, koji takođe imaju veliki uticaj na njegovo stvaranje. U radu su korišćeni multivarijantne statističke metode (PCA, MLR, klaster analiza) sa ciljem da se predvidi kretanje koncentracije ozona u Beogradu (glavni grad Srbije), u odnosu na kretanje koncentracije primarnih polutanata i meteoroloških parametara. U periodu od 24 časa, podaci su prikupljeni sa merne stanice Pančevački most-Beograd, koja se nalazi u veoma prometnom delu grada.

Ključne reči: ozon, predikcija, PCA, MLR, klaster analiza

1.UVOD

Kada se pomene ozon uglavnom se misli na ozon koji je prisutan u stratosferi i koji je koristan, zato što formira ozonski štit koji apsorbuje deo štetnog ultravioletnog zračenja. Međutim, tokom poslednjih 100 godina koncentracija troposferskog ozona (do 12 km visine) je značajno porasla iznad industrijskih zona. Procenjeno je da je prosečna koncentracija ozona iznad Evrope duplo veća sada, nego u XIX veku (Volz and Klay, 1988; Janach, 1989). S obzirom sa raspodela ozona nije homogena u najnižim slojevima atmosfere, vrše se sistematska merenja koncentracije troposferskog ozona koji imaju za cilj utvrđivanje njegove prostorne i vremenske raspodele. Na taj način se olakšava put ka pronalaženju njegovih izvora i mogućnosti izbegavanja posledica, koje bi mogle biti vrlo ozbiljne povećanjem koncentracije ozona u prizemnim slojevima atmosfere. Ozon je vrlo štetan i izaziva velika oštećenja na respiratornim organima kod ljudi, nanosi veliku štetu poljoprivrednim kulturama, a takođe svoje destruktivno dejstvo ispoljava tako što uništava ikone, freske, tekstil, sintetičke, gumene, plastične i druge materijale.

Da bi se pratilo i predvidelo kretanje koncentracije ozona u nekom budućem periodu, potrebno je razumeti prirodu samog ozona, ali i uslove koji dovode do njegovog stvaranja. Ozon nastaje fotohemijskim razlaganjem azot-dioksida (NO_2) na azot-monoksid (NO) i atom kiseonika, koji reaguje sa molekulom kiseonika (O_2) stvarajući ozon (O_3). Ozon je jedinstven među polutantima, jer se ne emituje direktno, već je sekundarni polutant i nastaje višestrukim hemijskim reakcijama primarnih polutanata u atmosferi. Izvori primarnih polutanata su različiti, industrijska postrojenja, izduvni gasovi automobila, petrohemijski procesi. Koncentracije emisije ovih polutanata mogu se izračunati do neke vrednosti, pošto su blisko povezane sa industrijskim i urbanim aktivnostima, tako da je vrlo korisno, prilikom procene koncentracije ozona, naći vezu između primarnih polutanata

i meteoroloških parametara. Na lokalnom nivou, dokazano je da meteorološki podaci imaju značajnu ulogu u stvaranju i prenošenju ozona (Laurila and Lattila, 1994; Laurila, 1999; Thompson et al., 2001, Elkamel et al, 2001). S obzirom na tu činjenicu, varijacije meteoroloških uslova u različitim vremenskim razmacima mogu da ispolje toliko veliki uticaj na stvaranja ozona, čime bi onemogućilo praćenje uticaja ostali polutanata na njegovo stvaranje. Gardner (1996) koristio je neuronske mreže za utvrđivanje uticaja čisto meteoroloških parametara u stvaranju ozona i utvrdio da svega 48% varijacija ozona mogu biti pripisane promenljivim meteorološkim uslovima. Ranija istraživanja su pokazala da je temperatura povezana sa koncentracijom ozona na dnevnoj bazi, povećanjem temperature povećava se i koncentracija ozona.

Mnogo je radova objavljeno koji se tiču stvaranja ozona, faktora koji doprinose njegovom stvaranju i negativnim posledicama (Fuhrer et al., 1997, Abdul-Wahab and Al-Alawi, 2001, Vingarzan and Taylor, 2003, Karlson et al., 2007).

Sve veći dokazi o negativnom uticaju ozona na ljudsko zdravlje i vegetaciju, doprinuli su pokretanju evropske inicijative za uvođenje određenih mera za smanjenje njegove koncentracije. S obzirom na negativan efekat koji povišena koncentracija ozona može imati, Evropska Unija je dala ograničenje da srednja 8-časovna koncentracija ozona može iznositi maksimalno $120\text{mg}/\text{m}^3$ i dozvoljena su u proseku 25 prekoračenja vrednosti za period od tri godine (Directive/2002/3/EC).

Imajući u vidu činjenicu da se velike koncentracije ozona mogu prenositi vazduhom i do nekoliko stotina kilometara, problem je odavno prestao da bude samo lokalnog karaktera.

2.METODOLOGIJA

Podaci korišćeni u ovom radu prikupljeni su sa merne stanice Pančevački most- Beograd. Ova stanica postavljena je u dvorištu Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, sa primarnom namenom da u realnom vremenu pruža informacije o vrednostima zagađujućih supstanci koje su posledice saobraćaja, s obzirom da se radi o veoma prometnom mestu. Saglasno novom Zakonu o zaštiti vazduha i EU Direktivi2008/50/EC na stanici se mere sledeći parametri kvaliteta vazduha: sumpor dioksid (SO_2), ukupni azotni oksidi (NO_x), azot dioksid (NO_2), azot monoksid (NO), ugljen monoksid (CO), ozon (O_3), benzen-toluen-ksilen (B, T, X), suspendovane čestice (PM1, PM2.5, PM10), kao i meteorološki parametri: brzina vetra (WS), pravac vetra (WD), temperatura vazduha (AT), relativna vlažnost vazduha (RHx) i atmosferski pritisak (BPR). Podaci su beleženi na svakih 30 minuta, u periodu od 24 časa. U radu su korišćene PCA, MLR metode i klaster analiza za obradu prikupljenih podataka. Nekoliko istraživača koristilo je PCA metodu (Peterson et al., 1999; Alvarez et al.,2000; Pissimanis et al., 2000; Klaus et al., 2001, Lengyel et al., 2004) u svojim radovima, ne bi li objasnili prostorne i vremenske varijacije ozona i utvrdili glavne faktore koji utiču na koncentraciju ozona. Cilj ovog rada je bio da se utvrdi uticaj primarnih polutanata i meteoroloških parametara na kretanje koncentracije ozona.

2.1. Eksperimentalni podaci

Rezultati kontinuiranog praćenja, prizemnih koncentracija zagađujućih atmosferskih materija i meteoroloških parametara dati su u Tabeli 1. Praćenje podataka je vršeno u periodu od 24 časa (dana 15.05.2010.). Broj validnih merenja iznosi 43 od ukupno 48, jer u periodu od 05:00 do 07:30 časova očitavanja sa merne stanice Pančevački most-Beograd, su bila u zastoju.

Na osnovu raspoloživih podataka sa posmatrane merne stanice, definisano je ukupno 17 varijabli, od čega su 10 ekološki parametri zagađujućih materija a preostalih 7 su meteorološki parametri. (Tabela 1). Merenje i analiza podataka su, što se vidi iz same Tabele 1, bili kontinualni. Na osnovu deskriptivne statistike polaznih podataka i poređenjem sa propisanim vrednostima, može se zaključiti da u posmatranom periodu nije došlo do prekoračenja dozvoljenih granica za razmatrane zagađujuće materije.

Tabela 1. Podaci o kvalitetu vazduha (merna stanica Pančevački most) za period 24^h.

Br. mer.	Vreme		SO2 µg m ⁻³	NOx ppb	NO µg m ⁻³	NO2 µg m ⁻³	O3 µg m ⁻³	PM10 µg m ⁻³	PM2.5 µg m ⁻³	PM1 µg m ⁻³	AT °C	Vlažnost vazduha %	Pritisak mb	Padavine mm	T µg m ⁻³	X µg m ⁻³	WS m s ⁻¹	WD °	Sun W m ⁻²
	Start	Kraj																	
	1.	00:00																	
2.	00:30	01:00	38,70	53,90	41,50	39,40	5,10	30,50	21,00	17,80	15,30	86,70	1008,00	0,00	1,40	0,70	1,40	60,00	0,00
3.	01:00	01:30	38,70	51,90	39,40	39,00	4,80	32,10	22,40	19,10	15,00	87,70	1007,90	0,00	0,90	0,40	1,20	58,00	0,00
4.	01:30	02:00	37,70	41,60	21,60	46,40	6,70	34,00	24,60	20,80	15,20	74,00	1006,60	0,00	1,40	0,60	1,20	58,00	0,00
5.	02:00	02:30	37,50	53,60	35,50	47,80	6,70	48,00	31,60	26,60	15,20	75,10	1006,10	0,00	1,10	0,50	1,20	96,00	0,00
6.	02:30	03:00	37,30	55,40	40,90	43,40	3,60	51,20	33,90	29,00	14,80	84,10	1006,00	0,00	1,10	0,50	1,10	121,00	2,20
7.	03:00	03:30	39,00	59,70	48,30	40,20	3,70	49,80	33,90	28,80	14,50	87,70	1005,60	0,00	1,30	0,60	2,50	83,00	0,00
8.	03:30	04:00	41,30	59,30	49,40	37,70	3,90	47,00	29,60	24,60	14,40	88,50	1005,00	0,00	1,70	0,90	1,50	76,00	0,90
9.	04:00	04:30	40,10	36,70	24,40	32,80	7,30	31,80	21,40	18,00	14,30	85,80	1004,30	0,00	2,10	1,10	1,30	89,00	0,00
10.	04:30	05:00	37,90	31,90	18,50	35,80	10,50	28,00	20,20	17,20	14,60	80,80	1003,90	0,00	1,30	0,50	2,70	55,00	4,40
11.	07:30	08:00	37,60	19,20	13,10	16,60	30,70	23,50	17,00	14,20	15,90	75,80	999,40	0,00	0,30	0,10	7,40	126,00	24,70
12.	08:00	08:30	36,30	17,60	11,60	16,00	29,20	22,50	17,20	14,70	15,60	78,70	993,00	0,00	0,20	0,00	5,20	117,00	24,20
13.	08:30	09:00	35,60	22,10	16,10	17,70	27,60	23,00	17,40	14,90	15,40	83,20	999,20	0,00	0,20	0,00	5,60	124,00	19,80
14.	09:00	09:30	35,50	22,90	16,50	18,50	27,80	23,00	18,70	15,70	15,30	87,60	999,20	0,10	0,30	0,10	3,40	99,00	39,30
15.	09:30	10:00	35,70	28,30	21,50	21,20	23,60	29,00	20,80	17,60	15,10	91,80	998,90	0,20	0,30	0,10	5,20	96,00	181,70
16.	10:00	10:30	35,90	31,00	24,60	21,70	22,20	27,80	21,40	18,20	15,00	93,40	998,00	0,10	0,40	0,10	5,30	116,00	113,90
17.	10:30	11:00	36,10	31,10	25,30	20,60	24,80	31,70	22,90	19,60	15,20	93,70	997,00	0,10	0,50	0,20	8,00	109,00	182,70
18.	11:00	11:30	36,10	28,80	23,70	18,70	29,00	29,40	22,70	19,70	15,20	93,40	996,00	0,10	0,40	0,10	9,50	125,00	53,20
19.	11:30	12:00	37,00	19,70	15,10	14,50	35,60	27,20	21,50	18,60	14,90	93,50	995,60	0,00	0,30	0,10	9,00	91,00	225,00
20.	12:00	12:30	37,50	23,00	18,20	16,10	34,40	28,40	22,40	19,40	14,90	93,50	995,30	0,00	0,30	0,00	4,40	136,00	89,40
21.	12:30	13:00	35,80	28,40	21,80	21,00	26,60	26,80	21,20	18,40	15,10	92,90	995,10	0,00	0,30	0,10	7,40	115,00	82,10
22.	13:00	13:30	35,60	29,50	21,20	23,80	21,60	26,00	20,40	17,90	15,50	91,50	995,00	0,00	0,40	0,10	5,40	160,00	51,50
23.	13:30	14:00	37,70	29,60	22,30	22,50	23,20	24,10	18,70	16,10	16,20	88,50	994,60	0,00	0,40	0,10	5,90	146,00	56,80
24.	14:00	14:30	39,30	26,80	20,60	19,70	27,90	21,70	16,00	13,10	17,40	84,60	994,20	0,00	0,40	0,10	5,00	154,00	240,80
25.	14:30	15:00	37,70	24,90	19,40	17,90	32,50	28,20	14,30	10,70	19,90	78,70	999,30	0,00	0,40	0,10	6,60	154,00	321,30
26.	15:00	15:30	36,10	25,20	19,90	17,70	36,30	39,00	13,20	8,80	20,80	71,70	993,50	0,00	0,40	0,10	5,70	154,00	161,60
27.	15:30	16:00	35,70	17,00	12,10	13,90	43,00	27,90	9,70	6,60	22,10	66,70	993,30	0,00	0,30	0,10	7,80	133,00	293,50
28.	16:00	16:30	35,10	15,70	10,80	13,50	47,90	22,30	7,90	5,20	22,60	62,80	993,20	0,00	0,20	0,10	6,00	148,00	154,10
29.	16:30	17:00	36,00	15,50	10,50	13,50	49,50	19,00	7,20	4,60	22,60	61,60	992,90	0,00	0,20	0,00	8,80	146,00	252,30
30.	17:00	17:30	35,90	12,70	8,00	11,90	49,20	17,80	7,60	4,60	22,40	63,00	992,60	0,00	0,20	0,10	6,30	138,00	39,20
31.	17:30	18:00	35,60	13,50	8,70	12,40	43,30	15,20	7,00	4,60	21,20	67,10	992,30	0,20	0,20	0,10	4,00	126,00	25,50
32.	18:00	18:30	35,80	20,70	13,90	18,20	38,70	19,20	8,60	5,40	18,40	77,60	992,90	0,40	0,20	0,10	10,40	263,00	1,30
33.	18:30	19:00	35,60	22,80	12,10	25,10	36,90	15,60	8,10	5,10	15,10	87,70	993,70	0,30	0,30	0,10	1,40	75,00	26,60
34.	19:00	19:30	35,10	26,60	12,30	32,00	26,70	13,40	9,20	6,70	14,40	90,80	994,00	0,00	0,30	0,10	0,70	278,00	12,90
35.	19:30	20:00	34,90	33,10	16,30	38,40	14,40	15,30	10,80	8,60	14,80	90,20	994,40	0,00	0,40	0,10	3,60	182,00	2,20
36.	20:00	20:30	35,80	30,70	13,70	37,80	12,70	15,10	10,90	8,90	14,80	86,40	994,50	0,00	0,60	0,30	3,30	208,00	2,40
37.	20:30	21:00	35,40	28,40	11,50	30,90	16,50	10,50	7,40	5,60	14,90	81,90	994,90	0,00	0,60	0,30	3,30	176,00	2,20
38.	21:00	21:30	35,20	29,70	5,70	12,20	14,20	11,80	8,10	6,40	15,10	79,00	995,50	0,00	0,50	0,20	1,90	191,00	2,20
39.	21:30	22:00	35,90	41,20	4,30	18,30	13,00	13,90	9,70	7,80	15,10	80,50	996,10	0,00	0,60	0,20	1,50	230,00	2,40
40.	22:00	22:30	35,50	38,60	18,20	34,30	16,40	15,20	10,40	8,40	14,80	84,20	996,50	0,00	0,50	0,20	2,70	233,00	2,20
41.	22:30	23:00	35,20	29,80	20,20	26,00	19,10	16,70	11,30	9,20	14,50	86,40	996,80	0,00	0,40	0,20	3,40	236,00	2,20
42.	23:00	23:30	35,40	25,00	16,10	23,10	19,30	15,20	10,50	8,50	14,30	87,40	996,90	0,00	0,40	0,20	4,10	254,00	2,30
43.	23:30	24:00	35,40	22,60	14,50	20,90	19,40	13,00	9,10	7,60	14,00	88,40	996,60	0,00	0,40	0,10	4,40	264,00	2,40

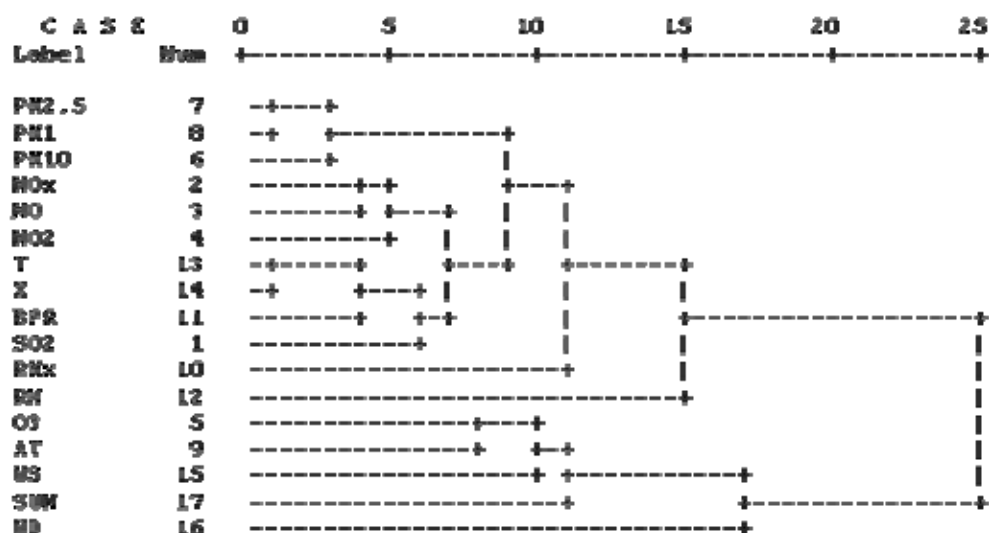
2.2. Metode analize podataka

Analiza podataka je izvršena u dve faze. Najpre, primenom Cluster analize i PCA faktorskom analizom utvrđena je statistička povezanost među varijablama. A zatim, je u drugom delu, formiran regresioni model, kojim se predviđa koncentracija prizemnog ozona u funkciji ostalih parametara koji na njega imaju najveći statistički uticaj.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Utvrđivanje povezanosti merenja

U cilju identifikovanja korelacionih veza između varijabli, najčešće se u ovakvim studijama koristi klaster metod (Đorđević and Šolević, 2007). Parametarski dendrogram, koji je zasnovan na Pearson-ovom koeficijentu korelacije prikazuje najbolju povezanost među definisanim varijablama u datom istraživanju (slika 1). Što je manje rastojanje na horizontalnoj osi, to je relacija među varijablama značajnija.



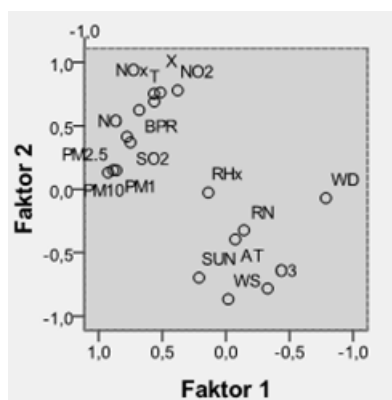
Slika 1. Hijerahijska klaster analiza

Na osnovu izvršene klaster analize, može se zaključiti da najbolja povezanost postoji u okviru grupe PM_x sitnih čestica i grupe X i T. Polazeći sa desne strane može se uočiti da je model podeljen na dve podgrupe, u jednoj je ozon sa meterološkim parametrima, dok su u drugoj preostali ekološki parametri. To dovodi do zaključka da ozon ima određenu povezanost sa meterološkim parametrima bolju nego sa ostalim zagađujućim materijama. Kako bi se izvršilo klasifikovanje podataka, upotrebljena je PCA faktorska analiza sa rotacijom. PCA (Principal Component Analysis) je neparametarski metod klasifikacije, upotrebljen da bi se podelile razmatrane 17 varijable u određene klase (faktore), koje pokazuju slične osobine u atmosferskom zagađenju i pri tom se razlikuju od varijabli iz drugih klasa. S'obzirom da su jedinstvene vrednosti (eigenvalues) veće od 1- Kaiser kriterijum (Yidana et al., 2008), tri faktora mogu biti izdvojena kojima je moguće opisati 79.391 % varijabilneta svih 17 varijabli (Tabela 2).

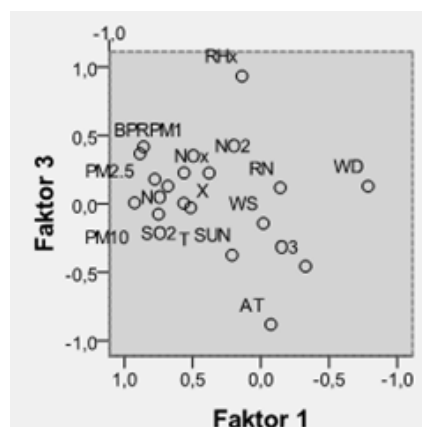
Tabela 2. Rezultati primene PCA metode za razmatrane varijable

Varijable Faktor	SO2	NOx	NO	NO2	O3	PM10	PM2.5	PM1	AT	RHx	BPR	RN	T	X	WS	WD	SUN	Eigenvalue	Varijansa %	Kumulativna varijansa %
1	,750	,563	,778	,379	-,328	,926	,886	,860	-,073	,139	,682	-,142	,565	,515	-,018	-,786	,211	9,248	54,398	54,398
2	,369	,691	,415	,780	-,782	,132	,151	,150	-,395	-,026	,624	-,323	,754	,763	-,866	-,069	-,697	2,530	14,883	69,281
3	-,076	,226	,180	,225	-,456	,007	,366	,416	-,882	,932	,129	,118	,004	-,029	-,143	,128	-,376	1,179	10,110	79,391

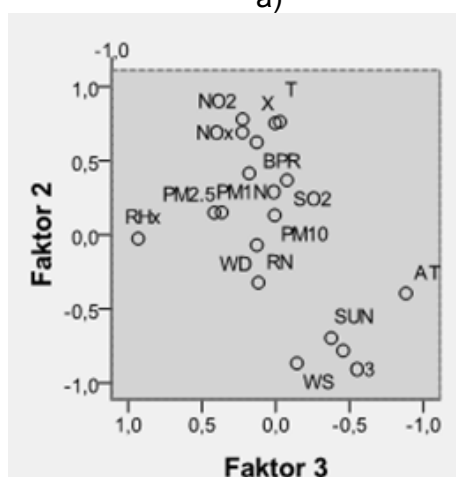
Vrednosti rotiranih faktorskih težina (factor loadings), koje su u Tabeli 2. podebljane, ukazuju na varijable koje imaju najveći uticaj na odgovarajući faktor. Faktor 1 je u dobroj korelaciji sa sumpor-dioksidom, azot-monoksidom, grupom PM_x čestica, brzinom vetra i pritiskom; faktor 2 je u dobroj vezi sa ozonom, brzinom vetra, sunčevim zračenjem, azot-dioksidom, i ukupnim azotnim-oksidiama (NO_x), toluenom i ksilenom, i padavinama; faktor 3 je u dobroj vezi samo sa temperaturom i vlažnošću vazduha. Grafičkom analizom vrednosti svakog faktora u odnosu na pojedinačnu varijablu, može se utvrditi jačina njihove povezanosti (Slika 2), kao i međusobna povezanost varijabli unutar tih faktora.



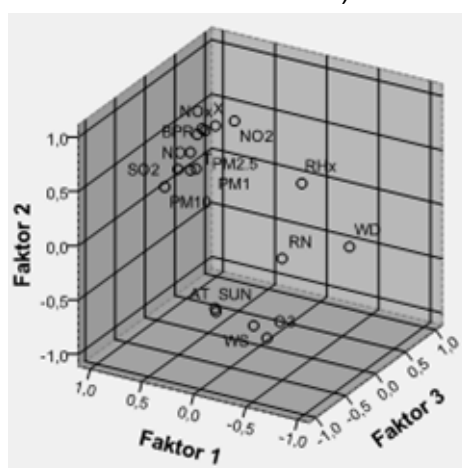
a)



b)



c)



d)

Slika 2. Uporedna analiza dobijenih PCA faktora (a- faktorske težine u odnosu na faktor 1 i faktor 2; b- faktorske težine u odnosu na faktor 1 i faktor 3; c-: faktorske težine u odnosu na faktor 2 i faktor 3; d-prostorni prikaz faktorskih težina za sva tri faktora)

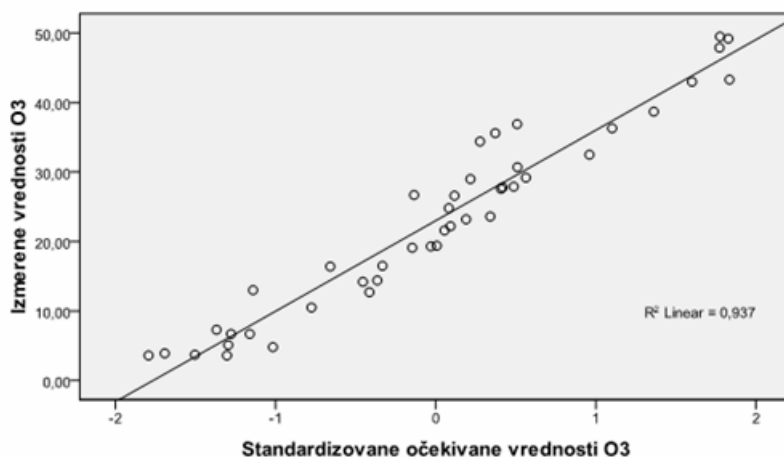
3.2. Modelovanje

Primena regresione analize u predikciji koncentracije ozona, u funkciji preostalih 16 definisanih parametara (Tabela 1), dala bi model koji bi imao veliki broj prediktora, sa malom statističkom značajnošću ($p > 0.05$). Iz tog razloga, model predikcije koncentracije ozona je formiran korišćenjem samo određenih parametara koji su statistički značajni ($p < 0.05$), sa ciljem da se dođe do što tačnije funkcionalne zavisnosti procene.

Primenom opcije 'forward selection' MLR metode, pri čemu se u model sukcesivno dodaju najuticajniji prediktori (NOx, AT, T, NO, RN), dobijena je najbolja vrednost koeficijenta determinacije ($R^2 = 0.937$), (Slika 3). Prethodna PCA analiza je, takođe, ukazala da ozon ima dobre relacije prema istim varijablama, koje sačinjavaju grupu faktora 2. Tako je, na osnovu MLR analize dobijena sledeća regresiona funkcija predviđanja ozona:

$$O_3 = 7.146 - 0.676 \cdot NO_x + 2.104 \cdot AT - 7.165 \cdot T + 0.319 \cdot NO + 14.703 \cdot RN \quad (1)$$

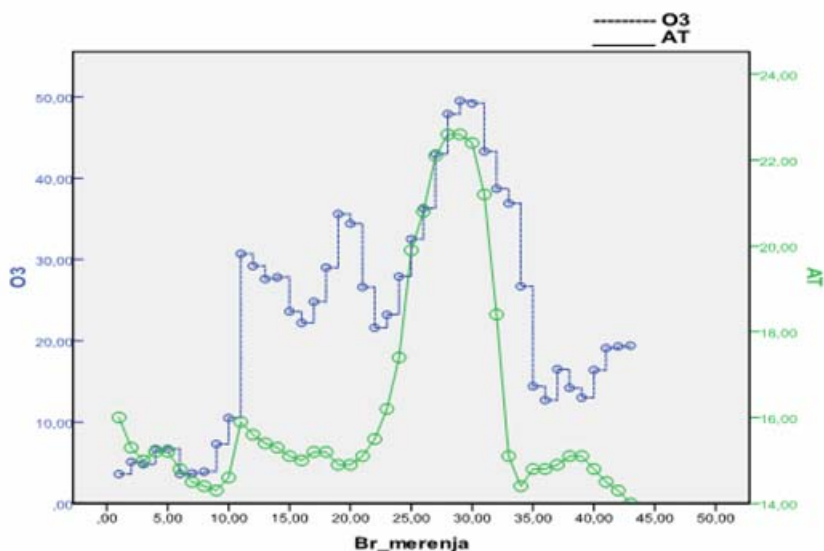
Analiza je pokazala da sve varijable u jednačini (jednačina 1) imaju veoma visoku statističku značajnost ($p < 0.05$) u predikciji ozona, što dovodi do zaključka da je moguće, upotrebom i ovako definisanog modela, opisati kompleksnu fotohemijsku reakciju, koja se dešava prilikom formiranja ozona.



Slika 3. Usporedna analiza očekivanih i izmerenih vrednosti ozona

Brojni su izvori zagađenja vazduha i ponekad je teško utvrditi doprinos svakog od njih, ali s'obzirom da se radi o veoma prometnoj saobraćajnici u gradu, u ovom radu je saobraćaj naveden kao glavni izvor emisije toksičnih gasova (motori automobila ispuštaju azotne okside, T, X).

Kako je ranije u ovom radu navedeno, u datom vremenskom periodu nisu zabeležena prekoračenja dozvoljenih vrednosti, ali merenja su pokazala (Tabela 1) da postoji razlika u koncentraciji ozona u odnosu na doba dana (slika 4). Najveće koncentracije ozona beleže se u periodu između 15:00/15:30-18:30/19:00. Visoke koncentracije ozona povezane su i sa povišenim atmosferskim temperaturama (slika 4). Povišene atmosferske temperature ubrzavaju hemijske reakcije između primarnih polutanata, čiji je rezultat ozon, te zato i ne čudi veza koja postoji između koncentracije ozona i atmosferske temperature, i to baš u periodu kada je najfrekventniji saobraćaj.



Slika 4. Usporedni prikaz kretanja ozona i atmosferske temperature za period od 24 h.

4. ZAKLJUČAK

Ovaj rad predstavlja rezultat primene klaster analize, PCA i MLR za modelovanje podataka koji utiču na stvaranje i kretanje ozona u Beogradu (Pančevački most). Takođe, rad predstavlja pokušaj za formiranje matematičkog modela, koji bi omogućio predikciju formiranja ozona u cilju njegovog smanjenja. Rezultati pružaju sliku o zavisnosti koncentracije ozona u odnosu na primarne polutante i meteorološke parametre.

Najveći izvor zagađenja u tom delu grada je saobraćaj, jer se merna stanica nalazi u veoma prometnom delu (Pančevački most).

Ovaj model, osim važnosti koju ima zbog zaštite životne sredine, može biti indirektno iskorišćen i za zaštitu građana, koji su izloženi uticaju povećane koncentracije O₃ u vazduhu. Rezultati MLR analize ukazuju na najveću statističku značajnost ukupnih azotnih oksida (NO_x) i temperature (AT) u predikciji ozona, a oni ujedno imaju i najveću ulogu u fotohemijskoj reakciji formiranja ozona. Izdvajanje karakterističnih parametara (NO_x, X, T, SUN, AT, WS) izvršeno je primenom PCA analize, pri čemu su ekstrakovana tri faktora, koja opisuju ukupan procenat od 79.391% svih varijabli u modelu.

Sve tri metode (klaster analiza, PCA, MLR) predstavljaju veoma koristan alat za grupisanje, analizu i procenu ekoloških i meteoroloških podataka.

5. LITERATURA

1. Abdul-Wahab, S. A., Al-Alawi, S.M.,(2002), Assessment and prediction of tropospheric ozone concentration levels using artificial neural networks, *Environmental Modelling & Software* 17, 219–228
2. Alvarez, E., Pablo, F., Tomas, C., Rivas, 2000. Spatial and temporal variability of ground-level ozone in Castilla-Leon (Spain). *Int. J. Biometeorol.* 44, 44–51
3. Đorđević, D.S., Šolević, T.M., (2008), The contributions of high- and low altitude emission sources to the near ground concentrations of air pollutants, *Atmospheric Research* 87 ,170–182.
4. Elkamel, A., Abdul-Wahab, S.A., Bouhamra, W., Alper, E., 2001. Measurement and prediction of ozone levels around a heavily industrialized area: a neural network approach. *Advances in Environmental Research* 5, 47–59
5. Fuhrer, L., Skarby, L., Ashmore, M.R., (1997), Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe, *Environmental Pollution* 97(1-2), pp.91-106
6. Gardner, M.W., 1996. An investigation into the importance of meteorology in determining surface ozone concentrations: a neural network approach. In: *First International Conference on GeoComputation*. University of Leeds, Leeds School of Geography, GMAP Ltd, Geoinformation International, Elsevier Science pp. 17–19.
7. Janach, W.E., (1989), surface ozon: trend details, seasonal variations and interpretations. *J. geophys. Res.* 94, 18,289-18,295
8. Karlsson, P.E., Tang, L., Sundberg, J., Chen, D., Lindskog, A., Pleijel, H.,(2007), Increasing risk for negative ozone impacts on vegetation in northern Sweden, *Environmental Pollution* 150, 96-106
9. Klaus, D., Poth, A., Voss, M., (2001). Ozone distributions in Mexico City using principal component analysis and its relation to meteorological parameters. *Atmosfera* 14, 171– 188.
10. Laurila, T., (1999). Observational study of transport and photochemical formation of ozone over northern Europe. *Journal of Geochemical Research* 104 (D21), 26235–26243
11. Laurila, T., Lattila, H., (1994). Surface ozone exposure measured in Finland. *Atmospheric Environment* 28 (1), 103–114.
12. Lengyel, A., Paksy, L., Bañhidi, O., (2000). Chemometric Approach for evaluating of environmental data. In: *Proceedings of microCAD_99 Conference*, Miskolc, Section A. pp. 65–69.
13. Paterson, K.G., Sagady, J.L., Hooper, D.L., (1999). Analysis of air quality data using positive matrix factorization. *Environ. Sci. Technol.* 33, 635–641.
14. Pissimanis, D.K., Notaridou, V.A., Kaltsounidis, N.A., Viglas, P.S., (2000). On the spatial distribution of the daily maximum hourly ozone concentrations in the Athens basin in summer. *Theor. Appl. Climatol.* 65, 49–62.
15. Thompson, M.L., Reynolds, J., Cox, L.H., Guttorp, P., Sampson, P.D., (2001). A review of statistical methods for the meteorological adjustment of ozone. *Atmospheric Environment* 35, 617–630.
16. Vingarzan, R., Taylor, B., (2003), Trend analysis of ground level ozone in the greater Vancouver/Fraser Valley area of British Columbia, *Atmospheric Environment* 37, 2159-2171.
17. Volz, A., Klay, D., (1988), Evaluation of the Montsouris series of ozone measurements made in nineteenth century. *Nature* 332, 240-242.. F
18. Yidana, S.M., Ophori, D., Banoeng-Yakubo, B., (2008). A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data—The Ankobra Basin, Ghana. *Journal of Environmental Management* 86, 80–87. *

MEHANIČKE OSOBINE KERAMIKE

Gačić Edvin
Trakić Adnan
Dr. Nađija Haračić
Univerzitet u Zenici
Mašinski fakultet

REZIME:

U radu su obrađene mehaničke osobine keramike, lom, plastičnost, puzanje, sabijanje i savijanje.

1. MEHANIČKE OSOBINE

1.1. Mehaničke osobine – uopšte

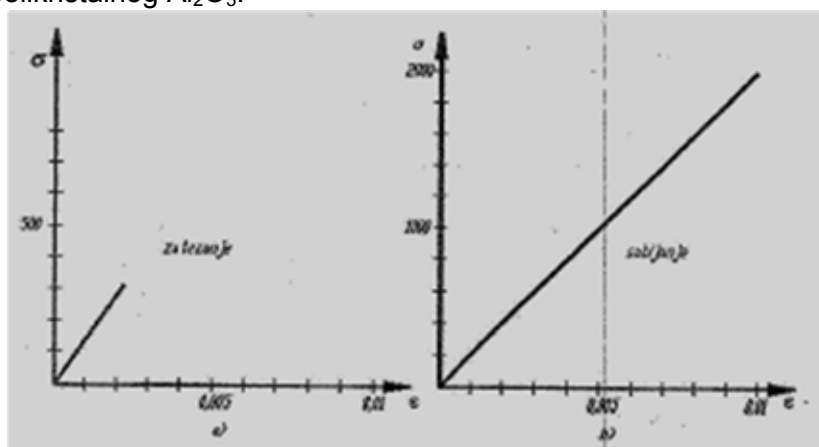
Keramika pokazuje široku raznovrsnost mehaničkih ponašanja. Vrste mehaničkih osobina koji su važne za strukturalnu upotrebu su:

- ◆ elastičnost
- ◆ lom
- ◆ plastičnost.

Procesima koji kontrolišu reakcije pod datim opterećenjem te karakteristikama i stanjima okoline rukovodi mikrostruktura materijala i interatomske vezivanje.

Kombinacije elastičnih konstanti koje su karakteristične za polikristalnu keramiku, dvofaznu keramiku i poroznu keramiku se razmatraju i porede sa eksperimentalnim opažanjima. Uopšteno, elastične osobine keramike se veoma dobro opisuju preko razmatranja fizike interatomske vezivanja i mehanike mikrostrukturnih međudjelovanj, iako jednostavna specifikacija modula poroznih materijala nije moguća.

Opće je poznato da metalne legure imaju značajan iznos plastične deformacije kod zatezanja. Nasuprot, keramike se lome bez predhodne uočljive deformacije. U svojstvu primjera na slici 1. prikazan je karakterističan rezultat za jednoaksijalno opterećenje gustog, polikristalnog Al_2O_3 .



Slika1. priroda loma u keramici ilustrirana krivom napona – deformacija koja pokazuje linearno elastično ponašanje, prema (1)

Na slici 1. lom uzroka javlja se u elastičnom području. Ovaj krti prelom karakterističan je za keramiku i staklo. Jednako važna karakteristika ilustrirana je razlikom između dijelova slike 1. a) i b).

Dio a) ilustrira prekid čvrstoće pri ispitivanju zatezanjem (280 MPa), a dio b) je isto to za test sabijanjem. Ovdje je specijalno dramatičan primjer činjenica da je keramika relativno slaba na zatezanje a relativno jaka na sabijanje.

Keramike se mogu plastično deformirati. Prvo se razmatraju uslovi pod kojim se uočava plastičnost kao i mehanizmi koji je stvaraju. Prvo se razmatra plastičnost do koje dolazi usljed jednostavnog klizanja dislokacija. Klizanje je dominantni mehanizam deformiranja u keramici poput alkalij halidni soli, koje se uglavnom mogu plastično deformirati do velikih istezanja, čak in a sobnim temperaturama.

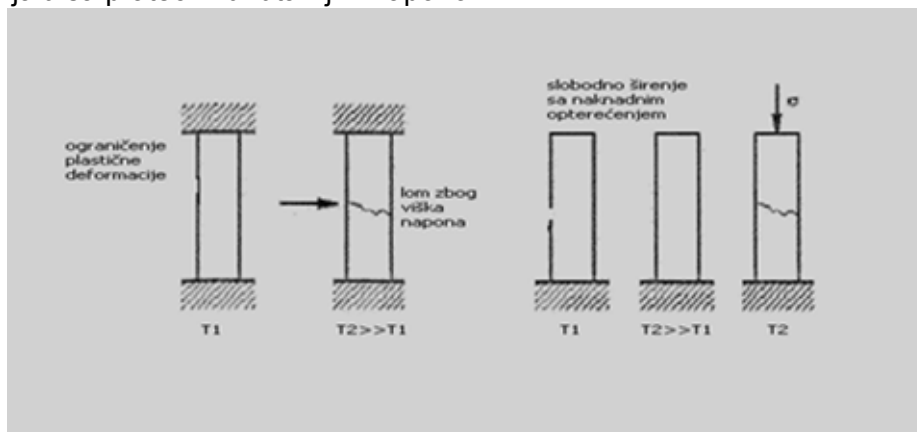
Ovo je popraćeno deformiranjem na visokim temperaturama, gdje pored klizanja, plastično istezanje može biti izazvano difuzijom, sklizavanjem granica zrna i uspinjanjem dislokacije. Potom se razmatraju specifična mikrostrukturalna djelovanja i djelovanja okruženja na puzanje keramike na visokoj temperature. Specifični atomski i mikrostrukturalni mehanizmi odgovorni za ponašanje puzanja se predstavljaju kako bi se primjenili u odgovarajućim studijama puzanja, a modeli koji su razvijeni da bi se opisalo puzanje su mnogo više zaokupljeni atomskim detaljima nego onim za lom. Puzanje je mnogo važnije u keramici zbog njene visokotemperaturne primjene.

Uloga difuzionog mehanizma u puzanju keramike kompleksnija je nego kod metala, jer je difuzija mnogo kompleksnija kod keramike. Zahtjev za neutralnošću naboja i različita difuzivnost kationa i aniona doprinose ovoj kompleksnosti.

Za procjenu mehanizma termičkog šoka postoje dva fundamentalna termička svojstva:

1. termičko širenje
2. termička provodivost.

Prvo, naponsko oštećenje može nastati formiranjem pritiska usljed uniformnog termičkog širenja. Drugo, promjena temperature proizvodi privremeni temperaturni gradijent u materijalu sa pratećim unutarnjim naponom.



Slika 2. termički šok kao rezultat ograničenja jednolike termičke ekspanzije; prema (1)

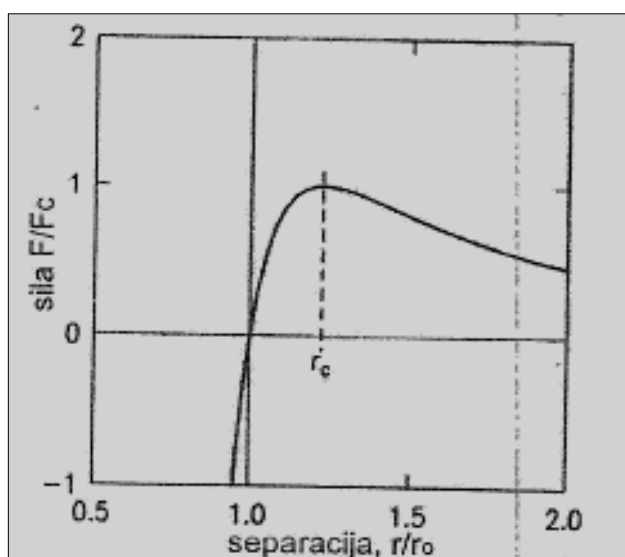
Slika 2. predstavlja jednostranu ilustraciju prvog slučaja. To je ekvivalentno sa dopuštenim slobodnim širenjem i naknadnom mehaničkom kompresijom šipke na početnu dužinu.

1.2. Lom

1.2.1. Lom na atomskom nivou

Da bi razmotrili lom na atomskom nivou potrebna nam je funkcija separacije – sile $F_{apll}(r)$, za jednu atomsku vezu. Ova funkcija je data na slici 4. Može se vidjeti da postoji kritična primjenjena sila, F_c , iznad koje interatomska veza ne može stabilno podnijeti povećano širenje.

Kod kritične separacije r_c pojavljuje se nestabilnost tj. širenje pri maksimalnoj sili. Tabela 1. daje uočene vrijednosti čvrstoće za neke uobičajene keramike: tipična čvrstoća loma jednog keramičkog materijala je oko 400 MPa, dok je tipični Young – ov modul oko 200 GPa.



Slika 3. krivulja $Faapl(r)$ što odgovara jednom ionskom krutom tijelu, a $F_c = F(r_c)$; prema (1)

Materijal	Čvrstoća (MPa)	Otpornost na lom (l/m^2)	Tvrdoća (MPa)
Stakla:			
Soda-vapno	140	8	0,75
Stopljeni silicij:			
volumen	90	8	0,75
vlakna	1000	8	0,75
Polikristali:			
Al_2O_3			
$\lambda=3\mu m$	488	39	3,9
$\lambda=11\mu m$	400	36	3,3
$\lambda=25\mu m$	302	54	4,6
MgO	275	10	1,8
Y_2O_3	300	13	1,5
SiC	600	39	4,1
Si_3N_4	520	65	4,4
ZrO_2			
Ca-PS2	800	500	10
Y-TP2	2200	125	5
$BaTiO_3$	124	10	1,1
Staklena keramika:			
Pirokeramika	300	60	2,5
Makor	170	51	1,8

Tabela 1. vrijednosti snage otpornosti loma i tvrdoće keramike; prema (1)

Čvrstoće su one koje su uočene kod uglačanih šipkih ili diskova, vrijednosti tvrdoće i otpora loma su one koje su označene za potpunu zasićenost bilo kojih mikrostrukturnih efekata otvrdnjavanja (λ – veličina zrna).

Inglis (1913) je pokazao da je napon, σ_{tip} na vrhu jedne eliptičke rupe u jednom krutom tijelu koje je pod pritiskom (slika 4.) dobiven preko:

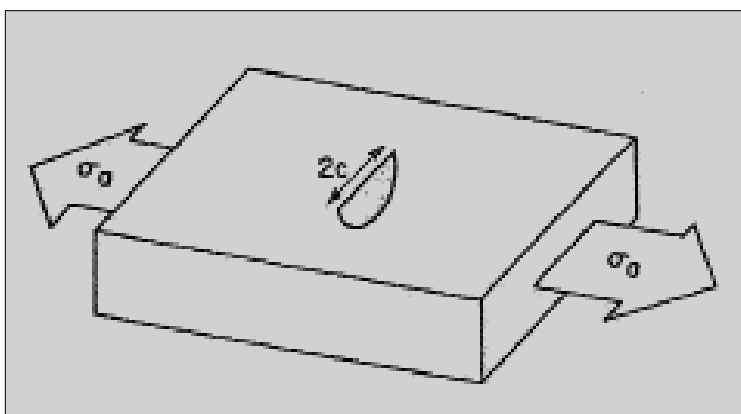
$$\sigma_{tip} = \left(\frac{2c}{b} \right) \cdot \sigma_a$$

gdje je : - σ_a - primjenjeni napon, koji je jednoličan na velikim udaljenostima o drupe,

- $2c$ – je dužina glavne ose elipse,
- $2b$ – je dužina manje ose.

U keramičkim materijalima pukotine imaju dimenzije od $c \approx 10\mu m$, sa otvorima od $b \approx 20nm$, tako da se dobiju koncentracije od približno hiljadu.

lom se vidi kao sekvencijalni prekid interatomskih veza, sa naponima istežanja blizu vrha pukotine koja se približavaju onim koja su neophodna na nestabilnost.

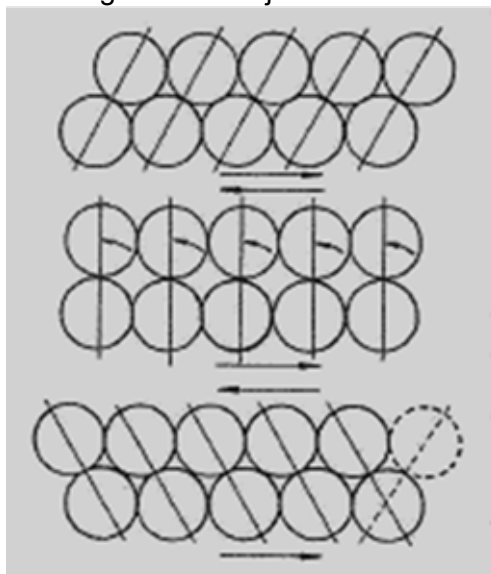


Slika 4. šematski prikaz polja napona oko eliptičkog otvora u krutom tijelu jednoosnog napona; prema (1)

1.3. Plastičnost

1.3.1. Sklizavanje na atomskom nivou

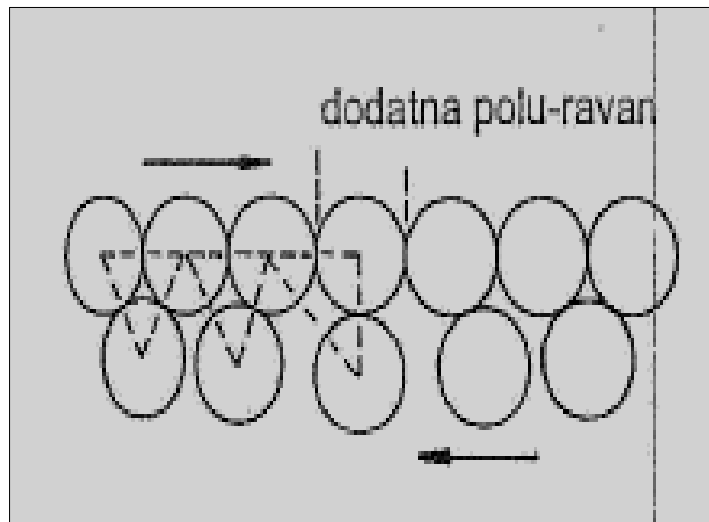
Kao i lom, plastičnost se postiže preko lokaliziranih defekata. Da bi ovo vidjeli razmatramo dozvoljeno istežanje za homogeno smicanje dio atomskih ravni u jednom kristalu (slika 5).



Slika 5. šematski prikaz homogenog smicanja atomskih ravni; prema (1)

Pod djelovanjem primjenjenog napona smicanja, jedna cijela ravan atoma sklizne preko susjedne ravni. Pri niskim naponima smicanja atomi se odupiru kretanju i prolaze kroz

plastičnu deformaciju. Kako se napon poveća, atomi se uspinju na one u susjednim redovima sve dok u jednoj dozvoljenoj tački ne postignu jedan nestabilan položaj gdje može doći do jednog kretanja ka napred ili nazad. Ako se napon poveća iznad dozvoljenog napona atomi će skliznuti preko onih u susjednim redovima. Dolazi do laganog sklizavanja, pošto se jedan red "skotrlja" preko drugog. Ako se napon odstrani, dolazi do trajne deformacije. Slika 6. pokazuje kako se jedna lokalizacija – jedna dislokacija – može proizvesti. O dislokaciji se može razmatrati kao o jednoj dodatnoj polu-ravni atoma koja je umetnuta u strukturu, a naponi smicanja neophodni za pokretanje dislokacije su poprilično mali.



Slika 6. šematski dijagram redova atomski ravni koji pokazuju lokalizaciju istezanja u dislokaciji; prema (1)

1.3.2. Plastičnost pri visokoj temperaturi

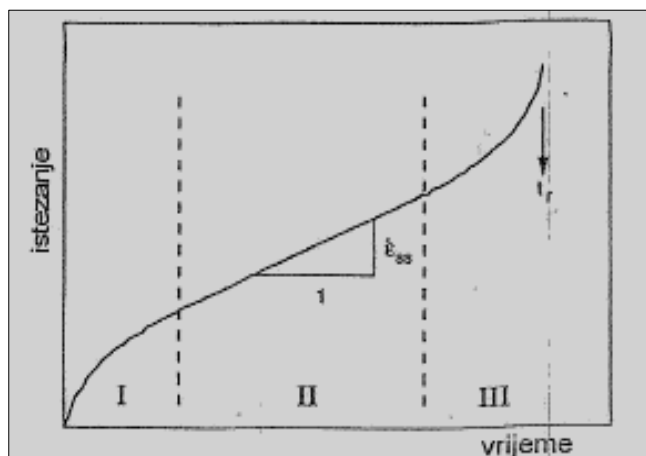
Kliženje dislokacije je teško u većini keramika, ali se ipak uočava, na visokim temperaturama mnogo pomenuta ograničenja slabe, te se ograničena količina kliženja dislokacije dešava skoro kod svih keramika. U nekoj keramici kliženje je moguće čak i na sobnoj temperaturi. To se odnosi na ionske materijale sa strukturom hridne soli, poput alkalij halidnih soli.

Na visokim temperaturama, kliženje je također važno, ali plastičnost se može desiti preko drugih termalno aktiviranih mehanizama koji su prespori da bi imali kakve posljedice na sobnu temperaturu.

Oni uključuju difuziju, uspinjanje dislokacije i sklizavanje granice zrna. U ovom dijelu, mehanizmi pomoću kojih se stvara plastičnost pri velikoj temperaturi se razmatraju u terminima puzanja visoke temperature.

1.3.3. Testiranjem puzanjem

Plastičnost pri visokoj temperaturi se često proučava korištenjem testa puzanjem. U standardnom testu, rastezljivo opterećenje se primjenjuje na uzorak i izduženje jednog dijela dužine mjerila se mjeri kao funkcija vremena. Idealni test je onaj u kojem opterećenje neprestalno varira tako da održava uslove konstantnog napona pošto je poprečno presječna površina uzorka smanjenja. Osnovni podatak je krivulja istezanja pri puzanju kao funkcija vremena .

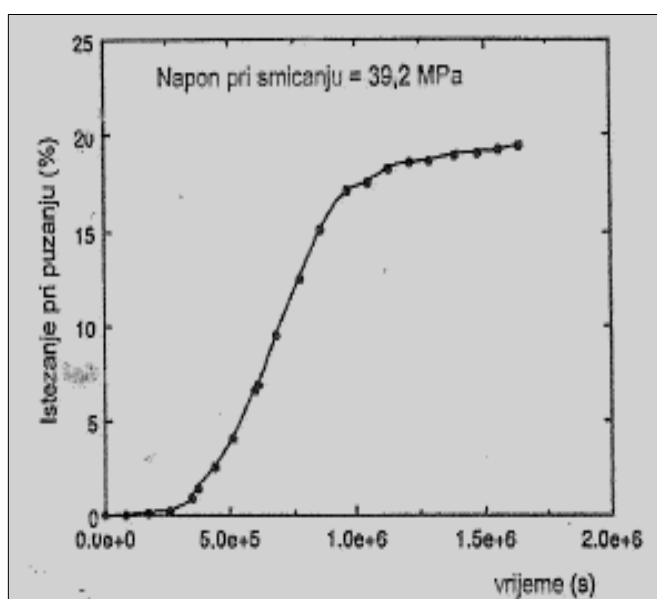


Slika 7. tipična krivulja puzanja koja pokazuje: I – primarnu fazu, II – sekundarnu fazu, III – tercijarnu fazu; prema (1)

Kriva sadrži tri svojstvene faze. prva, koja se zove osnovno ili polazno puzanje, je obično, ali ne uvijek okarakterisana usporavajućim omjerom puzanja. Druga koja se zove sekundarno puzanje ili puzanje nepromjenjivog stanja je onaj dio krivulje u kom je omjer puzanja efektivno konstantan. Treća faza, tercijalno puzanje, je ono u toku kojeg se omjer puzanja ubrzava prije pucanja uzorka.

Jedna značajna varijacija od običnog ponašanja ilustriranog na slici 7. je ona koja je data na slici 8., gdje su predstavljeni podaci puzanja za jednostruki kristal safira koji je dostigao temperature 1000 °C. Krivulja oblika slova S ili "sigmoidno" ponašanje je uočena u mnogim keramičkim jednokristalima koji sadrže niske početne gustoće dislokacije.

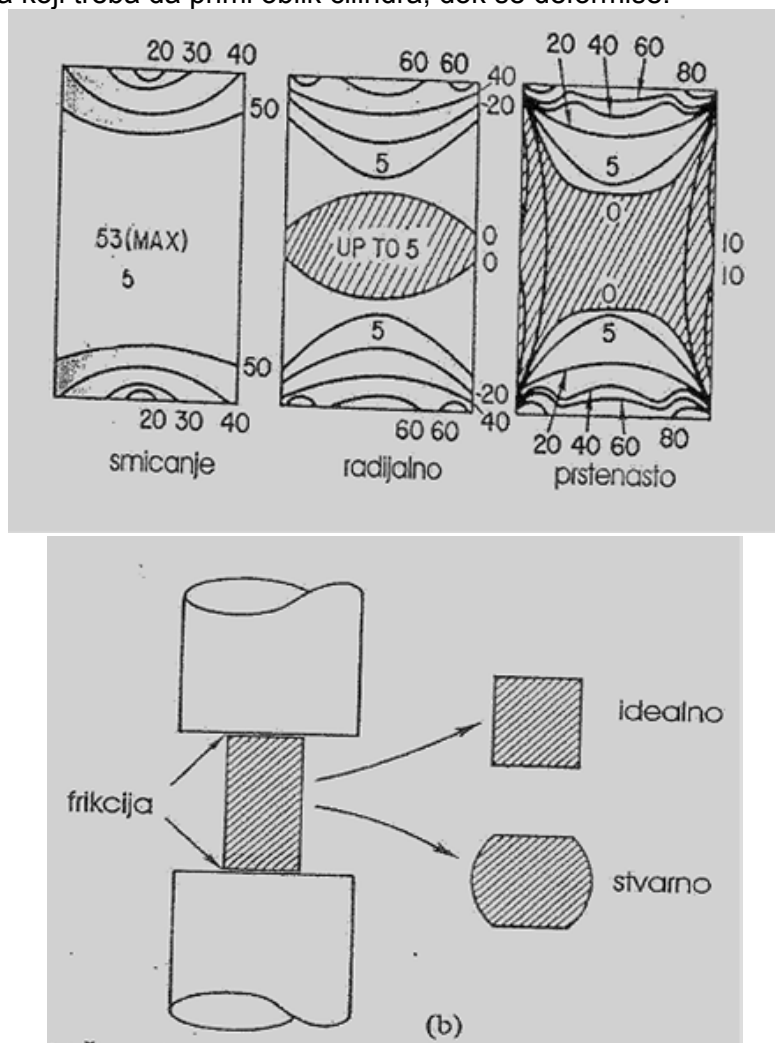
Jednostrani test napona koji je gore opisan je standardni test puzanja u metalima. Međutim, u keramici, veoma mala testiranja napona se izvode zbog problema povezanih sa hvatanjem i obradom uzorka na mašini. Većina podataka o keramičkom puzanju se dobiva preko testiranja sabijanja ili savijanja.



Slika 8. krivulja puzanja za jednostruki kristal safira koja održava sigmoidalno ponašanje ; prema (1)

1.4. Sabijanje

Problem kod testiranja sabijanjem (slika 9.) uzrokovan je trenjem između kompresionih klipova i uzorka koji treba da primi oblik cilindra, dok se deformiše.



Slika 9. šematski prikaz stvaranja oblika cilindra u toku deformacije pri sabijanju usljed trenja između uzorka i klipova; prema (1)

Uzorak je definisan do jednog maksimalnog osovinskog napona na sabijanje od 96 MPa, a brojevi do kontura predstavljaju veličine različitih komponenti napona u jedinicama MPa. Vrijedno je primjetiti tri karakteristike. Prva, stanje napona je poprilično kompleksno i ne može se aproksimirati kao sabijanje oko jedne ose. Druga, plastična deformacija mora biti nehomogena pošto naponi istezanja značajno variraju kroz uzorak. Na primjer, uveliko smanjeni naponi istezanja blizu krajeva uzorka rezultiraju stvaranjem "mrtva zona" u kojima se praktično ne ostvaruje nikakva deformacija. Treća, radijalni i prstenasti naponi blizu centra uzorka su ustvari rastezivi.

Ovo često dovodi do stvaranja pukotina koje su paralelne osi sabijanja, a predstavljaju jedan od dominantnih modela neuspjeha. Ako se ne učine naponi u cilju reduciranja trenja u krajevima podaci za sabijanje mogu imati ograničenu vrijednost.

1.5. Savijanje

Problem na koji se nailazi pri testiranju savijanja je povezan sa tim koliko se značajni parametri puzanja mogu izvući iz osnovnih rezultata testa. Pozivajući se na test savijanja,

podaci testa se obično sastoje od upisa premeštaja tačke opterećenja, Y_L , kao funkcija vremena, t , nakon primjene opterećenja, P .

Na slici 10. vidimo da uzdužni naponi savijanja σ variraju sa udaljenošću od neutralne ose na načine koji ovise od parametara, n , eksponenta napona na puzanje. Eksponent napona je samo jedan od materijalnih parametara koji se može ustanoviti.

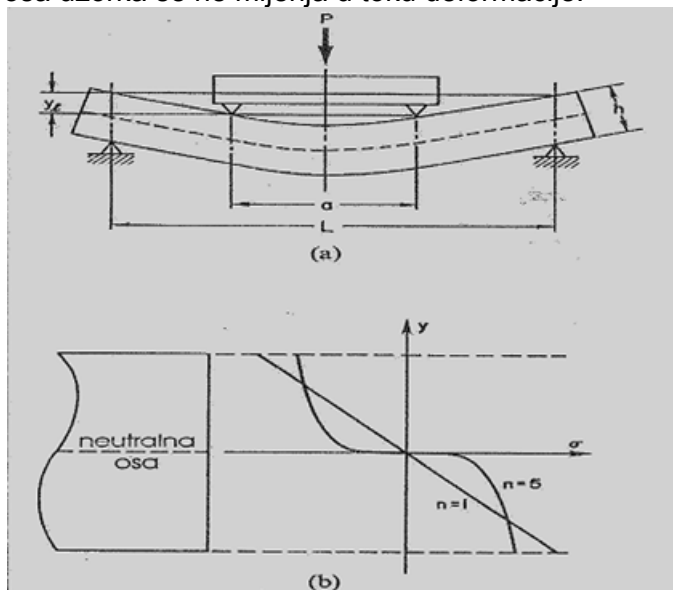
Metod analize podataka kog je razvio Hollenbrg et. all., (1981. godine) se bazira na dvije osnovne pretpostavke:

- ovosnost o naponu i vremenu pri istežanju, ε , može se razdvojiti u skladu sa

$$\varepsilon(\sigma, t) = J(t)\sigma^n$$

$J(t)$ – prilagođenost puzanja

- neutralna osa uzorka se ne mijenja u toku deformacije.



Slika 10. a) geometrija testa savijanja

b) varijacija kod uzdužnih napona sa udaljenošću od neutralne ose; prema (1)

Problem kod ove analize je da puzanje u keramici često nije simetrično. Razvijene su brojne alternativne šeme da bi se izvukli značajni parametric puzanja i testova savijanja u materijalima za koje je poznato da postoje razlike u puzanju napona na savijanje.

Iako neki progress napravljen, svaki od metoda ima svoja vlastita ograničenja koja su povezana sa osnovnim pretpostavkama koje čine mogućom neku analizu, i svaki zahtjeva opširnu analizu. Iz ovih razloga, još ni jedan nije u širokoj upotrebi.

2. LITERATURA:

1. F. Čutović, Nauka o materijalima, Mostar – Bihać, 2001.
2. Jan Hlavač, The technology of glass and ceramics, Prague
3. Internet

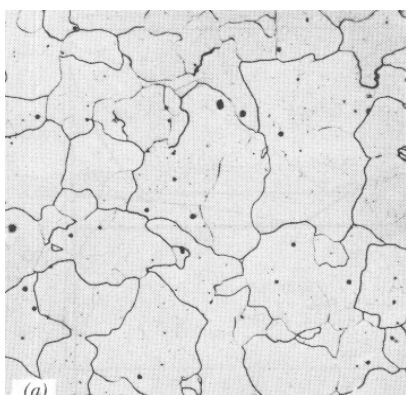
OPĆI UTICAJ LEGIRAJUĆIH ELEMENATA

Merdić Denis

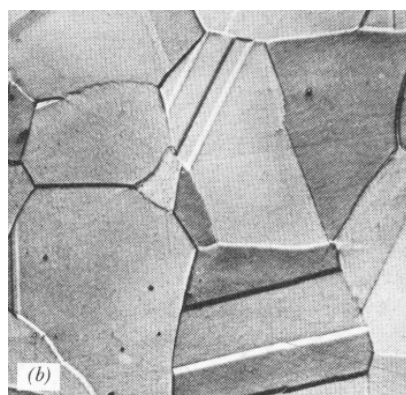
1.UVOD

Nelegirani,uglični čelici imaju slične osobine kao niskolegirani čelici.Dodati sadržaj legirajućih elemenata,obzirom na vrstu i količinu,poboljšava poželjne osobine ili slabi nepoželjne.Glavne prednosti legiranih čelika sastoje se u boljoj sposobnosti kaljenja,blažem kaljenju i višoj postojanosti pri otpuštanju zakaljenih dijelova. Posljedica toga su povećana prokaljivost, manja deformacija i smanjena sklonost ka stvaranju pukotina pri kaljenju, bolja žilavost pri višoj čvrstoći,viši napon tečenja pri propisanoj tvrdoći ili čvrstoći,povišena granica elastičnosti, a time i trajna dinamička čvrstoća,kao i veća čvrstoća na povišenim temperaturama. Visokolegirani čelici često imaju specijalne osobine koje nedostaju nelegiranim i nisko legiranim čelicima, na primjer koroziona postojanost,otpornost prema oksidaciji pri povišenim temperaturama,sposobnost rezanja pri crvenom usijanju,nemagnetičnost,specijalne elektro i magnetne osobine ili specifično ponašanje pri istezanju, itd U legiranim čelicima,sem izuzetaka,nastaju isti mikrokonstituenti kao i u legurama Fe-C odnosno ferit,austenit,gama čvrsti rastvor,karbid,perlit,beinit,martenzit i ledeburit.Razlike su samo u tome što kristali čvrstog rastvora i karbid željeza Fe_3C primaju u čvrsti rastvor još i izvjesne količine legirajućih elemenata i što izvjesni legirajući elementi obrazuju sa ugljikom specijalne karbide.Osim toga,dodatkom legirajućih elemenata mijenja se i rastvorljivost ugljika u različitim modifikacijama željeza,radi čega se pomjeraju linije i tačke ravnoteže u dijagramu stanja Fe-C. Samo mali broj uobičajenih legirajućih elemenata stvara nove faze, na primjer olovo,koje je praktično nerastvorivo u feritu,bakar ako njegova koncentracija pređe granicu rastvorljivosti u feritu (0,8%Cu) i neki elementi koji sa željezom stvaraju intermetalna jedinjenja na primjer FeC_2 .Svi legirajući elementi u većem ili manjem obimu rastvorljivi su kako u α i γ željezu,tako i u δ .Time se utiče na α/γ i γ/δ - temperaturne preobražaje čistog željeza.

Ferit



Austenit



Ferit koji predstavlja intersticijski čvrsti rastvor ugljenika u α -Fe i obeležava se sa α . Rastvorljivost ugljenika u α -Fe zavisi od temperature: najmanja je na sobnoj temperaturi i iznosi 0,006 %C, a najveća na sobnoj na 727 C i iznosi 0,025 %C. Na osobine ferita presudno utiče sadržaj C. Ako su u feritu, pored C, rastvoreni i atomi drugih legirajućih elemenata, onda se takav ferit naziva *legirani ferit*. Ferit je mek i plastičan (tvrdoća 80 HB,

zatezna čvrstoća $R_m = 250$ MPa, izduženje $A = 50\%$). Dobar je provodnik toplote i električne struje. Magnetičan je do približno 770 °C. Mikrostruktura ferita je prikazana na slici.a.

Austenit koji predstavlja intersticijski čvrsti rastvor ugljenika u γ -železu, obeležava se sa γ i postojan je na temperaturama iznad 727 °C. Najmanja rastvorljivost ugljenika u površinski centriranoj kubnoj rešetki železa iznosi $0,8\%$ na 727 °C a najveća $2,0\%$ C na 1148 °C. Austenit je plastičan, ima veću zateznu čvrstoću i tvrdoću od ferita ($170 - 200$ HB, zavisno od sadržaja C). Kada se na mestu atoma železa u površinski centriranoj kubnoj rešetki austenita nalaze atomi drugih le-girajućih elemenata (npr. Cr, Ni) onda se takav austenit naziva *legira-ni austenit*. Oblast stabilnosti legiranog austenita je različita od oblasti stabilnosti običnog austenita, pa on može da postoji i na temperatura-ma nižim od 727 °C. Mikrostruktura austenita je prikazana na slici.b

1.1. Opći uticaj legirajućih elemenata

Prema vrsti ovog uticaja mogu se razlikovati dvije grupe legirajućih elemenata. Legirajući elementi kao silicij, krom, volfram, molibden, titan, vanadij i aluminij, pomjeraju α/γ -tačku preobražaja ka nižim temperaturama. Posljedica je snižavanje oblasti egzistencije austenita. Legure sa višim koncentracijama tada se čisto feritne, od niskih temperatura sve do tačke topljenja. To što kod ovih feritnih čelika izostaje α/γ -preobražaj, oni se ne mogu ni normalizovati, ni kaliti ni poboljšati. Zbog toga je u feritnim čelicima najčešće prisutno grubo zrno. Poznati predstavnik feritnih čelika je transformatorski čelik sa oko $0,05\%$ ugljika i 3 do 4% silicija. Kod poluferitnih čelika samo jedan dio mikrostrukture sastoji se od ferita koji se ne može transformisati, a koji se, za razliku od ferita koji se može transformisati označava kao δ -ferit. Ostatak mikrostrukture se na višim temperaturama sastoji od austenita ili poslije hlađenja na sobnim temperaturama od perlita, martenzita ili takođe od austenita. Legirajući elementi, kao mangan i nikl pomjeraju, slično ugljiku i azotu, α/γ tačku preobražaja željeza ka nižim i γ/δ tačku ka višim temperaturama. Time se proširuje oblast egzistencije austenita, ali se snižava oblast α i δ željeza. Kod ovakvih austenitnih čelika, izostaje α/γ -preobražaj, te se ovi čelici zbog toga nemogu ni normalizovati, ni kaliti ni poboljšati. Usitnjavanje zrna kao i kod feritnih čelika moguće je samo plastičnom deformacijom sa kasnijim rekristalizacionim žarenjem. Međutim, kod austenitnih čelika postoji znatno manja opasnost od stvaranja grubog zrna nego kod feritnih pošto je temperatura rekristalizacije austenita viša nego kod ferita. Austenitni čelici odlikuju se niskim naponom tečenja i visokom sposobnošću ojačavanja pri hladnoj deformaciji. Ako se čelik istovremeno legira sa elementima prve i druge grupe, nemogu se izvući zaključci o tipu legure. Uticaji različitih legirajućih elemenata nemogu se jednostavno sabrati, pošto se pojedini sastojci, u ovom slučaju ponašaju suprotno svom dejstvu u željezu. Stvaranje čvrstih rastvora željeza sa raznim legirajućim elementima uslovljava porast tvrdoće i čvrstoće ferita. Tabela daje nekoliko podataka o povećanju tvrdoće binarnih legura željeza bez ugljika, u meko žarenom stanju. Tvrdoća po Brinellu binarnih čvrstih rastvora α -željeza.

Tabela.1. Tvrdoća po Brinellu binarnih čvrstih rastvora α -željezo (HB u N/mm²)[1]

Legirajući elementi u α -željezu [%]		Sadržaj u α željezu [%]					
		0	2	4	6	10	20
Silicij	Si	600	1500	2200	-	-	-
Mangan	Mn	600	1200	1700	2100	-	-
Nikl	Ni	600	1000	1200	1400	1700	2300
Molibden	Mo	600	900	1050	1200	1450	2000
Volfram	W	600	800	900	1000	1150	1500
Krom	Cr	600	750	850	950	1100	1350

Ako legura, pored željeza i legirajućih elemenata sadrži još i ugljik, tada osim zamjene željeza dodatnim elementom, odigrava se još i reakcija između cementita i dodatog elementa, odnosno između ugljika i dodatog elementa. Prema vrsti i količini legirajućih elemenata, mogu se obrazovati različiti tipovi karbida. Kod legirajućih elemenata u čelicima sa ugljikom mora se praviti razlika između onih koji pretežno ulaze u čvrste rastvore, kao silicij, nikl, kobalt, bakar, aluminij (dijelom i mangan) i takvih koji su uglavnom skloni stvaranju karbida kao krom, volfram, molibden, vanadij, titan (dijelom i mangan). Prema sadržaju ugljika mijenja se raspodjela legirajućih elemenata između osnove i izdvojenih karbida. Pri nižem sadržaju ugljika stvara se manje karbida nego pri višem sadržaju. Termičkom obradom se također može dosta uticati na raspodjelu legirajućih elemenata između osnove i karbida. Povišenjem temperature raste rastvorljivost ugljika, odnosno karbida u osnovi. Pri bržem hlađenju sa visokih temperatura raste rastvorljivost ugljika, odnosno karbida u osnovi. Pri bržem hlađenju sa visokih temperatura dobije se zbog toga osnova bogata legirajućim elementima. Međutim, pri laganom hlađenju ili otpuštanju izdvajaju se karbidi i dobija se osnova siromašnija legirajućim elementima. Najznačajniji uticaj legirajućih elemenata, koji dolazi do izražaja u tehničkoj primjeni, sastoji se u smanjivanju brzine difuzije ugljika u α i β čvrstom rastvoru. Promjena faza dešava se laganije u legiranim čelicima nego u nelegiranim. Preobražaj austenita čak i pri relativno laganom hlađenju ne dolazi prvenstveno u perlitnoj oblasti kao kod ugljičnih čelika, već tek u beinitnoj ili čak martenzitnoj oblasti. Austenit je postao stabilniji zbog sadržaja legirajućih elemenata i neophodno je jače podhlađenje da bi se izazvalo razlaganje. Neposredna posljedica usporavanja transformacije austenita je smanjenje kritične brzine hlađenja kod legiranih čelika.

Napomena: U svim slučajevima temperature kaljenja je iznosila 950° .
Tabela .2. Kritična brzina hlađenja legiranih čelika (između 800 i 700°C)

Cu%	Legirajući element		V u $^{\circ}\text{C/s}$
	%	Simbol	
0,40			600
0,42	0,55%	Mn	550
0,40	1,60%	Mn	50
0,35	2,20%	Mn	8
0,42	1,12%	Ni	450
0,52	3,12%	Ni	180
0,40	4,80%	Ni	85
0,55	0,56%	Cr	400
0,48	1,11%	Cr	100
0,52	1,96%	Cr	22
0,38	2,64%	Cr	10

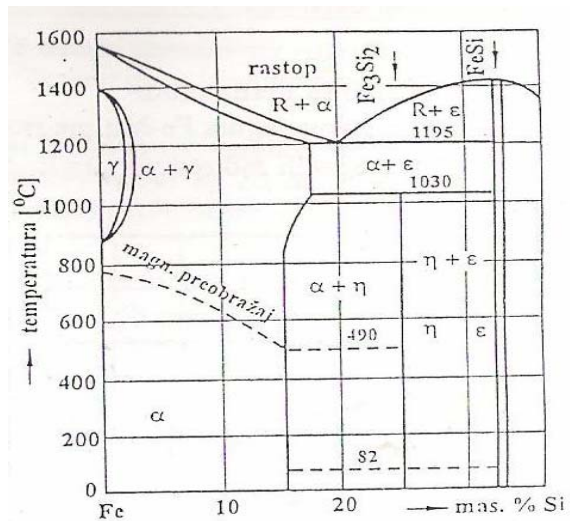
Sadržaj ugljika kod ovih čelika odgovara uobičajenim vrijednostima kod čelika za poboljšanje. Pošto se legirajućim elementima smanjuje kritična brzina hlađenja, legirani čelici sa odgovarajućim sadržajem ugljika postižu punu tvrdoću martenzita već pri blažem kaljenju (u ulju), što kod ugljičnih čelika nije slučaj. Kod viših sadržaja ugljika i legirajućih elemenata dolazi do stvaranja martenzita već pri hlađenju na zraku. Ovi čelici, u slučaju da ih treba mašinski obraditi skidanjem strugotine, moraju biti prethodno meko žareni. Dalja posljedica snižavanja kritične brzine hlađenja je povećanje prokaljivosti legiranih čelika u odnosu na ugljične.

Tabela.3. Karakterističan sadržaj legirajućih elemenata nekih čelika [1]

%	Nikl	Molibden	Vanadij	Volfram	Bakar	Aluminij
60	Materijali za toplotne provodnike					
50						
40	Čelici sa specijalnim termičkim svojstvima					
30						
20	Otporni prema alkalnim rastopima					
18						
16						
14	Austenitni Cr-Ni čelici			Brzorezni čelici		
12						
10						
8						
6						
5	Gornja granica u uobičajenim čelicima za poboljšanje	V 14 supra	Gornja granica u brzoreznim čelicima			
4						
3	Konstruk. čelici žilavi na niskim temp. Ni-čel. liv		Brzorezni čelici		Austenitni čelici	Vatrootporni čelični liv
2	Čelici za cementaciju	Povišena otpornost na koroziju		Povećana vatro-otpornost		Materijal za toplotne provodnike
1,0	Povećano dejstvo poboljšanja granica legiranja	Vatrootporni konstrukcioni čelici	Povećana vatro-otpornost		masovni čelici povišene čvrstoće, otporni na atmosfer. (sa dodatkom Ni)	
0,8						
0,6	Često u čeličnim otpacima					
0,4			Granica legiranja za dezoksidaciju i usitnjavanje zrna		(bez dodatakaNi) obično iz čeličnih otpadaka	
0,2				Granica legiranja		

1.2. Čelici sa silicijem

Tehnički silicijevi čelici sadrže između 0,5% i 4,5% silicija. Silicij znatno snižava tačku topljenja željeza. Zbog sužavanja γ -oblasti, tačke preobražaja su pomjerene ka višim temperaturama i to 1% silicija izaziva povišenje za 50 $^{\circ}\text{C}$. Ovo pogoduje stvaranju grubog zrna pri žarenju, rekristalizaciji i kaljenju. Pri višim sadržajima silicija atomi u kristalnoj rešetki zauzimaju pravilan raspored i stvara se superstruktura. Proces sređivanja izaziva povišenje električne provodljivosti i veliko povećanje krtosti. Legure Fe-Si sposobne su za deformaciju u hladnom stanju do 3% Si a do 7% Si mogu se prerađivati u toplom stanju, ali veoma loše. Od 10% Si praktično prestaje sposobnost plastične deformacije. Zatezna čvrstoća i napon tečenja čelika dodatkom silicija se povisuje, i to za oko 100 N/mm² za svaki 1% Si, pri čemu se do 2,2% Si izduženje samo malo snižava. Dubina kaljenja, odnosno prokaljivost čelika, dodatkom silicija se poboljšava kao i otpornost na habanje. U slučaju da čelik sadrži još i krom i aluminij, dodatak silicija djeluje u pravcu veće postojanosti na oksidaciju na povišenim temperaturama. Zbog spriječavanja difuzije ugljika pri otpuštanju, silicij smanjuje sposobnost izdvajanja i koagulacije cementita iz martenzita i time poboljšava postojanost pri otpuštanju. Za datu tvrdoću i čvrstoću, granica elastičnosti i napon tečenja su znatno viši nego kod ugljičnih čelika. Zbog toga čelici legirani sa silicijem imaju široku primjenu kao opružni čelici. Tehnički važan uticaj silicija sastoji se u tome što jako povećava električnu otpornost željeza. Gubici snage pri namagnetisanju, time se znatno smanjuju, tako da se legirani čelici do 4% silicija primjenjuju za dinam i transformatske limove. Čelici sa sadržajem od 4% silicija već su prilično kruti i pri oblikovanju skloni interkristalnom prskanju. Zbog toga se limovi ne valjaju na sobnoj temperaturi već na 200 do 300 $^{\circ}\text{C}$. U ovoj temperaturnoj oblasti trafo-limovi mogu se dobro plastično deformisati.

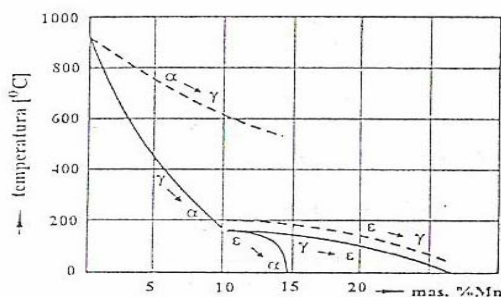


Slika 40. Ravnotežni dijagram stanja željezo-silicij

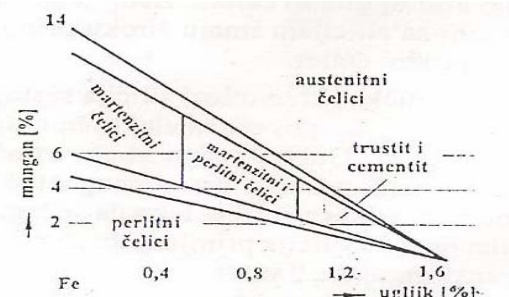
2.1. Čelici sa manganom

Prema ovom dijagramu kod manganskih čelika uglavnom se mogu razlikovati tri grupe:

- perlitni čelici, kod niskih sadržaja mangana
- martenzitni čelici, kod srednjeg sadržaja mangana



Slika 41. Dijagram stanja legure željezo-mangan za tehničke brzine hlađenja



Slika 42. Mikrostrukture koje se javljaju u manganskim čelicima (prema Guilletu)

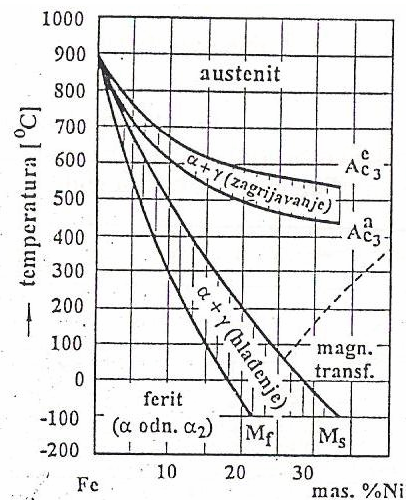
- austenitni čelici, kod visokih sadržaja mangana

Tehnički značaj ima samo feritno-perlitna, odnosno perlitna i austenitna grupa. Čelik sa 2% do 10% mangana ne nalazi primjenu zbog svoje krtosti. Zatezna čvrstoća i napon tečenja čelika povisuje se sa manganom, i to 100N/mm² za 1% mangana, a izduženje malo opada. Mangan otežava može se kaliti na zraku. Poboljšanje prokaljivosti takođe se odražava u činjenici da manganski čelici, u caljanom i normalizovanom stanju, pokazuje dobre karakteristike čvrstoće pri zadovoljavajućim vrijednostima žilavosti. Manganski konstrukcioni

čelici, naručito ako su u poboljšanom stanju, imaju bolju zateznu čvrstoću, napon i udarnu žilavost nego ugljični čelici osjetljivi su na pregrijavanje, pošto se mješoviti karbidi (Fe, Mn)₃C brže rastvaraju u austenitu nego karbid željeza Fe₃C i skloni su otpusnoj krтости. Najvažniji manganski čelik je tzv. Hatfieldov čelik sa 1,2 do 1,4% ugljika i 12 do 14% mangana. Njegove specifične osobine su visoka sposobnost ojačavanja i zbog toga otpornost na habanje, mala tvrdoća, nizak napon tečenja. Obrada skidanjem strugotine može se izvesti samo primjenom tvrdih metala ili brušenjem. Zbog toga se oblikovanje obavlja pretežno livenjem. Zbog visoke otpornosti na habanje od Hatfieldovog čelika se izrađuju dijelovi izloženi visokom naprezanju za bagere, drobilice skretnice i slično, stvaranje perlita, a olakšava beinitnu transformaciju. Čelik sa 2% do 3% mangana već poslije normalizacije pokazuje beinit. Najvažnija osobina mangana je smanjenje kritične brzine hlađenja, a s tim vezi povećava se prokaljivanje. U slučaju malih presjeka, čelik sa 2% mangana.

2.2. Čelici sa niklom

U legurama sa oko 6% nikla transformacija se odigrava kao i kod običnih čelika, tj. Javlja se feritna struktura, a u slučaju da je prisutan ugljik, perlitna. Tako je čelik sa 5% nikla i 0,12% ugljika žilav na niskim temperaturama. Legure sa oko 6% do 30% nikla nazivaju se ireverzibilne legure, pošto znatan histerezis između temperaturnih preobražaja pri zagrijavanju i hlađenju omogućava da se jedan čelik pri istoj temperaturi unutar područja histerezisa dobije u dva različita strukturalna stanja (zagrijavanje-hlađenje). U čelicima se nikl pretežno nalazi u čvrstom rastvoru. Dio nikla ulazi u karbid željeza i snižava njegovu stabilnost, tako da se u slučaju većih sadržaja nikla pri žarenju lako može obrazovati grafit. U čelicima se ne javlja specijalni karbid nikla. Nikl posebno povećava žilavost, čak i pri niskim temperaturama, a također, i prokaljivost. Smanjuje prema pregrijavanju i ometa rast zrna. Niklovi čelici nisu skloni povećanju krтости pri otpuštanju, a odlikuju se i postojanošću na starenje

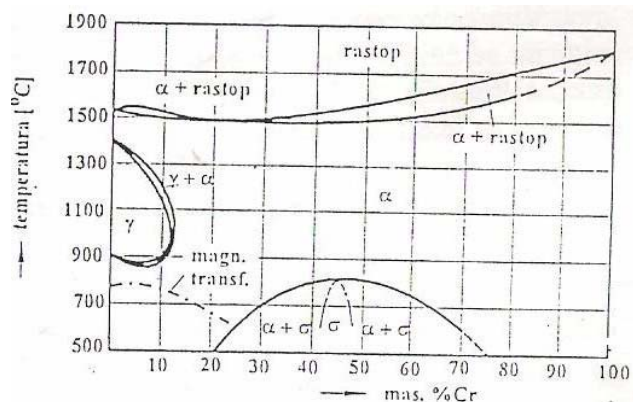


Slika 43. Realni dijagram stanja željezo-nikl

3. Čelici sa kromom

Kromni čelici sadrže od 0,3 do 30% kroma. Željezo i krom grade na visokim temperaturama neprekidan niz prostorno centriranih kubnih α-čvrstih rastvora. Legure Fe-Cr u oblasti srednjih koncentracija, poslije brzog hlađenja također su feritne. Ali ako se legure vrlo polako hlade sa temperature iznad 1000 °C ili žare duže vrijeme na 600 do 800 °C stvara se novi, tvrdi i kruti strukturalni konstituent, intermetalno jedinjenje Fe-Cr (α-faza).

Sa pojavom jedinjenja FeCr, legura postaje krta i tehnički neupotrebljiva. Jednom izdvojeni FeCr može žarenjem na 1200 °C ponovo da se prevede u rastvor, a poslije brzog hlađenja dobija se ponovo feritna struktura. Zatezna čvrstoća čelika se sa sadržajem od 1% Cr povisuje za 80 do 100 N/mm², dok izduženje opada samo za 1,5%. Krom snižava kritičnu brzinu hlađenja i na taj način znatno povećava prokaljivost. Pri višim sadržajima kroma čvrstoća na povišenim temperaturama, odnosno postojanost pri otpuštanju jako raste. Zajedno sa silicijem i aluminijem, krom povećava vatropostojanost čelika. Kromni čelici su skloni krтости pri otpuštanju i stvaranju bijelih pjega. Pri više od 12% kroma uz pretpostavku da je nizak sadržaj ugljika, naglo se povećava koroziona postojanost prema



Slika 45. Dijagram stanja željezo-krom

vodi, raznim kiselinama i vrućim plinovima. Zbog odlične korozivne postojanosti i legirani čelici za poboljšanje sa većim sadržajem kroma (na primjer čelik x20Cr13 sa 0,20% C i 13% Cr) primjenjuju se za izradu lopatica za turbine, klipnih poluga, dijelova pumpi i slično. Najvažniji kromom legirani alatni čelik je čelik za kotrljajne ležaje, 100 Cr6, sa 1% C i 1,5% Cr. Ovaj čelik u kaljenom stanju ima visoku tvrdoću (HRC=65), otpornost prema habanju i elastičnost. Visoka korozivna otpornost legure Fe-Cr sa više od 12% kroma dovela je do toga da se čelični dijelovi po površini legiraju kromom i na taj način čine otpornim prema koroziji (kromiranje).

4. ZAKLJUČAK

Velika primjena čelika u savremenoj civilizaciji osniva se na njegovim svojstvima (čvrstoća, tvrdoća, duktilnost, elastičnost, otpornost prema koroziji i toplini, magnetska permeabilnost, toplinska vodljivost i dr.), koje se ne mogu postići drugim, jednako pristupačnim i jeftinim materijalima. Ako je maseni udio legirajućih elemenata veći od masenog udjela željeza, ili se željezo nalazi samo u tragovima, onda ne govorimo o čeliku već o novim tipovima legura. Nevjerovatan raspon i fleksibilnost osobina (uz pomoć legiranja, termičke obrade i plastične obrade) kao i relativno niska cijena proizvodnje čine ga i dalje najrasprostranjenije korišćenim metalnim materijalom. Čelik, na primjer, može biti vrlo mek i kao takav izuzetno pogodan za duboko izvlačenje (pravljenje limenki, konzervi itd.). Nasuprot tome čelik može biti vrlo tvrd i krk kao na primjer kod martenzitnih čelika koji se koriste za sječiva. Osobine čelika kao što su tvrdoća, duktilnost, zatezna čvrstoća mogu se kreirati i kontrolisati u veoma širokom spektru, što čelik čini osnovnim metalnim konstrukcionim materijalom.

5. LITERATURA

1. Ashby F.: Physical modelling of materials problems, Materials Science and Technology, Feb. 1992
2. Bator D.: Mehanička svojstva kompozitnih materijala, Zagerb 1991.
3. Berchem R.: Jurgener-Keramik im parktschen Einsatz, Jurgener Werkstoffe, 1990
4. Brandis H.: Sbyra W.: Steinen A. : Technologische Eigenschaften Eines neuen chromhaltigen martensitaushärtenden Stahles, Thyssen Edelstahl-Techn. Berichte, 1978.
5. Briant C.L.: Sulphure Segregation on the Iron Grain Boundary, Acta Metallurgica (1985)
6. Đukić V.: Metalni materijali, Naučna knjiga, Beograd, 1995.
7. Filetin T.: Zgaga R. : Idejni i izvedbeni projekti specijaliziranog sistema, Materijali i proizvodi, Zagreb 1989.
8. Fridrich K.: Friction and Wear of polymer composites, Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo, 1986.
9. Goldštejn V.J.: Gračev S.V. ; Veksler Ju.G. : Specialljnie Stali, Metallurgija, Moskva 1985.
10. Hong-Rong Lin, Gwo – Hwa Cheng: Hardenability effect of boron on carbon steels, Materials Science and Technology, October 1987. Vol. 855-859.
11. Hornbogen E. : Werkstoffe, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 1979.
12. Hrivnjak I.: Zavarljivost čelika, IRO „Građevinska knjiga“, Beograd 1982.
13. Ivušić V.: Uticaj mikrostrukture materijala na otpornost abrazijskom trošenju, Strojstvo, 1988.
14. Ivušić V.: Tribological Requirements on Materijals in Design, Zbornik ICED, Dubrovnik, 1990.
15. Izvještaj selektivnog zadatka: „ Istraživanje i razvoj sistema sirovine i materijali“, Ministarstvo znanosti RH, 1992/93.
16. Komac M.: Konstrukciona keramika, Tehnologija i razvoj, VIII. Poglavlje Publikacije Savremeni industrijski materijali, Beograd 1989.
17. Pavlović P.: Materijal Čelik, SKHT, Zagreb, 1990.
18. [Rhines F.: Microstruktology, Stuttgart, 1986.
19. Spur G.: Materialtechnik – 5. Vorlesung TU Berlin, 1991.

TOPLOTNE OSOBINE KERAMIČKIH MATERIJALA

Samir Spahić
Dr. Nađija Haračić, v. prof.
Univerzitet u Zenici
Mašinski fakultet

REZIME

Keramika kao nemetalni materijal uz kompozite i plastike čini okosnicu razvoja novih, savremenih materijala pa se već danas neke konstrukcije ne mogu ni zamisliti bez keramičkih materijala. Savremena keramika obuhvata proizvode namijenjene za elektrotehniku: grijne elemente, poluprovodnike, izolatore, lasere, keramičke zaptivke. U mašinstvu je objavljen eksperimentalni primjer termičke izolacije komore za sagorijevanje pozivajući se na veoma visoku otpornost keramike na visoke temperature i veoma dobru toplotnu izolaciju.

U ovom radu su na osnovu literarnih podataka, obrađene neke, najvažnije toplotne osobine keramičkih materijala o kojima se mora voditi računa pri proizvodnji zbog zadovoljavanja zahtjeva koji se postavljaju u pogledu keramičkih materijala.

Ključne riječi: toplotna provodljivost, koeficijent širenja materijala, specifična toplota, toplotni kapacitet, otpornost na toplotni šok

UVOD

Keramički materijali (keramika: *keramikos* – κεραμικός, grčki) su složeni kemijski spojevi, koji sadržavaju kovine i anorganske elemente. Tehnička keramika su nemetalni materijali proizvedeni u obliku finog praha pomiješanog sa vezivom, koji se zatim oblikuju različitim postupcima i na kraju sintetiziraju pri visokim temperaturama. U odnosu prema metalnim materijalima tehnička keramika ima sljedeće prednosti: višu tvrdoću, višu zateznu čvrstoću naročito na povišenim temperaturama, viši modul elastičnosti, bolja izolacijska svojstva, dugoročnija i sigurnija nabavka sirovina. Granica između kovine i keramike se najlakše definira pomoću temperaturnog koeficijenta električne otpornosti. Kod keramičkih materijala ovaj koeficijent ima negativan predznak dok za kovine ima pozitivan predznak. Primjena keramike varira od keramičkih pločica, lončarske robe, cigle, odvodnih cijevi, posuđa (tradicionalna keramika) do vatrostalnih materijala, magneta, električnih uređaja, vlakana i abrazivnih materijala (tehnička keramika).

1.1. Osobine keramika

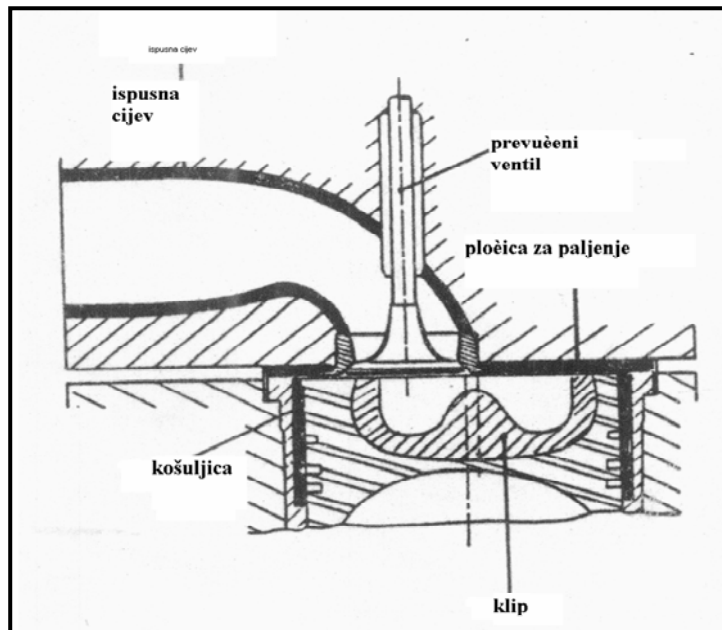
Zbog svojih ionskih i kovalentnih veza, keramika je obično tvrda, krta, ima visoku temperaturu taljenja, nisku električnu i toplinsku vodljivost, dobru kemijsku i toplinsku stabilnost i visoku tlačnu čvrstoću. Keramike mogu biti jednostavni monofazni materijali ili složeni materijali. Najčešći tip monofazne keramike su aluminijev oksid (Al_2O_3) i magnezijev oksid (MgO). Složeni (višeslojni) keramički materijali su kordierit (magnezijev alumosilikat), forsterit (magnezijev silikat). Prema makrostrukтури postoje tri tipa keramike: kristalična sa staklenom matricom, kristalična (nekad se naziva holokristalna) i stakla [1].

1.2. Primjena keramike

Savremena keramika obuhvata proizvode namijenjene za elektrotehniku: grijne elemente, poluprovodnike, izolatore, lasere, keramičke zaptivke. U mašinstvu je objavljen

eksperimentalni primjer termičke izolacije komore za sagorijevanje pozivajući se na veoma visoku otpornost keramike na visoke temperature i veoma dobru toplotnu izolaciju. Svemirska letjelica, Space Shuttle ima toplotnu izolaciju od 25 000 lakih, poroznih keramičkih pločica, koje joj štite aluminijsku oplatu od prekomjernog grijanja pri prolazu letjelice velikom brzinom kroz Zemljinu atmosferu.

Slika 1. pokazuje područje primjene u motorima pozivajući se na visoku otpornost na habanje koja je ilustrovana razvojem poluge (ležišta) vibracionog ventila ili pločice potiskivača koja tare o bregasto vratilo.



Slika.1. Termička izolacija komore za sagorijevanje [2]

Ove keramičke izvedbe su osamdesetih godina instalirane, samo za istraživanja o tehnikama spajanja i umetanja gvožđa ili legura aluminijuma što se tiče masivne keramike. Jedan drugi oblik razvoja keramika sastoji se u njihovom korištenju u obliku vlakana, kratkih ili dugih, usmjerenih ili ne. Ovo je pokazano primjenom kod klipa "Toyote": Jedan "filc" od kratkih vlakana je smješten u zonu segmenta za paljenje u matrici; intimna veza je osigurana zahvaljujući savršenosti već relativno stare, ali slabo eksploatisane, tehnike livenja lakih metala; zatim slijedi kovanje u tjestastom stanju poslije livenja tečnog metala (Squeeze casting). Ova tehnika koja se još usavršava, uz prisustvo vlakana za ojačavanje, treba da omogući proizvodnju zupčastih kruništa visokog kvaliteta postignutog osim ojačavanjem vlaknima, izostajanjem livačkih grešaka, bez nedostataka ekonomike otkovka [1].

2. GLAVNE TOPLOTNE OSOBINE KERAMIKA

2.1. Toplotna provodljivost

Toplotna provodljivost materijala je mjera njegove sposobnosti da prenosi toplotu i definirana je kao

$$q = -k \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

gdje je:

k-termalna provodljivost u W/m

q-toplotni fluks u W/cm²

dT/dx - toplotni gradient u °C/m, u stabilnom stanju

Negativan predznak ukazuje da toplota teče od područja sa višom temperaturom ka području sa nižom temperaturom. Toplotnoj provodljivosti doprinose dva faktora: kretanje slobodnih elektrona i vibracije rešetke ili fononi.

Kada se materijal lokalno zagrije, kinetička energija slobodnih elektrona u blizini toplotnog izvora poraste, uzrokujući kretanje elektrona ka hladnijim područjima. Ovi elektroni se sudaraju sa atomima i pri tome gube energiju. Rezultat ovoga je da se toplota prenosi od izvora ka hladnijim oblastima. Porast temperature povećava frekvenciju vibracija koje prenose fonone, odnoseći energiju od izvora. Toplotna provodljivost je zbir međudjelovanja ova dva parametra:

$$k = k_p + k_e \quad (2)$$

k_p - doprinos fonona

k_e - doprinos elektrona.

U keramikama za prenos toplote su uglavnom zaduženi fononi, a toplotna provodljivost je uglavnom niža iste kod metala.

Kristalne strukture poput aluminija i berilija su bolji prenosnici toplote od amorfni struktura poput stakla. Organski materijali su električni izolatori i veoma amorfni te stoga i veoma slabi provodnici. Nečistoće i drugi defekti u keramikama smanjuju toplotnu provodljivost uzrokujući da fononi imaju više sudara, te tako smanjuju mobilnost i sposobnost da prenose toplotu od izvora:

$$k_T = P_1 k_1 + P_2 k_2 \quad (3)$$

gdje je

k_T – ukupna toplotna provodljivost

P_1 - volumni sadržaj prvog materijala u decimalnom obliku

k_1 – toplotna provodljivost prvog materijala

P_2 - volumni sadržaj drugog materijala u decimalnom obliku

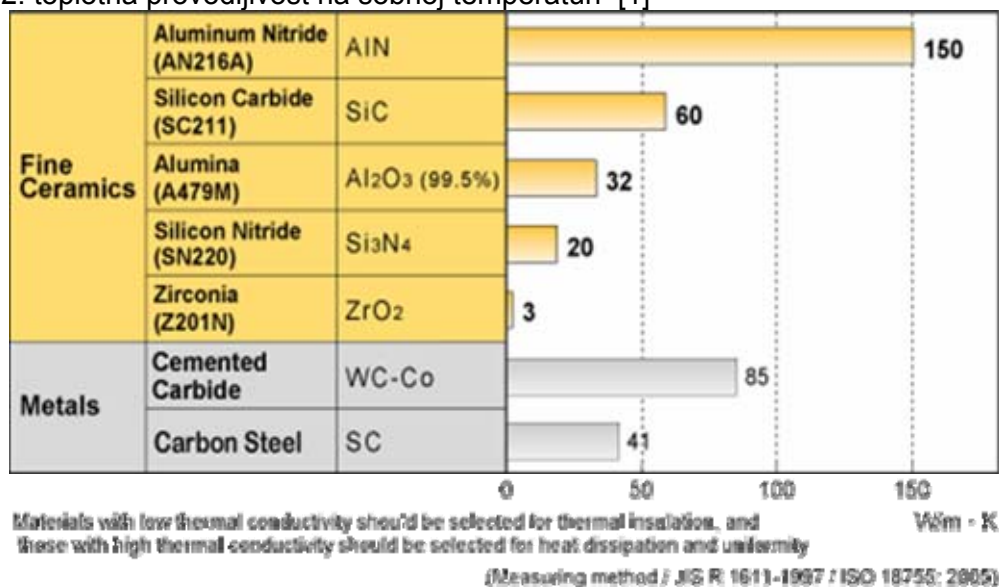
k_2 - toplotna provodljivost drugog materijala.

Ovo je ilustrovano u tabeli 1., koja pokazuje toplotnu provodljivost aluminija u zavisnosti od sadržaja stakla.

Tab.1. toplotna provodljivost aluminija sa različitim koncentracijama [1]

VOLUMNI UDIO ALUMINIJA	TOPLOTNA PROVODLJIVOST
85	16,0
90	16,7
94	22,4
96	24,7
99,5	28,1,
100	31,0

Tabela 2. toplotna provodljivost na sobnoj temperaturi [1]

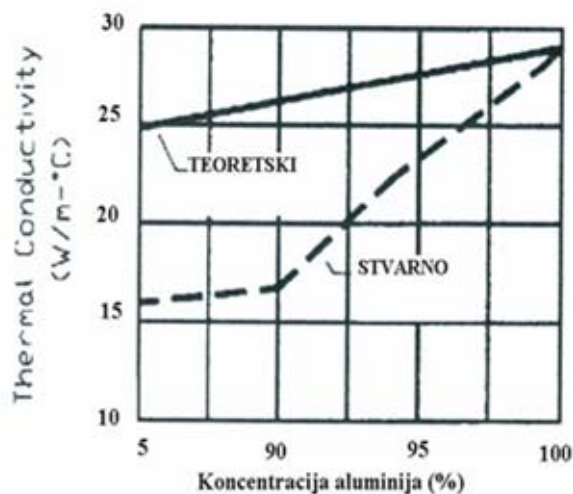


* Materijale sa niskom toplotnom provodljivošću treba birati za toplotnu izolaciju, a one sa visokom toplotnom provodljivošću treba izabirati u slučaju jednolikog rasipanja toplote.

Ako temperatura sredine poraste, broj sudara poraste, a provodljivost većine materijala opada. Čisti aluminij ima toplotnu provodljivost 31 W/m·°C.

Tabela 3. približna toplotna provodljivost vs. temperatura za odabrane keramičke materijale (binomni odnos) [1]

MATERIJAL	KONSTANTA	T KOEFICIJENT	T ² KOEFICIJENT
SiC	285	-1,11	1,55 x10 ⁻³
BeO	275	-1,10	1,06 x10 ⁻³
AlN (čisti)	271	-0,60	3,81 x10 ⁻⁴
AlN (1. klasa)	210	-1,39	3,45 x10 ⁻³
AlN (2. klasa)	185	-1,37	4,40 x10 ⁻³
BN (okomiti)	73	-0,06	2,17 x10 ⁻⁴
Al ₂ O ₃ (99%)	34	-0,12	2,00 x10 ⁻⁴
Al ₂ O ₃ (96)	17	-0,07	5,70 x10 ⁻⁵



Slika 2. toplotna provodljivost aluminija u zavisnosti od koncentracije (teoretski i stvarni grafik) [1]

2.2. Specifična toplota

Specifična toplota c je definirana kao količina toplote koja je potrebna da se temperatura jednog grama materijala poveća za jedan stepen, sa jedinicom watt-s/gm·°C. Specifična toplota je prema tome, data izrazom:

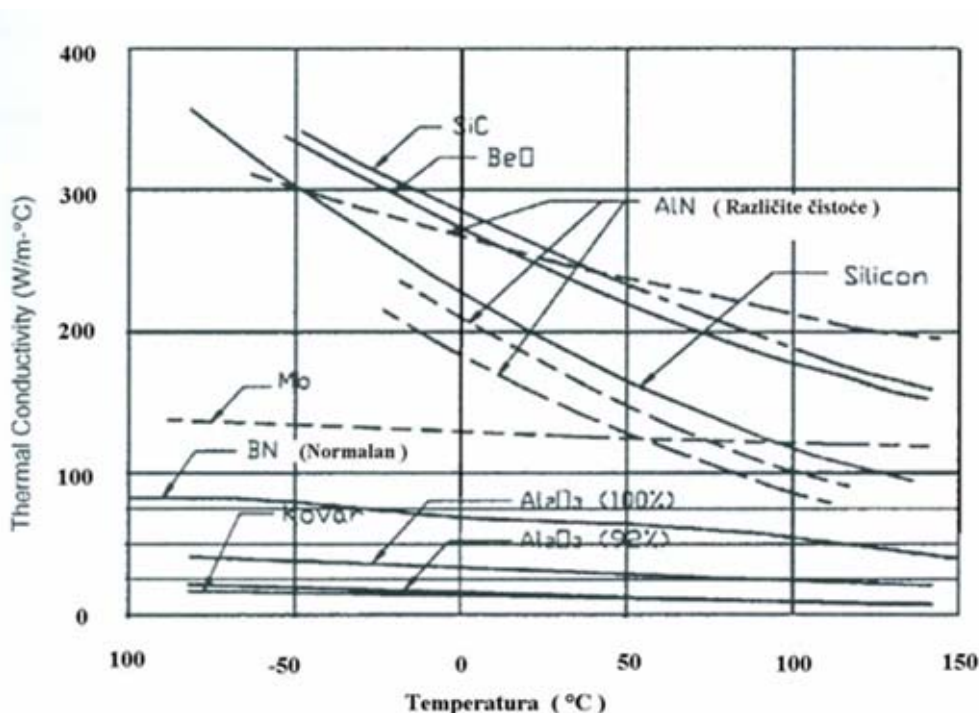
$$c = dQ/dT \quad (4)$$

gdje je:

c - specifična toplota u W-s/g·°C

Q - energija u W

T - temperatura u °K.



Slika 3. toplotna provodljivost u zavisnosti od temperature za odabrane materijale [1]

Pod specifičnom toplotom se ovdje misli na onu c_v mjerenu pri konstantnoj zapremini, suprotno specifičnoj toploti, c_p mjerenoj pri konstantnom pritisku. Specifična toplota je prvenstveno rezultat povećanja vibracione energije zagrijanih atoma i ona kod većine materijala raste sa porastom temperature, do temperature koja se zove Debye-eva na kojoj specifična toplota postaje nezavisna od temperature.

Toplotni kapacitet, C , je sličan po formi, s tim što je on definiran izrazom kao količina toplote za podizanje temperature jednog mola materijala, za jedan stepen sa jedinicom watt-s/mol-°C.

2.3. Temperaturni koeficijent širenja (TCE)

Temperaturni koeficijent širenja (TCE) proističe iz asimetričnog porasta međuatomskog prostora kao rezultat povećanja toplote. Većina metala i keramika pokazuje linearan, izotropan odnos od porasta temperature, dok neke plastike mogu biti anizotropne po prirodi. TCE se definira kao:

$$\alpha = \frac{l(T_2) - l(T_1)}{l(T_1)(T_2 - T_1)} \quad (5)$$

gdje je

α - temperaturni koeficijent širenja u ppm/°C⁻¹

T_1 - početna temperatura

T_2 - krajnja temperatura

$l(T_1)$ - dužina pri početnoj temperaturi

$l(T_2)$ - dužina pri krajnjoj temperaturi

Temperaturni koeficijent širenja većine keramika je izotropan. Za određene kristalne ili monokristalne keramike, TCE može biti anizotropan, a druge mogu čak da se skupljaju u jednom pravcu, a šire u drugom pravcu. Keramike korištene za supstrate uglavnom ne spadaju u ovu kategoriju, pošto se većina miješa sa staklima u procesu pripreme i kao rezultat ne pokazuju anizotropne osobine.

Tabela 4. temperaturni koeficijent širenja [4]

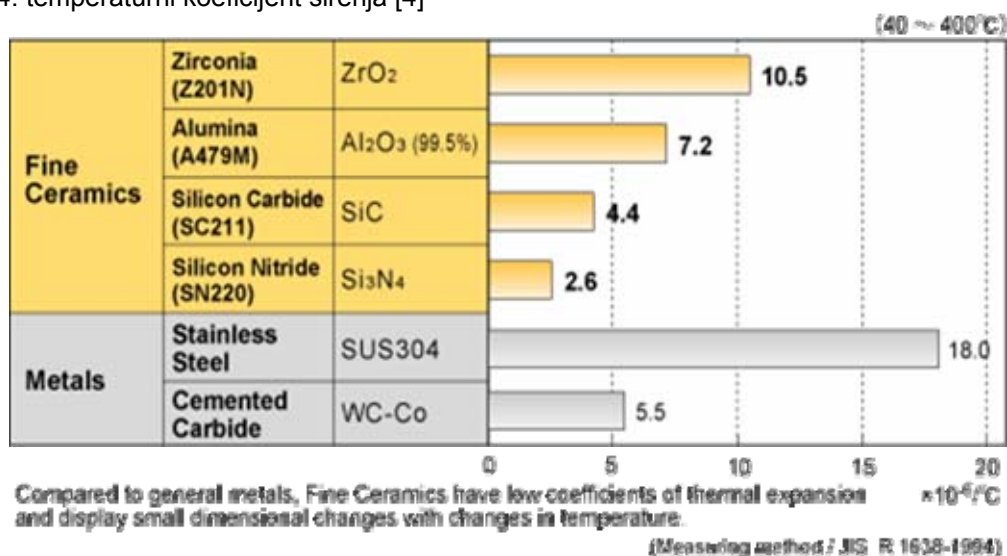


Tabela 5. temperaturni koeficijent širenja (tce) za odabrane materijale [1]

MATERIJAL	Toplotni koeficijent širenja (TCE)
Aluminij (96%)	6.5
Aluminij (99%)	6.8
BeO (99.5%) :	7.5
Paralelni	0.57
Uzastopni	- 0.46
Aluminij nitrid	4.4
Dijamant, tip IIA	1.02
AlSiC (70% SiC)	6.3

2.4. Otpornost na nagle promjene temperature

Temperaturna otpornost keramika mjeri se temperaturom topljenja i nivoom otpornosti na nagle promjene temperature (termalni šok). Otpornost materijala na termalni šok odnosi se na njegovu sposobnost da izdrži brze promjene temperature. Temperaturni šok se događa kada je materijal izložen temperaturnim ekstremima u kratkom vremenskom periodu. Pod ovim uslovima materijal nije termalno stabilan i unutrašnji naponi mogu biti dovoljni da izazovu pukotinu. Sposobnost materijala da trpi termalni šok je funkcija nekoliko promjenjivih uključujući toplotnu provodljivost, koeficijent širenja i specifičnu toplotu. Winkleman i Cchott razvili su parametar nazvan koeficijent termalne izdržljivosti, koji mjeri sposobnost materijala da podnosi toplotni stres:

$$F = (P/\alpha Y) \times (\sqrt{k/qc}) \quad (6)$$

Gdje je:

F- koeficijent termalne izdržljivosti

P- pritisak u MPa

α- termalni koeficijent širenja u 1/K

Y- modul elastičnosti u MPa

k- toplotna provodljivost u W/m-K

q-gustoća u kg/m³

c- specifična toplota u W-s/kg-K.

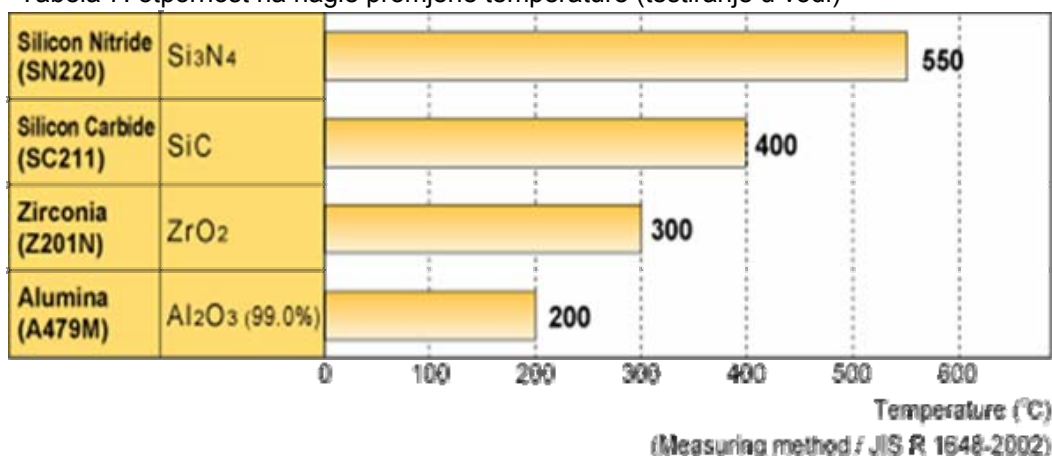
Faktor toplotne izdržljivosti je zavisan od temperature preko nekoliko varijabli, prije svih termalna provodljivost i specifična toplota su funkcije temperature. Koeficijenti termalne izdržljivosti za nekoliko materijala prikazani su u tabeli 6.

Tabela 6. faktor toplotne izdržljivosti za odabrane materijale na 25°C [1]

MATERIJAL	FAKTOR TOPLOTNE IZDRŽLJIVOSTI	MATERIJAL	FAKTOR TOPLOTNE IZDRŽLJIVOSTI
Aluminij (99%)	0.640	Aluminij nitrid	2.325
Aluminij (96%)	0.234	Silikon karbid	1.40
Berilij (99.5%)	0.225	Dijamant (Tip IIA)	30.29

Iz tabele 6. se vidi veoma visok koeficijent toplotne izdržljivosti BN, koji je prije svega rezultat visokog odnosa pritiska i modula elastičnosti u odnosu na druge materijale. Za dijamant je takođe visok zbog visokog pritiska, visoke termalne provodljivosti i niskog koeficijenta termalnog širenja. Iz tabele 6 se takođe, vidi da faktor termalne izdržljivosti može naglo pasti kako odnos aluminijskog i stakla opada. Ovo je zbog razlike u provodljivosti i koeficijentu širenja aluminijskog i stakla koja povećava unutrašnji napon. Ovo takođe važi i za druge materijale. Silicijev nitrid, posebno toplotno otporan materijal, pokazuje nadmoćnu otpornost na „termalni šok“. Materijal je zagijan na 550°C i naglo ohlađen u vodi. Silicijev nitrid je zbog ovoga pogodan za primjene koje trpe ekstremne varijacije temperature i u visoko-temperaturnim procesima kao što su livenje metala i proizvodnja energije.

Tabela 7. otpornost na nagle promjene temperature (testiranje u vodi)



3. ZAKLJUČAK

U ovom radu su na osnovu literaturnih podataka, obrađene neke najvažnije toplotne osobine keramičkih materijala. Sve prikazane osobine su podjednako važne za keramiku, te se pri proizvodnji mora voditi računa o zadovoljavanju zahtjeva koji se pred materijal postavljaju. Keramika kao jedan od materijala koji sve više uzima maha, već danas se koristi kao dopuna nekim materijalima, dok se neke konstrukcije ne mogu zamisliti bez keramičkih materijala.

Trend rasta upotrebe nemetalnih materijala u dobroj mjeri se vidi i kod keramika koje uz kompozite i plastike čine okosnicu razvoja novih, naprednih materijala sa superiornim osobinama. U budućnosti se može očekivati samo još veća dominacija i potražnja za keramikom. Predviđanja u koje bi se sve svrhe mogla koristiti keramika, sa današnje tačke gledišta spadaju u domenu naučne fantastike, ali brzina usvajanja novih znanja na polju visoko kvalitetnih materijala mogla bi, prema predviđanja stručnjaka za materijale, za par godina donijeti fascinantne rezultate.

4. LITERATURA

- *** Handbook of materials for product design, Third Edition, McGraw-HillCompanies, Printed in the USA 2001.
- Haračić N.: Inženjerski metalni i nemetalni materijali, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet 2005.
- Čatović F.: Nauka o materijalima-Novi materijali-Polimeri-Keramike-Kompoziti, Mostar-Bihać,2001.
- *** Internet baze podataka

MOGUĆNOSTI EKSPLOATACIJE STIJENSKE MASE DIJABAZA NA LEŽIŠTU "KULUK" BEGOV HAN, OPĆINA ŽEPČE

DENIS VEJZOVIĆ, student

Fakultet za metalurgiju i materijale Univerziteta u Zenici, *Odsjek za nemetalne materijale*

NIHAD VEJZOVIĆ, dipl.ing. student PDS-a

Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici, *Odsjek za Inženjersku ekologiju*

„LIBOS“ doo Žepče, *Tehnički rukovodilac površinskog kopa*

vejzovicn@yahoo.com

UVOD

Ovo ležište magmatske stijene dijabaza okontureno je u odobrenom istražnom prostoru, površine cca 13.000 m² (1,3 ha), predstavlja dio dijabaz-rožne formacije stijenskog masiva nastalog u periodu Jure.

Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i obračunu rezervi dijabaza na lokalitetu „Kuluk“-Begov Han uradjen je u 2009.godini od stručne institucije i predstavljalo je osnovnu podlogu za izradu Glavnog rudarskog projekta. Na bazi izvršenih ispitivanja u domaćim i stranim Institutima a što se odnosi na: mineraloško-petrografska, fizičko-hemijska i geomehanička ispitivanja, ovi dijabazi se mogu koristiti u građevinarstvu, prvenstveno:

1. za izradu betonskih mješavina,
2. izradu asfalt-betona,
3. proizvodnju betonske galanterije,
4. izradu nosivih tamponskih slojeva za puteve,
5. izradu vezivnih maltera za zidanje i zapunjavanje,
6. primjenu sa ostalim građevinskim materijalima prema rezultatima istraživanja.

1. RUDARSKO-GEOLOŠKI DIO

Geologija i lokacija ležišta

Teren na kome je izvršeno istraživanje, prostire se na području opštine Žepče, lokalitet "Kuluk" u naseljenom mjestu Begov Han. Navedena lokacija je udaljena oko 10 km južno od grada Žepča. Ležište je ograničeno tačkama: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, sa koordinatama:

A	X 4 911 635	Y 6 499 717
B	4 911 540	6 499 877
C	4 911 435	6 499 750
D	4 911 376	6 499 837
E	4 911 269	6 499 815
F	4 911 147	6 499 762
G	4 911 069	6 499 651
H	4 911 120	6 499 627
I	4 911 171	6 499 675
J	4 911 276	6 499 694
K	4 911 634	6 499 724

Okontureni prostor ležišta datim koordinatama, je u cijelosti izgradjen od magmatske stijene dijabaza.

U litološkom pogledu ovo ležište čine mase dijabaza, koje su utvrdjene od nivoa 260 m koja je u stvari i nivo kote lokalnog puta sa kojeg se otvara ležište.

Navedeni površinski kop bazično-magmatske stijene dijabaza ima veoma povoljne komunikacijske prilike s obzirom da je povezan na magistralni put M17 Sarajevo-Zenica-Doboj, čime je povezano i sa ostalim mjestima u BiH i šire. Prostor je veoma povoljan za eksploataciju dijabaza, iako se faktički nalazi u naselju, jer je sjeverna granica ležišta u naselju Begov Han. Lokacija ležišta predviđena za eksploataciju nalazi se na nadmorskoj visini između 270 i 405 m.

Uz ležište protiče Pepelarska rijeka, koja fizički odvaja ležište od naselja Begov Han.

Hidrogeografske, klimatske i morfološke prilike područja

Ležište „Kuluk“ - Begov Han locirano je na padinama Ravnog brda koje pripada dijabaz-rožnoj formaciji u Bosni i Hercegovini i litološki je izgrađeno od jurskih dijabaza. U morfološkom pogledu teren pripada brdovito-planinskom području sa nadmorskom visinom od 260 do 420 m. Područje na kome se nalazi ležište ima umjereno kontinentalnu klimu sa prosječnim padavinama od 1070 mm/god.



Slika 1. Izgradnja pristupnog puta prema ležištu dijabaza „Kuluk“ Begov Han

U hidrogeološkom smislu teren pripada slivu rijeke Bosne a u neposrednoj blizini ležišta protiče Pepelarska rijeka. U vertikalnom profilu korito rijeke je na nižem nivou od kote otvaranja najniže etaže površinskog kopa za 20 m.

Geološka gradnja šireg područja ležišta

Šire područja ležišta, kao geološku građu obradjena možemo posmatrati kao:

- geološku građu područja,
- tektonske karakteristike područja.

Geološka gradnja područja:

Geološku građu šire okoline ležišta dijabaza „Kuluk“ i naseljenog mjesta Begov Han, sačinjavaju dijelovi OGK, listovi Zavidovići, Zenica, Teslić i Vareš, njeni litološki članovi:

- srednji trijas /I2/
- prelaz trijas -jura /T,J/
- neraščlanjena vulkanogenosedimentna formacija jure /J1/
- mladja jura vulkanogeno-sedimentna formacija /J₂.3/
- spiliti /ppab-J₂j/
- dijabazi /PP-JZ3/

- serpentiniti /Se-J2j/
- titon I donja kreda /J, K/
- kvartalne sedimentne tvorevine /al/

Iz lista Zavidovići, obradjen je litološki član „dijabaz“, a ostali članovi dati su Elaboratom o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi dijabaza na ležištu „Kuluk“ Begov Han, Općina Žepče.

Dijabazi /pp-J2j/

Na obradivanom području dijabazi su odvojeni od srodnih im spilita po odsustvu pillow lava i odsustvu ili vrlo rijetkom pojavljivanju mandula. Dijabazi su kao zasebna tijela otkrivena erozijom u vidu blokova u dijabaz-rožnjačkoj formaciji. Struktura dijabaza je ofitska, rijetko kada sa krupnim fenokristalima uloženim u ofitskoj masi. Bitni minerali su plagioklas /najčešće labrador/, augit i amfibol, a prisutni su hlorit i karbonati.

Tektonske karakteristike područja:

Tektonske karakteristike područja ležišta dijabaza u Begovom Hanu mogu se sagledati na geološkoj karti gdje je kao posebna jedinica izdvojen Ozrenski ultrabazitski masiv.

U sastav ove jedinice ulaze ultrabazične stijene jurske starosti. Rasjedi su po pravilu utvrđeni na granicama između magmatskih tijena, a mogu se grupisati u dva osnovna pravca, sjeveroistok -jugozapad i sjeverozapad -jugoistok. U zoni nalazišta dijabaza na području Begovog Hana, rasjed pravca pružanja, istok-zapad, kontrolisan je potokom Pepelarska rijeka.

2. REZERVE I KVALITET DIJABAZA

Obračun rezervi dijabaza izvršenje metodom paralelnih profila, kao osnovna metoda, i metoda srednjeg aritmetičkog, kontrolna metoda, gdje su dobiveni slijedeći rezultati:

Osnovna metoda proračuna:

Prema osnovnoj metodi proračuna rezerve dijabaza iznose:

Tabela 1

Kategorija	Količina m ³	Ukupno m ³
A	266 440	264440
B	2 622 597	2 622 597
C	767 613	767 613
UKUPNO:	A + B + C	3 656 650

Metoda srednjeg aritmetičkog proračuna:

Tabela 2

Kategorija	Količina m ³	Ukupno m ³
A	245 920	245 920
B	2 709 280	2 709 280
C	725 450	725 450
UKUPNO:	A + B + C	3 720 650

Ukupna razlika zbira rezervi A + B + C₁ kategorije, između osnovne i kontrolne metode, iznosi 64 000 m³ ili u procentima 1,5 %, ukazuje daje obračun rezervi zadovoljavajući. Odbijemo li od dobivenih geoloških rezervi A + B + C₁ kategorije eksploatacione gubitke od 10%, prema geološkom Elaboratu, dobiju se eksploatacione rezerve od 3 290 985 m³č.m. ili u rastresitom stanju, uz koeficijent rastresitosti,

$k_r=1.3$, to ukupno iznosi: $4\,278\,280\text{ m}^3$ r.m.

Ako se ova količina rezervi pomnoži sa zapreminskom masom u rastresitom stanju od $2,05\text{ t/m}^3$ dobijemo ukupno: $8\,770\,4751\text{ m}^3$.

Inženjersko geološke karakteristike ležišta

Kako je istraživanje ležišta izvedeno u nadizdanskoj zoni, realno je da se eksploatacija izvodi na etažama koje su suhe i bez vode. Pojave oborinskih voda u periodima veliki padavina, relativno brzo budu odvodnjene niz padine terena u Pepelarsku rijeku. U inženjersko-geološkom smislu, na budućem površinskom kopu izvodice se eksploatacija samo u dijabazima jer su dijabazi litološka sredina veoma povoljnih karakteristika za eksploataciju.

Kvalitet dijabaza

Kvalitet dijabaza obradjen je na Rudarsko-geološko-gradjevinskom fakultetu u Tuzli te na Građevinskom Institutu u Munchenu, gdje je utvrđeno da ovaj dijabaz sadrži: $74,41\%$ SiO_2 , $2,48\%$ Fe_2O_3 , $15,45\%$ Al_2O_3 , $1,4\%$ CaO , $0,98\%$ MgO , $0,65\%$ SO_3 i gubitak žarenjem u iznosu od $3,46\%$.

Geomehanicka ispitivanja

Tabela 3.

Čvrstoća na pritisak u suhom stanju.....	164,3 MPa
Čvrstoća na pritisak vodom zasićenom stanju	158,6 MPa
Čvrstoća na pritisak poslije smrzavanja	152,0 MPa
Otpornost stijene na habanje struganjem.....	$14,52\text{ cm}^3/50\text{cm}^2$
Otpornost prema habanju brušenjem.....	$26,3\text{cm}^3/50\text{cm}^2$
Otpornost ivica prema udaru.....	5,45 %
Postojanost na mrazu	0,027 %
Zapreminska masa	$2,65\text{ t/m}^3$
Specifična masa	$2,68\text{ t/m}^3$
Kohezija	$39,0\text{ kN/m}^2$
Ugao unutašnjeg trenja	40°
Upijanje vode	0,11 %
Poroznost	1,08 %

3. ISTRAŽNI RADOVI

Obradom ležišta kod njegove pripreme za eksploataciju uradjeni su i potrebni istražni radovi koji mineralnu sirovinu dijabaza, i samo ležište, svrstavaju u poziciju povoljne ekonomske opravdanosti za eksploataciju. Na bazi ovih istraživanja dolazi se do osnovnih podataka, kao sto su: lokacija ležišta, topografija terena, dubina i oblik ležišta kao i kvalitet mineralne sirovine. Da bi došli do naprijed pomenutih podataka, na ležištu 'Begov Han' kod Zepča, uradjeni su istražni radovi kao:

- geodetsko snimanje terena,
- bušenje istražnih bušotina,
- geološko kartiranje i laboratorijski radovi.

Na osnovu gore pomenutih istražnih radova uradjen je i Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi dijabaza kao tehničkog kamena, "Kuluk - Begov Han" kod Zepča, koji je bio osnova za izradu Glavnog rudarskog projekta.

Ekonomska ocijena ležišta

Kod obračuna ekonomske opravdanosti uzeti su u obzir osnovni vrijednosni pokazatelji koji su za vrijeme eksploatacije neizbježni a to su;

- troškovi proizvodnje,
- rentabilnost proizvodnje i
- cijena finalnog tržišnog proizvoda (granulat pripremljen za tržište).

Ako uzmemo da tržišna cijena proizvoda 1m^3 dijabaza iznosi 17.5 KM (podatak uzet od Investitora), a proizvodni troškovi eksploatacije dijabaza po m^3 iznose cca 12.6 KM/m^3 ,

odnosno 4.9 KM po m³ r.m. čiste dobiti. Rentabilnost proizvodnje je veoma važan vrijednosni pokazatelj, a odnosi se na dobivene eksploatacione rezerve, tako da vrijednost ležišta iznosi:

$$V = (V_i - T_i) \times Q, [KM]$$

Gdje je:

V - vrijednost ležišta, KM

V_i - tržišna vrijednost, 17.5 KM/m³

T_i - Troškovi proizvodnje, 12.6 KM/m³

Q - eksploatacione rezerve, 4 278 280 m³r.m.

Na osnovu naprijed navedenih rezultata, računskim putem se može izračunati dobit od eksploatacije ležišta dijabaza na ovom ležištu i ona iznosi cca:

$$V = 20\,963\,572 [KM], \text{ prema geološkom Elaboratu.}$$

Krovni sastav tla na odobrenom eksploatacionom prostoru

Iz poprečnih profila Glavnog rudarskog projekta uočljivo je da se nastavkom organizovane eksploatacije na odobrenom eksploatacionom prostoru djelimično skida pokrovni dio ležišta dijabaza jer je isti i prirodno ogoljen. Obilaskom terena može se lako uočiti daje ležište 'Kuluk - Begov Han' prirodno ogoljeno, što bi trebalo pogodovati eksploatacionim radovima i umanjiti ukupne trškove na eksploataciji ležišta.

4. MOGUĆA EKSPLOATACIJA LEŽIŠTA

Opis postojećeg stanja eksploatacionog prostora

Na ležištu nije vršena dosadašnja eksploatacija, isto se odnosi i na odobreni eksploatacioni prostor. Geodetskim snimkom je utvrđeno da odobreni eksploatacioni prostor ima nagib od juga prema sjeveru, a najveća kota na južnoj strani iznosi oko 420 m. Najniža kota od 260 m nalazi se na sjevernoj strani eksploatacionog prostora, a od kote 260 m idući prema jugu teren se uzdiže. Promatramo li odobreni eksploatacioni prostor s aspekta buduće eksploatacije, može se reći da bi troškovi otkrivke kod eventualne buduće eksploatacije trebali biti svedeni na minimum i time olakšati eksploataciju dijabaza.



Sl. 2. Centralni dio stijenskog masiva koji u pozadini gravitira prema Pepelarskoj rijeci

Granice odobrenog eksploatacionog prostora

Površina eksploatacionog prostora iznosi cca 13 040 m², odnosno cca 1.304 ha. Prosječna geografska širina ležišta /od istoka prema zapadu / iznosi cca 117 m., a geografska dužina / od

sjevera prema jugu / cca 500 m. Geološke rezerve na odobrenom eksploatacionom prostoru, obračunate su od cca 3 656 000 m³č.m., računajući od najvišeg nivoa eksploatacije kote 405m pa do najnižeg, tj.do kote 270m. Rezerve dijabaza koje se mogu dobiti eksploatacijom izračunate preko profila i etaža date su u narednim tabeli 4 i iznose cca 1 143 000 m³č.m. ili 3 351 000 t. (zapreminska masa $\rho=2.65t/m^3$).



Sl. 3. Granice odobrenog eksploatacionog prostora ležišta „Kuluk“ Begov Han

Rezerve izračunate po etažama:

Tabela 4

Etaža broj	Površina m ²	Visina m	Količina m ³ č.m.
405	800	15	12 000
390	1700	15	25 500
375	3 200	15	48 000
360	7 000	15	105 000
345	8000	15	132 000
330	13 800	15	207 000
315	13 900	15	208 000
300	7 200	15	150 000
285	9 200	15	138 000
270	10 600	15	159 000

Ukupno: 1 143 000

Ako uzmemo koeficijent rastresitosti (kr = 1.3) koji se obično primjenjuje za stijenske masive ovakve vrste dobijemo količinu od 1 500 000 m³ r.m

Mogući način eksploatacije stijenske mase dijabaza

Sistem eksploatacije dijabaza predviđen je površinskim putem kao kombinovani formiranjem potrebnog broja eksploatacionih etaža. Konfiguracija terena uslovljava da se prva i najviša etaža nalazi na koti 405 m, a prema projektnom rješenju najniža etaža nalazi se na nivou kote 270 m te najveća otkopna visina kopa iznosi cca 135 m. S obzirom na položaj rezervi, konfiguraciju terena i lokaciju Površinskog kopa „Kuluk“ Begov Han, eksploatacija dijabaza obavljat će se prema slijedećem:

- Početak rada kopa kao otvaranje etaže na koti 405 m,
- Razrada kopa od pomenute etaže prema 390 i dalje,
- Razrada ostalih etaža i dalja eksploatacija.

5. ZAKLJUČAK

Proces eksploatacije stijenske mase na površinskom kopu bazičnomagmatske stijene dijabaza „Kuluk“ u Begovom Hanu čiju eksploataciju vrši „LIBOS“ doo Žepče zahtjeva da se posebna pažnja posveti

prvenstveno kvalitetu frakcija prema definisanim standardima iz oblasti niskogradnje u građevinarstvu. Pored naprijed navedenog posebnu pažnju treba posvetiti mjerama zaštite zdravlja ljudi, mehanizacije i okoliša. Izabrani sistem površinske eksploatacije stijenske mase i izabrana politika održavanja rudarsko-građevinskih mašina direktna su funkcija osnovnih ekonomskih pokazatelja eksploatacije te smanjenja produkcije posebnog otpada kao i mjera zaštite za ublažavanje i spriječavanje štetnog uticaja na ljude, mehanizaciju i okoliš ovog površinskog kopa. Ovo se prvenstveno ogleda u pravilnom izboru, načinu ponašanja i pristupa ostvarenju cilja te izvršenju inženjerskih zadataka koje iziskuje površinska eksploatacija stijenske mase dijabaza.

6. LITERATURA:

1. Sredojević Jovan i grupa autora, OSNOVE PRAKTIČNE PRIMJENE RUDARSKJE MEHANIZACIJE NA POVRŠINSKOM KOPU, Tuzla 1995.,
2. Kurtanović Ramo; LEŽIŠTA NEMETALNIH MINERALNIH SIROVINA, Zenica 2000.,
3. Sredojević Jovan.: RUDARSKA TEHNOLOGIJA, Zenica 2001.,
4. Abdulah R. Ahmić: PRIMARNA PRERADA NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA, Zenica 2005.,
5. Kulenović Esad; NEMETALIČNE MINERALNE SIROVINE BOSNE I HERCEGOVINE, Sarajevo 2006.,
6. Vejzović Nihad; MJERE ZAŠTITE PRI EKSPLOATACIJI I PRIPREMI STIJENSKIH MASA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA DIJABAZA-Diplomski rad, Zenica 2009.,
7. Vejzović Nihad, ZBRINJAVANJE OTPADA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA, Međunarodna konferencija „UPRAVLJANJE OPASNIM I NEOPASNIM OTPADOM U REGIJI“, Zenica 2010.
8. Vejzović D.; Vejzović N.; Mahmutović A.; RJEŠAVANJE OKOLINSKIH PROBLEMA U EKSPLOATACIJI I PRIPREMI STIJENSKIH MASA DIJABAZA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA, VIII Naučno/stručni simpozijum sa međunarodnim učešćem „METALNI I NEMETALNI MATERIJALI“, Zenica 2010.
9. Glavni rudarski projekat Investitora „LIBOS“ doo Žepče, izrađen od „Geobosna“ doo Sarajevo i odobren od strane Ministarstva za privredu Zeničko-dobojskog kantona rješenjem br.04-18-2602-1/10 od 29.06.2010.godine.,
10. Zakon o istraživanju i eksploataciji mineralnih resursa (Sl.Novine ZE-DO kantona br.13/00);
11. Pravilnik o načinu polaganja stručnih ispita zaposlenika koji vrše poslove tehničkog rukovođenja na poslovima istraživanja i eksploatacije mineralnih resursa (Sl.novine ZE-DO kantona 7/01 i 5/08);
12. Zakon o zaštiti okoliša (Sl. Novine F BiH br.33/03);

MANAGEMENT ZNANJA POGOJ ZA POSLOVNO USPEŠNOST, POSLOVNA USPEŠNOST, POGOJ ZA NOVA DELOVNA MESTA.

Tanja Rihtaršič, BA Int. Bus. Admin.

Magistrski študij Poslovnih ved smer: Management v podjetništvu, Fakulteta za podjetništvo
Gea College Ljubljana

V seminarski nalogi sem se odločila bolj podobno raziskati razvoj kadrov predvsem prenos znanja, spodbujanja ustvarjalnosti zaposlenih ter 10 vodilnih idej na področju HRD:

- Management talentov in razvoj vodenja.
- Povezovanje: razvoj in org. strategija.
- Razvoj raznolike delovne sile.
- Individualizacija razvoja: trenerji in mentorji.
- HRD kot poslovni partner.
- E-learning: integracija IT in HR.
- Management znanja v praksi.
- Vizionarstvo in transformacijsko vodenje.
- Izboljšano komuniciranje.
- Razvoj za vse .

Stalno naraščanje pomembnosti znanj v razviti družbi terja spremembe v našem načinu razmišljanja na področju uvajanja in novosti v velikih poslovnih sistemih ne glede na to ali gre za tehnične inovacije, uvajanje novega izdelka ali spreminjanja organizacijskih procesov. Zato se pojavlja vprašanje na kakšen način organizacije uporabljajo znanja in kar je še bolj pomembno, kako ustvarjajo in oblikujejo nova znanja. (Nonaka, 1994, str.14)

Avtor predpostavlja, da se znanje ustvarja s pretvorbo tacitnega v eksplicitno znanje, zato določa štiri različne metode pretvorbe znanja:

1. iz tacitnega znanja v tacitno znanje,
2. iz eksplicitnega znanja v eksplicitno znanje,
3. iz tacitnega znanja v eksplicitno,
4. iz eksplicitnega znanja v tacitno.

Tako je prvič postavljen model, ki nam omogoča da skozi interakcijo med posamezniki pretvorimo tacitno znanje. Vajenci, delajo s svojimi mentorji in se učijo spretnosti ne skozi pogovor temveč s opazovanjem, posnemanjem in praktičnim delom. Tudi v poslovnem okolju uporabljajo enak princip. Ključ za pridobivanje tacitnega znanja je izkušnja. Brez neke oblike deljene izkušnje je za ljudi izjemno težko deliti vzajemne procese razmišljanja. Ta proces ustvarjanja tacitnega znanja skozi deljene izkušnje bomo imenovali **socializacija**.

Drugi model pretvorbe znanja za kombiniranje različnih snovi eksplicitnega znanja, ki ga posedujejo posamezniki vključuje uporabo družbenih procesov. Posamezniki s pomočjo sestankov, telefonskih razgovorov, e-sporočil izmenjajo in kombinirajo znanje. Preoblikovanje obstoječe informacije z razvrščanjem dodajanjem in novim miselnim povezovanjem eksplicitnega znanja vodi k novemu znanju. Ta proces ustvarjanja eksplicitnega znanja iz eksplicitnega znanja se kaže kot **kombinacija**.

Tretji in četrti model pretvorbe znanja v povezavi z vzorci pretvorbe vključujeta tako tiho kot eksplicitno znanje. Ta pretvorbena modela zavzameta stališče, da sta tiho in eksplicitno znanje komplementarna in se lahko čez čas skozi proces vzajemne interakcije razširita. Ta interakcija vključuje dve različni operaciji. Ena je pretvorba tihega znanja v eksplicitno znanje, ki jo avtor imenuje **eksternalizacija (pozunanjenje)**. Druga je pretvorba eksplicitnega znanja v tiho znanje, ki ima neko podobnost s tradicionalno predstavo "učenja" in se bo tukaj kazala kot **internalizacija (ponotranjenje)**. Kot bomo kasneje razpravljali, igra "prenos" pomembno vlogo v procesu eksternalizacije in "dejanje" je globoko povezano s procesom internalizacije.

Trije od štirih tipov pretvorbe znanja – socializacija, kombinacija in internalizacija so delno podobni vidikom organizacijske teorije. Na primer, socializacija je povezana s teorijami organizacijske kulture, medtem ko je kombinacija ukoreninjena v predelovanje informacije in je internalizacija povezana z organizacijskim učenjem.

Nasprotno pa koncept eksternalizacije ni dobro razvit. Obstoječa omejena analiza je iz stališča ustvarjanja informacije (Nonaka, 1987).

Tipični premik in Spirala znanja.

Medtem ko vsak od štirih modelov pretvorbe znanja lahko neodvisno ustvari novo znanje, osrednja tema modela ustvarjanja organizacijskega znanja tu predlaga zanašanje na dinamično interakcijo med različnimi načini pretvorbe znanja. To se pravi, centri ustvarjanja znanja na tvorjenje, tako tihega kot eksplicitnega znanja in bolj pomembno, z internalizacijo in eksternalizacijo na medsebojno izmenjavo med tema dvema vidikoma znanja.

Neuspeh pri graditvi dialoga med tihim in eksplicitnim znanjem lahko povzroči težave. Na primer, čista kombinacija in socializacija imata napake. Pomanjkanje predanosti in zanemarjanje osebnega pomena znanja lahko pomeni, da čista kombinacija postane umetna razlaga obstoječega znanja, ki ima malo skupnega z realnostjo tukaj in sedaj. Možno je tudi, da ne uspe izkristalizirati ali vključiti znanja v obliki, ki je dovolj konkretna, da pospeši nadaljnje ustvarjanje znanja v širšem družbenem kontekstu. "Zmožnost porazdelitve" znanja, ki je ustvarjena zgolj s socializacijo, je lahko omejena in iz česar logično sledi, težko uporabna na polju nad specifičnim kontekstom v katerem je bila ustvarjena.

Ustvarjanje organizacijskega znanja, kot različnega od ustvarjanja individualnega znanja, se zgodi, ko so vse štiri metode ustvarjanja znanja "organizacijsko" sposobne oblikovati nepretrgan krog. Ta krog oblikujejo serije premikov med različnimi metodami ustvarjanja znanja. Obstajajo različni "sprožilci", ki med različnimi metodami pretvorbe znanja povzročijo te premike. Prvič, metoda socializacije običajno začne z graditvijo "ekipe" ali "polja" interakcije. To polje olajša deljenje izkušenj in pričakovani članov. Drugič, eksternalizacijsko metodo sprožijo uspešni krogi pomembnih "pogovorov". V tem razgovoru se lahko prefinjeno uporabijo "metafore", da omogočijo članom ekipe razločno izraziti njihova lastna pričakovanja in na ta način odkriti skrito tiho znanje, ki je sicer težko za komunicirati. V iskanju bolj konkretnih in deljivih specifikacij se koncepti, ki jih je oblikovala ekipa, lahko kombinirajo z obstoječimi podatki in eksternim znanjem. To kombinacijsko metodo olajšajo takšni sprožilci kot "koordinacija" med člani ekipe in drugimi oddelki organizacije in "dokumentacija" obstoječega znanja. Dokler se ne pojavijo v konkretni obliki, se koncepti skozi ponavljajoči proces poskusa in napake, jasno izrazijo in razvijejo. Skozi proces "učenje z delovanjem" ta "eksperimentacija" lahko sproži internalizacijo. Udeleženci "polja" delovanja delijo eksplicitno znanje, ki se skozi interakcijo in proces poskusa in napake postopno prevede v različne vidike tihega znanja.

Čeprav tiho znanje, ki se ga držijo posamezniki, lahko leži v srcu procesa ustvarjanja znanja, z njegovo eksternalizacijo in razširitvijo skozi dinamično interakcijo med vsemi štirimi metodami pretvorbe znanja, uresničimo praktične ugodnosti teh centrov znanja. Tiho znanje se tako mobilizira z dinamičnim "vpletanjem" različnih metod pretvorbe znanja v proces, ki se kaže kot "spiralni" model ustvarjanja znanja.

Ko bo vpletenih več aktivnih udeležencev v organizaciji in okrog nje, bodo interakcije med tihim znanjem in eksplicitnim znanjem usmerjene v povečanje obsega in hitrosti. Na ta način lahko na ustvarjanje organizacijskega znanja gledamo kot na navzgor usmerjen spiralni proces, ki se začne na nivoju posameznika, se pomika navzgor do kolektivnega (skupinskega) nivoja in potem do nivoja organizacije in včasih doseže medorganizacijski nivo (Nonaka, 1994, str 20).

Postopek ustvarjanja organizacijskega znanja se začne s povečevanjem znanja posameznika znotraj neke organizacije. Medsebojno delovanje med znanjem, pridobljenim iz izkušenj, in racionalnostjo omogoča posamezniku, da si zgradi svojo lasten pogled na svet. Vendar pa ti pogledi na svet ostanejo zasebni, če niso izraženi in okrepljeni skozi družbeno skupno delovanje. En način, kako v praksi izvajati upravljanje ustvarjanja organizacijskega znanja je, da ustvarimo »področje« ali »ekipo, ki se sama organizira«, in v

kateri posamezni člani sodelujejo pri ustvarjanju novega koncepta. Človeška dejavnost je tista, ki ustvarja organizacijski razum med tem, ko posamezniki skupno delujejo in sprožajo vedenjske vzorce pri drugih. Upravljanje ekipe, ki se sama organizira, vključuje torej razvoj primerne stopnje elastičnosti v sistemu, kar lahko omogoča veliko različnost idejnega razmišljanja pri iskanju novih problemov in rešitev.

Ni potrebno, da je razpon dejavnosti ekipe omejen na okvire organizacije. To je prejšnji proces, ki pogosto široko uporablja znanje v okolju, še posebej znanje o potrošnikih in dobaviteljih. Norman trdi, da se razumski pogled na svet v neki organizaciji oblikuje s pomočjo zapletenega vzorca faktorjev v organizaciji in izven nje. V nekaterih japonskih firmah, na primer, se dobavitelji delov in sestavnih elementov včasih vključujejo v zgodnje faze razvoja proizvoda. Odnosi med proizvajalci in dobavitelji so manj hierarhični in bolj tesni, kot v zahodnih državah.

Nekatere druge japonske družbe pritegnejo potrošnike v planiranje novih proizvodov. V obeh primerih igra izmenjava tihega znanja med dobavitelji in potrošniki skozi proces medsebojnih izkušenj in kreativnega dialoga zelo pomembno vlogo pri ustvarjanju primerne znanja.

Teorija organizacijskega ustvarjanja znanja, ki jo predlagam v tem besedilu je bila zgrajena v glavnem na osnovi raziskav in praktičnih izkušenj japonskih podjetij. Vseeno moramo poudariti, da je načela, ki jih opisujemo tu, v prihodnosti mogoče uporabiti v vsaki organizaciji, ekonomski ali družbeni, privatni ali javni, proizvodni ali storitveni, ne glede na področje delovanja ali geografsko ali kulturno lokacijo. Teorija pojasnjuje kako je znanje posameznikov, organizacij in družb mogoče hkrati povečevati in bogatiti skozi spiralno, interaktivno povečevanje razdrobljenega in eksplicitnega znanja posameznikov, organizacij in družb. Ključ do tega sinergetičnega (skozi medsebojno dopolnjevanje, ki privede do skupnega učinka, ki je večji od seštevka posameznih učinkov) povečevanja znanja je skupno ustvarjanje znanja posameznikov in skupin. V tem smislu je teorija organizacijskega ustvarjanja znanja hkrati tudi osnovna teorija za graditev resnično 'humanistične' družbe znanja nad omejitvami zgolj 'ekonomske racionalnosti'.

Organizacije igrajo ključno vlogo pri zbiranju (mobilizaciji) razdrobljenega znanja, ki ga imajo posamezniki in predstavljajo forum za ustvarjanje 'spiral znanja' skozi socializacijo, združevanje, eksternalizacijo in internalizacijo. Vsi ti načini spreminjanja delujejo drug na drugega (interakcija) v dinamičnem in neprestanem prepletanju, ki vodi proces ustvarjanja znanja. (Nonaka, 1994).

Ti načini ustvarjanja znanja delujejo v okviru organizacije in kljub pomembni vlogi posameznikov kot ključnih akterjev pri ustvarjanju novega znanja, so osrednja tema tega članka procesi na nivoju organizacije

Pomembnost tacitnega znanja za delovanje organizacije še vedno priteguje pozornost teoretikov managementa, odkar sta Nonaka in Takeuchi leta 1995, objavila svoje delo » The Knowledge Creating Company«, je skoraj nemogoče zaslediti publikacijo povezano z organizacijskim znanjem, ki ne uporablja izraza »tacitno znanje«. (Tsoukas, 2002, str.3)

Namen avtorja je skozi članek dokazati, da je popularni izraz » tacitno znanje« ni bil pravilno interpretiran s strani številnih avtorjev, ki so tacitno znanje razumeli kot nasprotje eksplicitnega. Nonaka in Takeuchi sta povzela izraz tacitno znanje po Polanyi-u, ki ga je prvi raziskoval in ga tudi imenoval tacitno – tiho znanje. Šele po objavi njunega dela se je začelo zanimanje za tacitno znanje s strani managerjev.

Po Polanyi-u (1969) struktura ima tacitnega znanja tri aspekte: funkcionalni, pojavnostni in semantični. Tako avtor opisuje dva primera kako se razvija tacitno znanje pri posamezniku. Prvi primer je primer zobozdravnika, ki se mora naučiti izpuliti zob. Potrebno je nešteto poskusov, da le ta razvije občutek v rokah, s kako močjo in v katero smer je potrebno obračati in vleči korenino zoba. To je lep primer semantičnega aspekta tacitnega znanja. (Tsoukas 2002, str. 7).

V nadaljevanju članka se avtor kritično opredeljuje do modela prenosa znanja Nonake in Takeuchi-a, ki smo ga obravnavali v prejšnjem članku: socializacija, kombinacija, eksternalizacija in internalizacija. To dokazuje z primerom iz njune knjige v katerem je ga. Nonaka želela z ekipo ustvariti aparat za peko kruha, s pomočjo najboljšega peka na japonskem. V bistvu je želela kodirati pekovo tacitno znanje v eksplicitno, pa ji to ni uspelo. Zato se je odločila, da se bo sama naučila peke kruha. Potrebovala je eno leto poskusov da

je razvila tacitno znanje oziroma većine gnjetenja kruha (podobno kot zobar iz prejšnjega primera). Potem je želela kodirati svoje tacitno znanje v eksplicitno, po katerem bi inženirji razvili aparat za peko kruha. Zopet neuspešno, saj je zelo težko prenesla svoje veščine gnjetenja na ekipo. Na koncu je cela ekipa gnetla in obračala moko in šele, ko so razvili svoje lastno tacitno znanje so ga lahko razumeli in prenesli na stroj za peko kruha.

Torej tacitno znanje je bilo narobe razumljeno v managerskih raziskavah. Razumevanje Nonakine in Takeuchijeve interpretacije tacitnega znanja kot še neartikuliranega znanja, kot znanja, ki čaka prevod, preobrazbo v eksplicitno znanje, ignorirajo bistvo, to je nepopisanost tacitnega znanja, ki ga omejuje na to kar je lahko povedano. Torej tacitno in eksplicitno znanje nista dva kraja enega kontinuumu ampak dve strani enega kovanca. (Tsoukas , 2002). Tacitno znanje ne more biti ujeto, prevedeno ali spremenjeno, temveč prikazano, očitno v našem delu. Novo znanje ne pridobimo, ko tacitno znanje postane eksplicitno ampak, ko naše delovne veščine, naša praktične izkušnje prenašamo s pomočjo socialne interakcije. (Tsoukas , 2001)

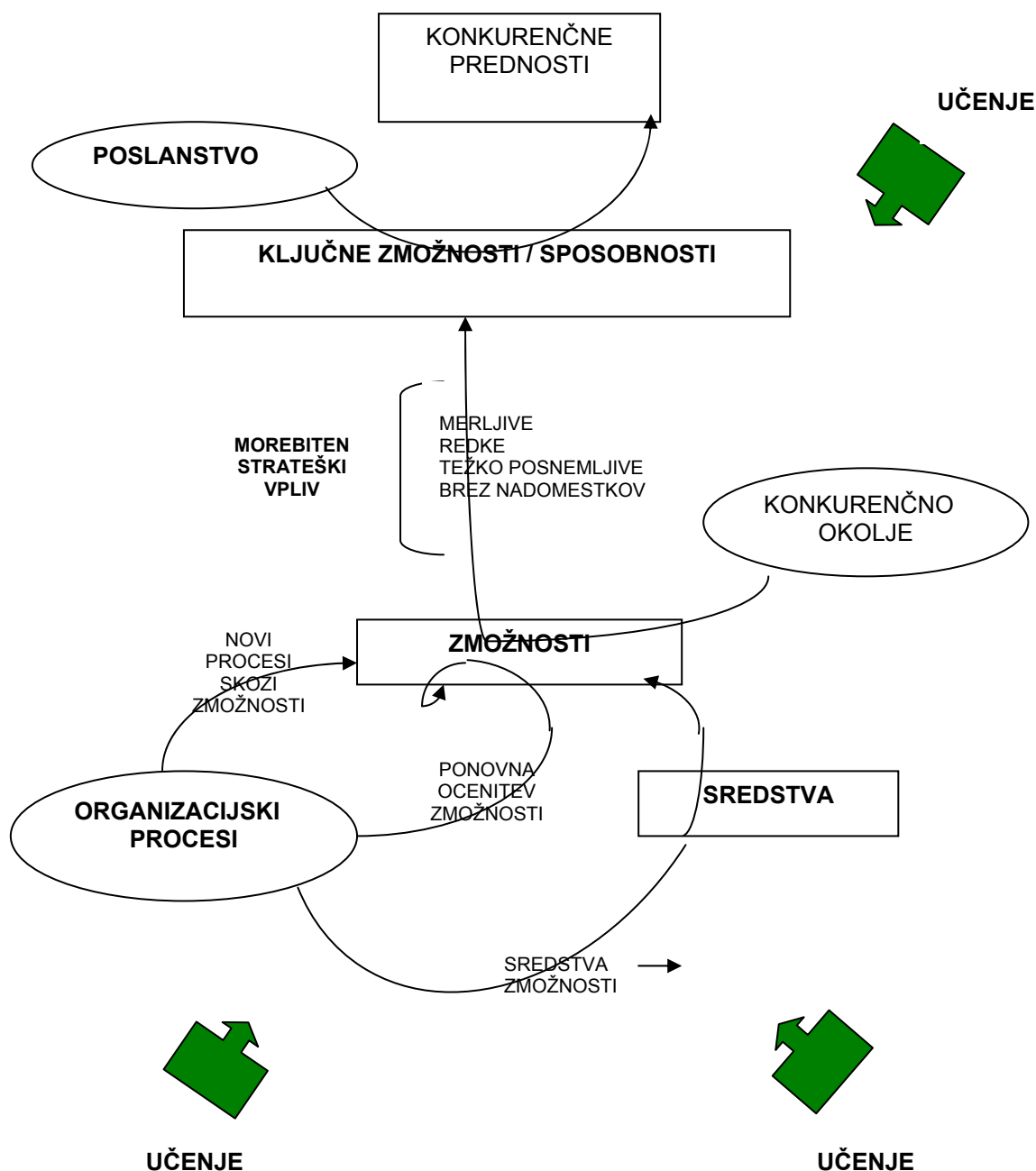
IT kot standardno sredstvo v organizaciji lahko pripomore k pretvorbi virov sredstev v zmožnosti podjetja in posledično tudi v ključne zmožnosti podjetja. Tako se lahko oblikujejo konkurenčne prednosti podjetja.

Nadalje razvoj IT sistema (imenovanega tudi »SIS «strategic information system) poteka vzporedno s oblikovanjem in formiranjem učenja v organizaciji. Na ta način management pridobi navodila za svoje ravnanje.

Na vire sredstev oprt pogled se prizadeva za doseganje težko posnemajočih, merljivih sredstev in zmožnosti. Izziv pred katerega so postavljeni managerji je iskanje, razvoj, zaščita in razporeditev sredstev in zmožnosti podjetja na način, ki bo podjetju zagotavljal stalno konkurenčno prednost in konec koncev tudi primeren donos na kapital (Amit in Schoemaer, 1991).

Zmožnosti imajo potencial postati ključne zmožnosti in konkurenčne prednosti podjetja, če so (Barney 1991): merljive, redke, težko posnemajoče z redkimi substituti, nadomestki. Ključne zmožnosti se razvijejo v organizaciji skozi proces preobrazbe različnih razpoložljivih virov sredstev in uporabo le teh v organizacijskem okvirju in skozi delovne procese, ki proizvajajo zmožnosti. Te se lahko posledično spreminjajo v ključne zmožnosti in tako postajajo vir konkurenčne prednosti. Zmožnosti se razvijajo z uporabo in kombinacijo sredstev s pomočjo različnih organizacijskih pristopov. Organizacijski postopki so način kako organizacija deluje, se razvija in napreduje. Organizacija uporablja in izkorišča učinkovitost in uspešnost avtomatiziranosti organizacijskih postopkov. Ti postopki izkoriščajo znanje pridobljeno skozi proces učenja. **Tako pridobljeno znanje ima značilno tiho tacitno težko posnemajoče znanje.** Posledično razvoj zmožnosti skozi proces učenja kontrolira in upravlja sredstva ter organizacijske postopke skupaj. Proces učenja ima tudi brez organizacijskega vidika velik vpliv na ključne zmožnosti.

- Organizacijski procesi → sredstva → zmožnosti.
- In skozi nove organizacijske procese → zmožnosti.
- Tudi sami procesi se preverjajo → skozi zmožnosti.
- Konkurenčno okolje opredeljuje kdaj postanejo ključne zmožnosti : redke, težko posnemljive, brez nadomestkov, merljive.



Slika 1: Organizacijski procesi Vir: Andreu, Cibora, 1996, str 114.

Skozi poslanstvo se te ključne zmožnosti spreminjajo v konkurenčne prednosti

Pot oz. proces s katero dosegamo ključne zmožnosti je dolga in težka. Zanja je značilna je tudi unikatnost in specifičnost vsake poti posebej. Prav zaradi tega je otežkočena zmožnost posnemanja in podjetje lažje zagotavlja stalno konkurenčno prednost. Proces pomeni način na katerega podjetje uporablja sredstva skozi proces pridobivanja le teh Ta proces je zelo zapleten in tudi ne nujno planiran. Običajno se pač zgodi.

Načrtovanje in ustvarjanje ključnih zmožnosti je naravna pristna naloga managementa. Na splošno velja, da specifičnosti in neodvisnosti poti razvoja narašča od zgoraj navzgor (na sliki 1.) vedno bolj in v enaki meri kot narašča učenje in vključenih sredstev.

Proces, ki spreminja sredstva v zmožnosti vključuje učenje organizacije. Le to je pomembno zaradi: opredeljuje potrebne korake, kateri vplivajo na oblikovanje ključnih zmožnosti. Nezmožnost posnemanja je ena od lastnosti ključnih možnosti in konkurenčnih prednosti podjetja.

Prvi korak:

standardna sredstva: zmožnosti učinkovitosti delovni postopki, ključno je iskanje novih sredstev za delovne postopke. Nova sredstva ali viri ; lahko tudi nove priložnosti. Učenje na tem nivoju stalno izboljšuje zmožnosti z uporabo sredstev na način, da opredeljuje smisel in pomen. Ta smisel, pomen je stabilen in konstanten, četudi lahko pride do izrazite spremembe kot je uporaba nove tehnologije.

Proces učenja običajno poteka spontano in nenadzorovano, četudi organizacijska klima vključuje vzpodbude, motivacijo in zahteva kvalitetne spremembe. Na tem nivoju sta učinkovitost in pomanjkanje zmožnosti vedno vzrok za spremembe.

Takšne spremembe povzročata naslednja učna zanka, ki spreminja zmožnosti v ključne sposobnosti. Ti spremembi je potrebno uravnotežiti, ovrednotiti predvsem iz dveh vidikov: konkurenčnega okolja in vizije organizacije

KONKURENČNO OKOLJE

Prihaja do tekmovanja ključnih zmožnosti različnih podjetij, skozi katerega se oblikuje standard odličnosti. Le ta oblikuje razvoj ključnih zmožnosti.

V konkurenčnem okolju zmožnosti pridobijo svoj smisel vlogo in področje. Posnemanje je oteženo, ker ga opredeljuje proces učenja, katerega je težko posnemati. Skozi poslanstvo se opredeljujejo ključne zmožnosti. Vendar valja da ključne zmožnosti tudi spreminjajo vizijo organizacije.

TRETJA ZANKA JE STRATEGIC LEARNING LOOP = STRATEŠKA UČNA ZANKA

Potrebno je poudariti vztrajnost te zanke. Normalno spremembe se dogajajo znotraj nje. Ali če povem drugače: drastične spremembe so posledica drastičnih sprememb posameznih dejavnikov kot je okolje in vizija organizacije. To zahteva tudi drugačen učni pristop in iskanje novih poti. Le ta vključuje na sredstva oprt pogled na organizacijski okvir.

Primer; **Mrs. Fields Cookies:**

- Komercializacija poslovanja.
- Strog nadzor in razvoj poslovanja pod očesom lastnice.
- Enak informacijski sistem.
- Definirala je ne samo izdelke, pač pa tudi prodajo, promocijo, izgled, najem delovne sile, skozi IT sistem, povratna informacija o dogajanju.
- Nadzorovanje.
- Usmerjanje.
- Zagotavljanje kvalitete z uporabo prednosti IT.

Debbie Fields je bila leta 1977 stara 20 let in je že sedem let sanjala o tem , da odpre trgovino s piškoti. Vsi so je odvrčali od te ideje; mož, starši in prijatelji so brez pomisleka rekli nikoli ti ne bo uspelo. V avgustu 1977 je odprla svojo prvo trgovino v mestu Palo Alto California. Ko prvi dan ni prodali niti enega piškota je šla na ulico in začela deliti mimoidočim brezplačno deliti piškote. Kmalu je njena trgovina polna kupcev. Delala je težko.

Njen moto je postal » **Nikoli ni dovolj dobro**«. Zadovoljstvo kupcev je bila njena prioriteta.

D.F. je bila podjetnica z sanjami in konceptom, njen mož Randy diplomant ekonomije na Stanfordu pa je bil sposoben uresničiti Debbine ideje in jim vdihniti življenje. V letih od 1977 dalje je D.F. razvijala svoj projekt med tem, ko je vzporedno R.F. ustvarjal tehnološki sustificiran imperij. D.F. je imela prepoznavnost pri opravljanju prodajalne in je uživala v dobrem imidžu njenih izdelkov. Randy je našel priložnost za prenos poslovnih znanj in sposobnosti na projekt. Z pretvorbo Debbinih potreb skozi kreacijo (z uporabo njenega tacitnega znanja) ekspertnega sistema vzpostavil kontrolo nad poslovanjem. MIS z komponentami za e-pošto, načrtovanjem dnevnega poslovanja, delovni razporedi, testiranjem sposobnosti in vprašalniki je bil natančna kopija Debbinih zahtev in standardov. Vodja prodajalne je v bistvu računalniški klon Debbie in v resnici nima upravljalne kontrole.

Del poslovne strategije je bil, da osebe uporabi več časa za prodajo in manj za papirnato delo. Leta razvoja so ustvarila unikaten informacijski sistem, ki je zmanjšal papirnato delo in dovoljeval vodstvu nadzor in kontrolo dnevnih operacij v vsaki prodajalni. Program dnevni načrtovalec je z uporabo preteklih podatkov pripravil predlog za tekoči dan: koliko piškotov ob katerem času med dnevom. Ob koncu vsake ure se je izvršil prenos podatkov v centralo. Če je bila prodaja premajhna je sistem po potrebi priporočil promocijo z brezplačno razdelitvijo neprodanih izdelkov. V kolikor se je pojavil problem je sistem zagotavljal rešitev

skozi tipičen proces rešavanja problema. Na drugi strani je sistem zagotavljal več svobode in pobude, podajanje predlogov in prošenj za pomoč je učinkovit način izmenjave informacij. Na ta način je Debbie osebno pomagala k izboljševanju poslovanja.

MIS je sestavljen iz treh sistemov: prodajnega, finančnega in razvojnega.

Po uspešno izvedeni informatizaciji »Mrs. Fields cookies« je Randy začel prodajati ta sistem tudi drugim, med katerimi je Burgers King le eden izmed kupcev.

Skupaj z možem sta iz malega ustvarila podjetje z 600 trgovinami v ZDA in 10 trgovinami v tujini. Z širitvijo je podjetje bilo prvo, ki je izkoristilo prednosti računalniške tehnologije. Debbie Fields je vodila svoje podjetje v računalniško ero z osredotočenostjo na poslovanje in proizvodnjo skupaj z zmožnostmi informacijskega sistema. Njen program se uporablja kot model za poslovno učinkovitost na Harvard Business School. In še vedno predstavlja primer prenosa tehnologije v poslovno vodenje ('Chips and Chocolate,' *Economist*, July 23, 1988, p. 56.)

Management znanja zahteva sposobne posameznike, ki uvajajo koncept v prakso. Za prenos znanja ima veliko vrednost komuniciranje v podjetju in organizacijska klima. Posameznike, ki so ustvarjalci znanja je treba vzpodbujati za deljenje znanja s sodelavci. Zato tudi sama zagovarjam mentorstvo v organizacijah. Predvsem v času poskusne dobe ali začetka kariere je izjemno pomembno, da delavec s pomočjo vzora, prakse razvije svoje tacitno znanje. V določenih panogah kot so zdravstvo, umetnost (igra, balet, ples itn) učenje še vedno temelji na vaji in ustvarjanju tacitnega znanja. V sodobnih organizacijah zaradi narave dela to večkrat tudi časovno ni izvedljivo. Zato se mi zdi izjemno pomembna uporaba sodobne informacijske tehnologije za prenos tacitnega znanja. Video telefonija, video konference, elektronska pošta, intranet. Preko njih zaposleni komunicirajo, delijo izkušnje, predvsem se pa lahko vzpostavijo pristnejši stiki, ki odločilno pripomorejo k učinkovitemu prenosu znanja.

Odličen način prenosa tacitnega znanja je tudi timsko delo, pri katerem se lahko veliko naučimo iz izkušenj svojih sodelavcev v timu. V zadnjem času se podjetja čedalje bolj zavedajo pomembnosti druženja med sodelavci, ki vzpodbuja pozitivno okolje za pripovedovanje zgodb povezanih s poslom, ki zopet sprožajo sproščen prenos tacitnega znanja.

Žal se tudi pojavljajo problemi upravljanja z znanjem, ker med zaposlenimi pride do notranje konkurence na področju znanja, se to ne deli ampak prav nasprotno varuje kot skrivnost. Mislim, da je v organizacijah potrebno nagrajevati tiste zaposlene, ki delijo znanje z drugimi.

VIRI IN LITERATURA

1. Andreu, R. and Ciborra, C. (1996) Organisational learning and core capabilities development: the role of IT, *Journal of Strategic Information Systems*, 5, 111-127.
2. Chips and Chocolate, *Economist*, July 23, 1988, p. 56
3. Nonaka, L. (1994) 'A dynamic theory of organizational knowledge creation',
4. *Organization Science*, 5(1), 14-37
5. Tsoukas, H. (2003) Do we really understand tacit knowledge?, in: Easterby-Smith, M and Lyles, M. (eds) *The Blackwell handbook of organizational learning and knowledge Management*, Oxford: Blackwell, 410-427.

O avtorici:

Tanja Rihtaršič je studentica magistrskega studija poslovnih nauk na Fakulteti za podjetništvo Gea College u Ljubljani. Trenutno piše magistrski rad na temu »Utjecaj pravične trgovine (Fair Trade) na nakupno vedenje potrošnikov«

Diplomirala je na Nottingham Trent University; Nottingham Business School smjer International Business Administration, kao najbolja studentica u generaciji.

Svoje znanje dijeli kao predavateljica Marketinga na Gea Collegu Viši poslovni školi.

GLOBALNI KONKURENTSKI INDEKS KAO PUTOKAZ ZA NOVA RADNA MJESTA

MATJAŽ RIHTARŠIČ, dipl. ekon.
rihtarsicm@gmail.com

ABSTRACT

U današnjoj ekonomiji da bi bio uspješan, moraš biti konkurentan. To važi za svaki subjekt u svijetu, polazeći od preduzeća do regija i nacionalnih ekonomija. Zbog informacija koje bi mogle unaprijediti i poboljšati konkurentnost nacionalnih ekonomija, se izračunava Globalni Konkurentni Indeks (GCI) Svetskog ekonomskog foruma. Pristup izračunu indeksa je mikroekonomski sa agregatnim mjerama. U njemu nisu sadržani samo goli podaci kao iznos BDP, ekonomska rast, visina stranih neposrednih investicija, nego i takozvani mekani dejavniki, kao što su obrazovni sistem, suradnja univerza i poduzeća i drugi. Baš zbog svoje kompleksnosti analiza indeksa nam može pokazati dobre strane i nedostatke. Još više je važno, da kroz to možemo popraviti nedostatke i biti bolji u buduće. Za bolji životni standard je potrebna i veća mobilizacija resursa, to je niska stopa nezaposlenosti. Kroz analizu indeksa se dolazi do informacija kako povećati broj radnih mjesta.

PARADIGMA »KONKURENČNOST DRŽAVE«

Blagostanje za družbo in prebivalce je nedvomno cilj zaradi katerega posamezna država izboljšuje svojo konkurenčnost. Primerjava konkurenčnosti posameznih država je dober pokazatelj razvoja vsake posamezne države in temelj za preverjanje posameznih razvojnih strategij tako z zasnovne strani kot tudi z izvajalske strani.

Pojem konkurenčnosti države⁷ se sprva uporabljaj kot opredelitev družbenega razvoja s pomočjo različnih načinov ocenjevanja dejavnikov rasti in napredka. Slaba točka te skupine, katere predstavniki so bili klasični ekonomisti (Smith, Hume), neoklasični ekonomisti (Solow, Abramowitz) in tretja skupina (Rosow, Barra,..) je bila v tem, da so zanemarili pomembnost učinkovite organizacije pri izkoriščanju proizvodnih virov (Hämäläinen, 2003, 14). V zadnjih 50-letih prejšnjega stoletja se je začel pojavljati skupaj z izvajanjem različnih trgovinskih politik, protekcionizma in usmerjanja javne porabe (Chiaiutta, 2007, 1). Razvojni preskok se je zgodil v zadnjem obdobju z vključevanjem neekonomskih vidikov družbenega razvoja. S tem je ocenjevanje konkurenčnosti držav postalo interdisciplinarno. Najbolj znana sta dva sistema merjenja konkurenčnosti. Prvi je sistem Svetovnega ekonomskega foruma (WEF) in sistem Mednarodnega inštituta za menedžment (IMD). Paradigma konkurenčnosti držav je ekonomska znanost razvila kot avtonomno področje.

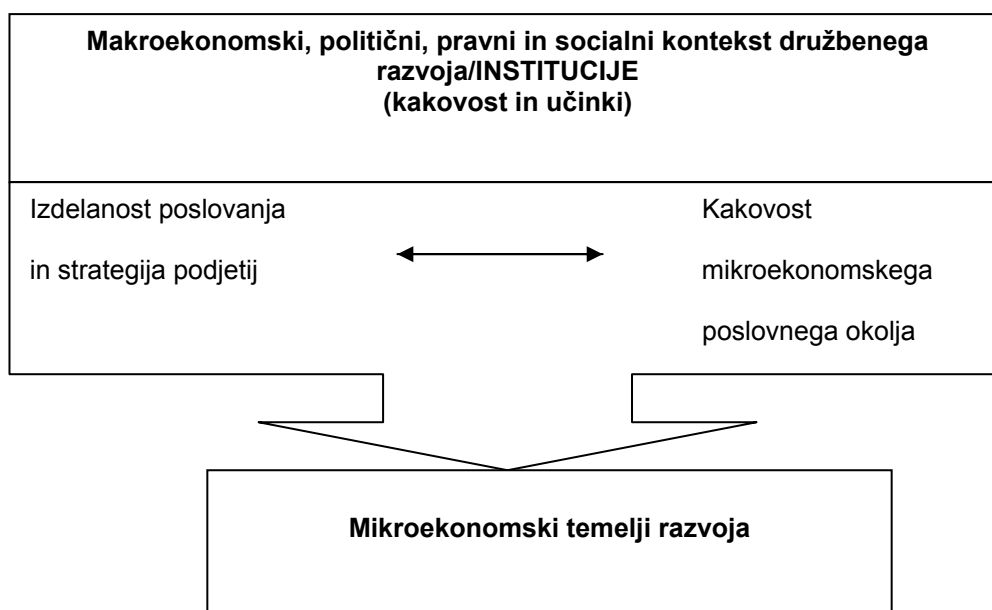
TEORETIČNA IZHODIŠČA PARADIGME "KONKURENČNOSTI DRŽAVE"

Opredelitev konkurenčnosti posamezne države je danes zelo priljubljen, a težje natančno opredeljen pojem, kateri v strokovni javnosti pušča dvome in odpira številne razprave. Bistveno je vprašanje, ali ocenjevanje »konkurenčnosti države« res predstavlja zanesljiv in ustrezen kazalec razvoja neke družbe ali države. Metodoloških ali vsebinskih pomislekov je kar nekaj. V nadaljevanju so navedeni trije najbolj očitni pomisleki. Prva pomanjkljivost izhaja iz samega imena kot nasprotje med pojmom in indikatorji konkurenčnosti. Konkurenčnost je

⁷ Kot sinonimi se uporabljajo izrazi kot so poslovna konkurenčnost, globalna konkurenčnost, sposobnost rasti, sposobnost razvoja, svetovna konkurenčnost...(Chiaiutta, 2007, 1).

področje ekonomije, kjer analiziramo stanje in strategije s katerimi države ustvarjajo in vzdržujejo okolje, katero omogoča stalno rast dodane vrednosti podjetij in večjega blagostanja družbe (Garelli, 2006, 57). Pojem konkurenčnosti ima svojo osnovo v mikroekonomiji, kjer primerjamo konkurenčnost posameznih ekonomskih subjektov. Pri konkurenčnosti države gre za merjenje makroekonomskih kazalcev. Tukaj naletimo na drugo pomanjkljivost, saj je teoretični okvir zelo širok in nedefiniran. Tretja pomanjkljivost je povezana z načinom pridobivanja podatkov, načinom vzorčenja, razvidnosti sestave vzorcev ter načinov interpretacije (Chiaiutta, 2007, 2-3).

Teoretična izhodišča za merjenje konkurenčnosti države so sestavljena tako iz dejavnikov konkurenčnosti na makro nivoju, kakor dejavnikov konkurenčnosti na mikro nivoju, to je na nivoju enega samega podjetja. Tukaj prihaja do prepletanja posameznih dejavnikov in različnih ekonomskih teorij.



Vir: Prirejeno po Porter v Chiaiutta, 2007, 15.

Slika 1: Mikro dejavniki konkurenčnosti in rasti produktivnosti

Povezovanje dejavnikov različnih ravni lahko opredelimo na naslednji način:(Garelli, 2005, 62-110):

- Struktura dejavnikov, kateri vplivajo na konkurenčnost države (učinkovitost gospodarstva, vlade, podjetij in infrastrukture).
- Lastnosti dejavnikov, katere vplivajo na konkurenčnost države:
 1. Privlačnost proti agresivnosti.
 2. Lokalno delovanje proti globalnemu delovanju.
 3. Sredstva proti procesom.
 4. Individualno tveganje proti socialni povezanosti⁸.
- Medsebojna povezanost in prepletanje dejavnikov konkurenčnosti podjetij in države ter njihovo spreminjanje skozi čas.

VLOGA VLADE

Ključna je vloga vlade kot upravljavke in usmerjevalke državnega gospodarstva. Vlada je edina ustanova, katera ima interes in zmožnost za celovit pregled nad učinkovitostjo celovitega gospodarstva. Vendar to ne pomeni centralnega planiranja na makro ekonomski ravni ali toge opredelitve organizacije na mikro ravni. Vključuje naj okvir za izboljšanje pogojev za konkurenčnost in učinkovitost zasebnega sektorja in izboljševanje učinkovitosti

⁸ Tukaj naletimo na kulturološke dimenzije značilne za posamezno družbo ali državo.

javnega sektorja. Potrebno je stalno spremljanje vseh sprememb in izboljševanje učinkovitosti skozi čas (Hämäläinen, 2003, 245-247).

Vlada je ključni oblikovalec strategij in gospodarskih politik v predpostavkah številnih ekonomskih teorij. Pojavlja se vprašanje, kdaj in na kakšen način naj vlada posega v gospodarstvo. Poseganje odpravlja pomanjkljivosti, vendar na drugi strani tudi ruši ravnovesje katerega ustvarja »nevidna roka« (Krugman in Obstfeld, 2006, 260).

Učinkovitost vlade (Garelli, 2005, 75-81) je eden izmed štirih faktorjev, kateri vplivajo na »konkurenčnost države«. Javnih financ, fiskalna politika, zakonski in institucionalni okvir so področja preko katerih vlada vpliva na učinkovitost. Pomembnejši odgovor od uravnoteženosti javnih financ da ali ne, je kakšno višina javne porabe lahko prenese brez večjih težav in slabosti posamezno gospodarstvo države. Kakšna je davčna obremenitev in kakšno rast potrebuje za to? Uspešnost je pogojena s sposobnostjo vlade prilagoditi kvaliteto odnosa med vlado in gospodarstvom trenutnim gospodarskim razmeram. In neprestanim prilagajanjem le te. Kot neskončni krog.

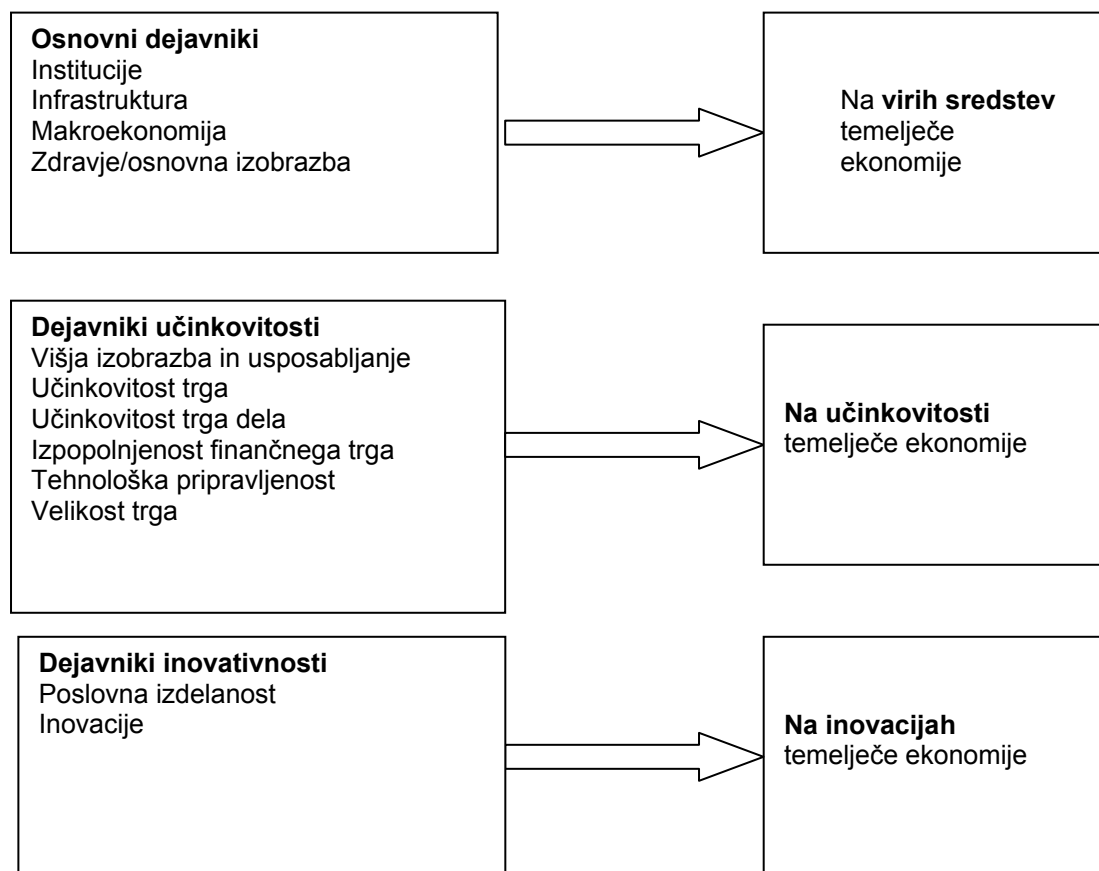
Vloga vlade je ključna pri konkurenčnosti države. Pri tem je potrebno navesti, da vlada ustvarja pogoje za konkurenčnost, katero dosegajo posamezne panoge oziroma podjetja sama. Vloga vlade je zaposlitev vseh virov, to je delovnih virov in kapitala z povečevanjem produktivnosti. Za doseg tega je potrebno politiko nenehno prilagajati spreminjajočemu okolju (Porter, 1990, 617).

MERJENJE »KONKURENČNOSTI DRŽAVE«

Pri ocenjevanju konkurenčnosti države gre za merjenje agregatnih indeksov in interdisciplinarnem povezovanju z drugimi področji. Ob tem je pomembna tudi vloga vseh, kateri sodelujejo v razvoju družbe, to je podjetij, vlade, zaposlenih, menedžerjev in lastnikov. Pri tem se povezujejo področja kot so tehnološka razvitost, zakonski okvir, poslovno okolje, urejanje področij trga dela, kapitala in blaga, politični sistem, infrastruktura, sistemi vrednot, informacijska opremljenost, zdravstvo in druga področja. Ob tem se ti dejavniki povezujejo na globalnem nivoju. Pomembno je njihovo prepletanje, doseganje sinergij in strateških konkurenčnih prednosti (Chiaiutta, 2007, 12-13).

Indeks globalne konkurenčnosti (GCI) Svetovnega ekonomskega foruma sestavljajo kazalniki 12 različnih, med seboj prepletajočih področij.

Tabela 1: Dejavniki konkurenčnosti držav po WEF



Vir: WEF (2009).

Svetovni gospodarski forum definira konkurenčnost kot preplet delovanja institucij, obstoječih strategij posamezne države in dejavnikov kateri neposredno vplivajo na produktivnost posamezne države. Pomembno je zagotavljanje vzdržne rasti posameznega gospodarstva. Kot takšen vsebuje tako statične kot dinamične komponente, aktere nepsoredno vplivajo na rast (WEF, 2010, 4). Svetovni gospodarski forum razlikuje 5 faze, katere so navedene na desni strani zgornje tabele. Posamezno stopnja je določena s pomočjo vrednosti BDP na prebivalca in z odstotno vrednostjo izvoza surovin v celotnem izvozu blaga in storitev posamezne države. V kolikor je delež večji od 70%, potem je država na prvi razvojni stopnji. Med posameznimi razvojnimi stopnjami so vmesne stopnje katere ponazarjajo proces prehoda ali tranzicije (WEF 2009).

Tabela 2: Stopnja razvoja posameznih držav po BDP na prebivalca

Razvojni stopnja	BDP na prebivalca v \$	Izbrane države v raziskavi
Na virih temelječa gospodarstva	< 2.000	
Na prehodu med 1. in 2. fazo	2.000-3.000	
Na učinkovitosti temelječa gospodarstva	3.000-9.000	BIH, Srbija, FYROM, Črna Gora, Albanija Romunija
Na prehodu med 2. in 3. fazo	9.000-17.000	Hrvaška, Madžarska, Poljska, Slovaška
Na inovacijah temelječa gospodarstva	>17.000	Češka rep., Slovenija

Vir: WEF (2010).

Posamezni sklopi imajo različno težo po razdelitvi držav v fazo razvoja. Po zgornji razdelitvi so države uvrščene v skupine po doseženi razvojni fazi.

Med državami v regiji obstajajo velike razlike. Prvo skupino tvorijo Češka republika, Slovenija in Slovaška, medtem ko je Poljska uvrščena vanjo na podlagi indeksa⁹ in ne na podlagi prihodka. V zadnji skupini so uvrščene Srbija, FYROM, Albanija, BIH in Črna Gora, katera je po indeksu ne pripada tej v skupini. Preseneča razkorak v konkurenčnosti Hrvaške in višino BDP.

Tabela 3: Uteži posameznih stopenj razvoja po doseženi stopnji razvoja

Stopnja razvoja	Na virih temelječa gospodarstva	Na učinkovitosti temelječa gospodarstva	Na inovacijah temelječa gospodarstva
Osnovni dejavniki	60%	40%	20%
Dejavniki učinkovitosti	35%	50%	50%
Dejavniki inovativnosti	5%	10%	30%

Vir: WEF (2010, 10).

Celoten koncept povzema konkurenčnost na srednji rok in dolgi rok. Z drugimi besedami to pomeni, da sprememba kratkoročnosti na kratek rok naj ne bi imela vpliva na indeks razen v primeru, če tudi vpliva na spremembo konkurenčnosti v daljšem obdobju.

GLOBALNI KONKURENČNI INDEX

Po analizi Svetovnega gospodarskega foruma so države v regiji razvrščene po podatkih, kot je prikazano v spodnjih tabelah za obdobji 2009-2010 in 2010-2011.

Tabela: Globalni Konkurenčni Index 2009-2010

Država	GCI	Mesto	PODINDEXI					
			Osnovni dejavniki	mesto	Dejavniki Učinkovitosti	mesto	Dejavniki inovativnosti	Mesto
Češka	4.67	31	4.78	45	4.78	24	4.40	26
Slovenija	4.55	37	5.18	29	4.49	37	4.23	30
Poljska	4.33	46	4.30	71	4.56	31	3.84	46
Slovaška	4.31	47	4.61	54	4.55	34	3.71	57
Madžarska	4.22	58	4.48	58	4.38	45	3.67	61
Črna Gora	4.16	62	4.43	65	4.06	65	3.56	68
Romunija	4.11	64	4.10	86	4.25	49	3.44	75
Hrvaška	4.03	72	4.62	52	4.05	67	3.49	72
Makedonija	3.95	84	4.27	73	3.83	85	3.23	93
Srbija	3.77	93	3.90	97	3.77	86	3.21	94
Albanija	3.72	96	4.04	90	3.63	93	2,90	121
BIH	3.53	109	3.74	100	3.50	100	2.80	127

Vir: WEF, The Global Competitiveness Report 2009-2010, 14-17.

BIH se nahaja prav na repu razpredelnice držav iz regije. Najslabše so ocenjeni dejavniki inovativnosti. Prav ti dejavniki so tudi slabše ocenjeni za celo regijo, kar lahko pojasnimo z prehodom iz enega ekonomskega sistema v drugega, torej iz planskega gospodarstva v tržno ekonomijo.

Tabela: Globalni Konkurenčni Index 2010-2011

Država	GCI	Mesto	PODINDEXI					
			Osnovni dejavniki	mesto	Dejavniki Učinkovitosti	mesto	Dejavniki inovativnosti	Mesto
Češka	4.67	36	4.91	44	4.66	28	4.19	30
Poljska	4.51	39	4.69	56	4.62	30	3.76	50
Slovenija	4.42	45	5.18	34	4.33	46	4.08	35
Črna Gora	4.39	49	4,90	45	4.08	64	3.67	56

⁹ Globalnega konkurenčnega indeksa. Pregled v spodnjih tabelah.

Madžarska	4.33	52	4.65	59	4.38	41	3.71	51
Slovaška	4.25	60	4.77	53	4.43	37	3.54	63
Romunija	4.16	67	4.36	77	4.18	54	3.24	91
Hrvaška	4.04	77	4.78	50	3.97	76	3.32	85
Makedonija	4,02	79	4.55	70	3.84	83	3.20	97
Albanija	3.94	88	4.38	75	3.77	89	3.05	104
Srbija	3.84	96	4.15	93	3.75	93	3.04	107
BIH	3.70	102	4.05	98	3.57	100	2.93	120

Vir: WEF, The Global Competitiveness Report 2010-2011, 14-17.

Mesto v razvrstitvi globalne konkurenčnosti so izboljšale Poljska, Madžarska, Črna Gora, FYROM in BIH. BIH je napredovala za 5 mest. Bolje je ocenjena po vseh dejavnikih, kar kaže na pozitiven trend in izboljšanje razmer.

GLOBALNI KONKURENČNI INDEKS ZA BIH

Globalni konkurenčni indeks se je za BIH malenkostno poslabšal, saj je leta 2007-08 znašal 3.6, enako tudi leto kasneje, medtem ko je vrednost za leto 2009-10 le 3.5. (WEF, 2010, 92). Zadnji objavljeni podatki za obdobje 2010-2011 je 3,7, kar pomeni vrednostno izboljšanje v primerjavi z letom poprej (WEF, 2011, 102). Za podrobnejšo analizo je potrebno navesti vrednosti po posameznih indikatorjih za BIH.

Tabela: Vrednost posameznih indikatorjev za BIH po WEF za obdobje 2009-2010 in 2010-2011.

Dejavnik	2009-2010		2010-2011	
	Mesto	Vrednost	Mesto	Vrednost
Osnovni dejavniki	100	3,7	98	4.1
Institucije	128	2.9	126	3.1
Infrastruktura	128	2.2	98	3.2
Makroekonomska stabilnost	69	4.6	81	4.5
Zdravstvo in osnovno izobraževanje	75	5.3	89	5.4
Dejavniki učinkovitosti	100	3.5	100	3.6
Visoko šolstvo	86	3.7	88	3.8
Učinkovitost trga	125	3.4	127	3.6
Trg dela	94	4.1	94	4.2
Razvitost finančnega trga	104	3.7	113	3.5
Tehnološka pismenost	95	3.0	85	3.4
Velikost trga	90	3.2	93	3.2
Dejavniki inovativnosti	127	2.8	120	2.9
Poslovna izdelanost	117	3.3	115	3.3
Inovacije	131	2.3	120	2.6

Vir: WEF, The Global Competitiveness Report 2009-2010, 92-93 in 2010-2011, 102-103.

Potrebno je narediti konkretnjšo analizo posameznih dejavnikov. Za obdobje 2009-10 je nizko ocenjen dejavnik infrastrukture. Slabo razvita infrastruktura v vseh segmentih je posledica vojne v prejšnjem desetletju. Dolžina avtocestnega omrežja je majhna. Prevoz blaga po železnici traja predolgo zaradi dotrajane infrastrukture in tudi stare opremljenosti vlakov. Kapaciteta pretoka blaga za luko Ploče je potrebno povečati. Drugo izrazito slabo vrednost dosega BIH pri inovacijah. Desetletje počasnejšega razvoja se pozna tako v neposrednem kot tudi posrednem pomenu. Vendar je očiten napredek v razvrstitvi glede na izbrane države. Za obdobje 2010-2011 preseneča primerjalno slabše ocenjen dejavnik razvitosti finančnega trga, kar je verjetno posledica svetovne finančne krize. Velik napredek se kaže tudi v tehnološki pismenosti prebivalstva (število priključkov interneta, naročnikov interneta...). Nizko so ocenjeni dejavniki prenosa tehnologij preko neposrednih tujih investicij in dostopnost do modernih tehnoloških dosežkov.

Tabela: SWOT analiza konkurenčnosti BIH 2009-10

PREDNOSTI	SLABOSTI
Ogroženost države (terorizem) Energetski potencijal Zdravstvo Kvaliteta osnovnega izobraževanja (matematika, naravoslovne znanosti) Fleksibilnost trga dela Delež žensk v celotni delovni sili Računalniška pismenost (število priključkov uporabnikov interneta)	Učinkovitost pravnega sistema in administrativne ovire Infrastruktura (ceste, železnice, luka) Plače in produktivnost Usposobljenost managementa Tehnološka raven podjetij in sposobnost osvojitve novih tehnologij Sodelovanje univerz/gospodarstva Inovacijska politika vlade Razvitost finančnega trga Odprtost gospodarstva
PRILOŽNOSTI	NEVARNOSTI
Zakonski in pravni okvir Stabilnost domače valute Davčna politika Neposredne tuje investicije Vzpostavitev učinkovitih gospodarskih mehanizmov (protimonopolna zakonodaja...) Izkoristiti potencial v upravljanju (managementu) Tehnološka opremljenost podjetij Razvoj podjetništva	Počasne politične in zakonske spremembe, kar se odraža tudi v ekonomiji Učinkovitost birokracije Vzpostavitev tržnih mehanizmov Premalo konkurence na trgu Nizka fleksibilnost prebivalstva

Vir: lastna analiza GCI 2009-2010.

Tabela: SWOT analiza konkurenčnosti BIH 2009-10

PREDNOSTI	SLABOSTI
Ogroženost države (terorizem) Energetski potencijal Zdravstvo Kvaliteta osnovnega izobraževanja (matematika, naravoslovne znanosti) Fleksibilnost trga dela Delež žensk v celotni delovni sili Nizka stopnja inflacije in stabilen tečaj valute Efektivna stopnja obdavčitve	Učinkovitost pravnega sistema in administrativne ovire Infrastruktura (ceste, železnice, luka) Razmerje cene dela in produktivnost Zanesljivost managementa Tehnološka raven podjetij in sposobnost osvojitve novih tehnologij Vlaganja v raziskave in razvoj Dostop do kapitala in posojil je omejen Kreditni rejting države
PRILOŽNOSTI	NEVARNOSTI
Zakonski in pravni okvir Vključevanje v mednarodne ekonomske tokove (sodelovanje, neposredne tuje investicije) Tehnološka opremljenost podjetij Izboljšati učinkovitost upravljanja (managementa) Razvoj podjetništva Vzpostavitev grozdov in industrijskih območij	Počasne politične in zakonske spremembe, Etičnost obnašanja (podjetja, management) Učinkovitost birokracije Zmanjšanje konkurence na trgu zaradi krize Povečanje brezposelnosti Uravnoteženost proračuna in primanjkljaj Nenaklonjenost tujemu kapitalu

Vir: lastna analiza GCI 2010-2011.

ZAKLJUČEK

Konkurenčnost BIH se spreminja. Spremembe so prepočasne v kolikor jih primerjamo z preostalimi državami v regiji. Najbolj očiten je razkorak med osnovnimi dejavniki in dejavnikom inovativnosti. Ključna je vloga vlade. Le ta se je osredotočila na stabilnost makroekonomskega sistema (nizka inflacijska stopnja, stabilna valuta). Končni cilj mora biti ustvarjati pozitivne pogoje za gospodarstvo. Administrativni okvir mora biti bolj fleksibilen. Potrebno ustvariti primerne pogoje za delovanje gospodarstva. Pravni sistem je potrebno narediti bolj učinkovitega in kvalitetnejšega. Hitro odpiranje novih podjetij, zmanjševanje birokratskih ovir in poenotenje predpisov lahko pozitivno vlivajo na vzpostavljanje primernih pogojev.

Velik potencial za napredek se skriva tudi na področju delovne sile. Osnovni izobraževalni sistem daje dobro podlago tako v matematičnih kot naravoslovni znanostih. Potrebno je nadgraditi uporabno vrednost tega znanja skozi učinkovitejši terciarni sistem, osvojitvijo

tehnološko zahtevnijih procesov skozi prenos znanja od zunaj in vlaganjem v raziskave in razvoj. Prenos znanja med univerzami in gospodarstvom je potrebno izboljšati in narediti obojestranskega. Velik potencial se kaže tudi pri sodelovanju aktivne ženske populacije v gospodarstvu. Takšen proces mora biti trajen.

Bosna in Hercegovina ima dobre pogoje za neposredne tuje investicije. Vpliv le teh je po številnih študijah pozitiven na razvoj domačega gospodarstva, prihaja do večje zaposlenosti resursov za delo, hitrejši je prenos znanja (»t.i. Spillover efect«) in poveča se vključenost v sodobne trgovinske tokove.

Politika države glede vlaganj v raziskave in razvoj je ključna. Sodelovanje Univerz in gospodarstva nujno skozi ustanovitev regionalnih razvojnih agencij, podjetniških con in tehnoloških parkov. Tehnološki parki so lahko nosilci razvoja podjetništva, pretoka in izmenjave znanja in različnih tehnologij. Pomembno je vključevanje znanstvene sfere, to je univerz v delovanje samih tehnoloških parkov in neposredno z gospodarstvom. Skratka TP so najboljše orodje za regionalni razvoj (Petković, 2006, 3-11).

BIH ima dobro osnovo za hiter napredek v prihodnje. Potrebno je slediti samo enemu cilju, to je kako ustvariti pogoje za učinkovitejše delovanje gospodarstva in boljše življenje vseh.

LITERATURA IN VIRI:

1. Chiautta, Andrej. 2007. Paradigma konkurenčnosti držav in analiza Slovenije po sistemu WEF in IMD za leto 2006. Delovni zvezki Umar 7/2007, let. XVI. [online]. http://www.umar.gov.si/fileadmin/user_upload/publikacije/dz/2007/dz07-07.pdf. [Ogled 04.05.2010].
2. Hämläinen, J., T., 2003. National competitiveness and economic growth: the changing determinants of economic performance in the world economy. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
3. Garelli, Stephane. 2006. Top class competitors: how nations, firms and individuals succeed in the new world of competitiveness. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
4. Krugman, R. Paul in Maurice Obstfeld. 2003. International Economics: theory and practice. Reading: Addison-Wesley.
5. Petković, Darko. 2006. Tehnološki parkovi – više od mjesta za tehnološki transfer i razvoj preduzetništva. Zenica: Univerzitet u Zenici.
6. Porter, Michel. 1990. The Competitive Advantage of Nations. London: MacMillan Press Ltd.
7. World Economic Forum. 2009. Global competitiveness report 2009-2010 [online]. <http://www.weforum.org/pdf/GCR09/GCR20092010fullreport.pdf>. [Ogled 04.07.2010].
8. World Economic Forum. 2010. Global competitiveness report 2010-2011 [online]. <http://www.weforum.org/documents/GCR10/index.html>. [Ogled 16.09.2010].

O autoru:

Matjaž Rihtaršič je dipl. ekonomista. Istovremeno je postdiplomski student Managementa na Univerzitetu Primorska, Fakulteta za Management u Kopru, Slovenija. Trenutačno završava naučni magisterij sa radom na tematiku "Perspektivnost BIH za aspekta globalizacije automobilske industrije".

DIJAMANTSKI PRAH I POLUDRAGO KAMENJE U PRIMJENI ZA TEHNIČKE SVRHE

Palalić Maid
V.prof. dr. Nađija Haračić
Univerzitet u Zenici
Mašinski fakultet

REZIME

Sa progresom nauke i tehnike, tradicionalni mašinski materijali postižu zasićenje u proizvodnji i potrošnji pa se sve više zamjenjuju novim, naročito kompozitnim materijalima u koje spadaju i legure obogaćene dijamantskim prahom kao i drugim, dragim i poludragim kamenjem.. Ovi materijali se sve više koriste za razne alate i dijelove uređaja, kako u mašinskoj industriji i građevinarstvu, tako i u hirurgiji i stomatologiji. Primjena dijamantskih alata npr. maksimalno produžava vijek trajanja određenih mašina, zadržava dugotrajnost oštrice (50 do 100 puta više nego standardnog alat a), smanjuje ukupne troškove alata i njihovo održavanje.

U ovom radu su na osnovu literaturnih podataka, prikazane neke najvažnije vrste materijala na bazi dijamantskog praha i poludragog kamenja u primjeni za alate za rezanje , bušenje, brušenje i poliranje sa osvrtom na njihove najvažnije osobine koje omogućavaju njihovu primjenu u tehničke svrhe.

Ključne riječi: dijamant,dijamantski prah,dijamantski alat, dijamantske oštrice

1. UVOD

Od samog početka postojanja civilizacije osjeća se potreba za unapređenjem, koja je usko povezana sa otkrivanjem, dobivanjem, prerađivanjem i oblikovanjem materijala u obradive tvorevine. Rana razdoblja u historiji su poistovjećivana sa vrstom otkrivenog materijala ili najčešće korištenim materijalima za oružja, alate, posude, nakit i slične predmete za svakodnevnu upotrebu. Želja za kvalitetnijim i lakšim životom poticala je i potiče ljude na izradu sve složenijih tvorevina, čije se nove funkcije i svojstva ne mogu ostvariti sa klasičnim materijalima. S druge strane, otkrivanje i proizvodnja novih vrsta materijala omogućila je i potakla izradu raznovrsnih pomagala, uređaja, mašina, dijelova za mašine i razvoj novih tehnika i tehnologija. Posmatranje i analiza strukture ugrađenih materijala u automobil, mašinu, brod ili čamac, bicikl, bilo koji kućanski aparat, igračku, sportsku spravu nekad (doba naših očeva ili djedova) i danas, pokazuju da su oni sastavljeni od bitno drugačijih vrsta materijala [1]. Današnje konstrukcije su lakše, trajnije, pouzdanije, dugotrajnije, manje podložne vanjskim uticajima i ljepše od sličnih, nekad. Broj, raznovrsnost i količine materijala u stalnom su porastu - od masovne količine manjeg broja vrsta do današnjih vrlo velikih količina mnogobrojnih kombinacija tipova. Danas se procjenjuje da raspolažemo s oko 70 000 vrsta tehničkih materijala. U posljednjih 50-tak godina u upotrebu je ušlo više novih materijala nego u svim prethodnim stoljećima! Materijali na bazi željeza postižu zasićenje u proizvodnji i potrošnji, a istovremeno raste udio primjene aluminijskih, titanovih, magnezijjskih, i drugih legura, polimernih i keramičkih i posebno kompozitnih materijala. Također sve više se koriste legure obogaćene poludragim i dragim kamenjem te dijamantskom prašinom posebno u industriji, građevinarstvu i proizvodnji industrijskih i građevinskih mašina.

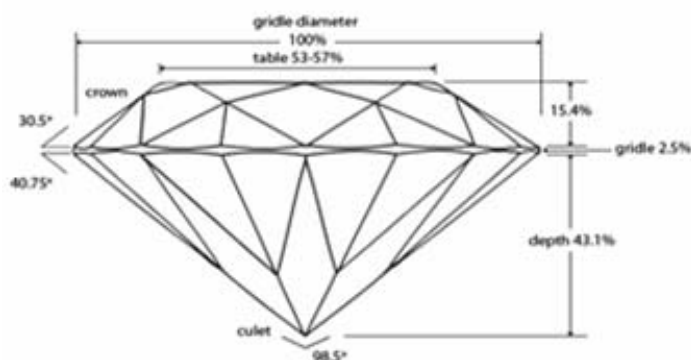
2. MATERIJALI NA BAZI DIJAMANTSKOG PRAHA

Naziv dijamant potiče od grčke riječi adamas – nepobjediv, odgovara najtvrdem od svih poznatih minerala, koji je čuven po raskošnom sjaju. Premda je njegova presudna pojava jedinstvena, sastavljen je od najraširenijeg hemijskog elementa u prirodi – ugljika. Svaki atom ugljika je čvrsto povezan sa četiri susjedna atoma, što stvara izvanredno stabilnu prostornu rešetku dijamanta, koja daje najveću poznatu tvrdoću (na Mohsovoj skali). Zbog te velike tvrdoće dijamant se koristi za izradu industrijskih reznih alata. Kao zamjena za dijamant od 1976. godine koristi se sintetički, kubni cirkonij prvo za izradu nakita, a potom u industrijske svrhe.

Na ljestvici tvrdoće minerala, pravi dijamant ima vrijednost 10, u odnosu na tvrdoću u rasponu 8,5 - 9 za kubni cirkonij (CZ). Kubni cirkonij ima indeks loma (sposobnost da se prelomi zraka svjetla u bojama crvena, narančasta, zelena, žuta, ljubičasta, plava) od 2,15 - 2,18, u usporedbi sa 2,42 za pravi dijamant. U prošlom vijeku korištenje i potrošnja sintetičkog poludragog kamenja u tehničke svrhe je znatno narasla. Veliki dio ovog porasta, je izravna posljedica priznavanja dragog kamenja kao dostignuća u napretku tehnologije, a ne samo kao jeftina zamjena za prirodne dragulje. Godišnja proizvodnja sintetičkog dragog kamenja i simulanaata je trenutno u vrijednosti omjera s proizvodnjom prirodnih dragulja na oko dva i po puta.

2.1. Opšte osobine dijamanta

Mineral dijamant je alotropska modifikacija ugljika. Dijamant je najtvrdi mineral u prirodi. Dijamant ima najveću temperaturu tališta (3820 K ili 3547 °C), toplinsku vodljivost i najnižu molarnu entropiju (2,4 J mol⁻¹ K⁻¹) od bilo kojeg elementa.



Slika 1. brušeni dijamant [5]

Pri atmosferskom tlaku i sobnoj temperaturi, dijamant je termodinamički nestabilan, te se konvertira u grafit, ali ta konverzija je toliko spora da se dijamant smatra kinetički stabilnom supstancom. Grafit i dijamant su u ravnoteži pri 300 K na oko 15000 atmosfera. U prirodi dolazi u obliku dvije polimorfne modifikacije: kubični i heksagonski dijamant. Dijamant se, zbog svoje tvrdoće, koristi kao alat za rezanje, bušenje, brušenje i poliranje.

2.2. Kubni dijamant

Kubni dijamant je najpoznatija modifikacija dijamanta u kojoj se prirodni dijamant gotovo isključivo pojavljuje. Kubični dijamant nastaje u plinskim vulkanima (maar-ovima), naglim pothlađivanjem eruptivnog materijala koji je bio izložen ekstremnim tlakovima što odgovara uvjetima na dubinama oko 100 – 200 kilometara pod Zemljinom površinom. To su ujedno i jedina primarna prirodna ležišta dijamanta.

Zahvaljujući svojoj tvrdoći dijamant može putovati kroz Zemljinu koru na površinu, kamo je potiskivan vulkanskim slojem u koji je usađen. Kubični dijamant kristalizira u obliku dijamantne rešetke. Dijamant se može zapaliti u zraku, ako se zagrije na 600 do 800°C.

2.3. Struktura dijamanta

Struktura dijamanta je specifična - svaki atom ugljika vezan je za četiri druga atoma ugljika veoma jakim vezom u čvrstu četverostranu strukturu koju je praktično nemoguće razbiti. Upravo ovakva snažna mikrostruktura daje dijamantu izuzetnu čvrstinu. Sa slike 2.B se vidi da je svaki atom tetraedarski povezan sa četiri druga C-atoma. Time se dobiva beskonačna prostorna rešetka, odnosno čitav kristal je golema molekula. Zbog toga je ovaj kristal izvanredno tvrd i ima visoko talište. Ova svojstva rezultat su i prostorne usmjerenosti i jakosti C-C veze. Prema tome je položaj atoma je strogo fiksiran i ne može se pomicati. U atomu dijamanta sva četiri elektrona su sparena. Time sve četiri raspoložive Sp^3 -hibridne orbitale popunjene, pa je nemoguće da se još jedan elektron smjesti u bilo koji C-atom. Zbog toga dijamant je izolator za električnu struju.

2.4. Tvrdoća dijamanta

Dijamant je najtvrdja materija poznata čovjeku. Sa strukturnog gledišta, pod tvrdoćom se podrazumjeva otpornost minerala na mehaničke deformacije. Praktično to je otpornost minerala na paranje. Ako se želi odrediti tvrdoća, potrebno je zagrebat i nekim oštrim predmetom tj tvrdom materijom. Za određivanje relativne tvrdoće, koristi se Mohos-ova skala koja predstavlja niz od deset minerala poredanih po tvrdoći, od kojih je talk ili milovka na prvom mjestu (najmekši) a dijamant na posljednjem mjestu (najtvrdi).

Kristališe teseralno u tetraedarskoj hemiedriji. Kristalna struktura je oktaedarskog habitusa a rjeđe heksaedarskog i rombdodekaedarskog. Zrna dijamanta često su zaobljena ili nagrižena.

Mase: 3.51 g/cm³

Sjaj: dijamantni (dijamantni je definicija za taj tip sjaja, postoji još staklasti, polumetalni i metalni).

Boja: bezbojni, nijanse žute, plavi itd.

Indeks loma: 2,4175 na sinusoidi 589,3 nm

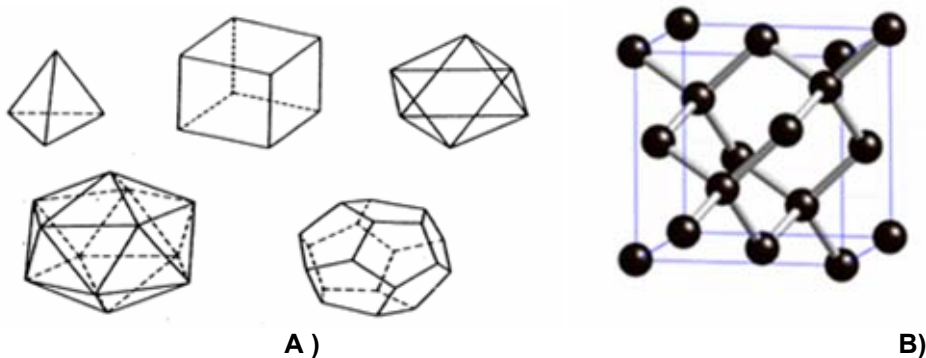
Dvolom: normalno zanemarljiv, povremeno atipični (npr. napon)

Disperzija: visoka (0.044) prouzrokuje šarene boje prilikom loma.

Optička propusnost: propusni u širokom spektru sinusoida, izvrstan materijal za optiku

Toplinska vodljivost: kvalitetna, 2.000-2.500 (W/m.K); Pet puta viša od bakra jako dobar toplinski vodič.

Električna vodljivost: na sobnoj temperaturi uobičajeno izolator.



Sl.2. kristalni oblici i kristalna rešetka dijamanta

Hemijski, dijamant nije mnogo aktivan; ne rastvara se ni u jednoj tečnosti, niti na njega djeluju neoksidativne kiseline i baze. Stopljeni kalijumhidrofluorid pomiješan sa 5% šalitre neznatno djeluje na dijamant. Smjesa kalijumdihromata i sumporne kiseline oksiduju dijamant u ugljendioksid na temperaturi oko 200 C. Zagrijavanjem na zraku dijamant na temperaturi iznad 8000 C polagano izgara, a u čistom kisiku uz prisustvo bijele svjetlosti stvara ugljik (IV)-oksid, pri čemu ostaje samo trag pepela (uglavnom silicijum-dioksid i oksid gvožđa). Zagrijavanjem na temperaturi iznad 15000 C bez prisustva zraka dijamant ubrzano

prelazi u stabilniji grafit uz oslobađanje toplote. Temperatura paljenja dijamenta varira između 7000C i 9000C što zavisi od tvrdoće datog primjerka.

Prilično je teško sagorjeti dijament osim ako se on zagrijava na parčetu platinskog lima koji se održava na crvenom usijanju zagrijavanjem pomoću električne struje.

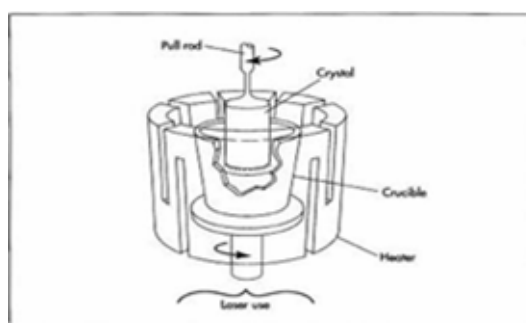
3. PROCES PROIZVODNJE UMJETNOG DIJAMANTA

Sirovina: kubni cirkonij (zamjena za dijament) je napravljen od mješavine visoke čistoće cirkonij-oksida i stabiliziranog praška magnezija i kalcija. Količina svakog sastojka se pažljivo kontrolira, uz određene dodatke. Proizvođači sintetskih i stimulativnih dijamanata koriste različite metode proizvodnje kao što su metoda kontrolisanog pritiska i metoda kontrole topljenja. Rješenje tehnika za izradu sintetičkih dragulja uključuju „fluks“ metode za smaragd, rubin, safir, spinel, i aleksandrit. Drugo rješenje je hidrotermalna metoda, često se koristi za uzgoj berila (smaragd, akvamarin, i morganit) i kvarca. Ova metoda koristi veliki pritisak. Ostale tehnike uključuju čvrste ili tekuće reakcije i fazne transformacije za žad, parne faze taloženja za rubin te „skull“ tehnike topljenja. Francuski hemičar Edmond Fremy je prvi uspio proizvesti komercijalni sintetički dragulj 1877. god. To su bili mali rubin kristali koji su se uvećali spajanjem smjese koja sadrži aluminij oksid u glinenoj retorti; proces traje oko osam dana. Nazvani su obnovljenim rubinima. 1885. god. postignuta je druga metoda spajanja većih rubina pomoću procesa fuzije plamena i glinice u prahu. Kasnije safir, spinel, rutil i stroncij titanat su proizvedeni s ovom tehnikom, također poznatom kao Vemeuil metoda.

Czochralski – metoda rasta izvlačenjem se razvila oko 1917. god. od istoimenog znanstvenika, koja se koristi za rubin, safir, spinel, irij-aluminij. Po ovoj metodi, sastojci u prahu su stopljeni u platini, iridiju i grafitu. Klince kristala su instalirane na jedan kraj rotirajućeg štapa; štap se spušta dok klince samo dodiruju topitelj, a zatim se štap polako podiže. Kristal raste, kao sjeme povlači materijal iz topitelja, a materijal se hladi i stvrdnjava. Zbog površinskog napona taline, rastući kristal ostaje u kontaktu s rastaljenim materijalom i nastavlja da raste dok se taljevina ne iscrpi. Kristalna klica je izvučena iz taljevine po stopi od 0,0394 do 3,94 u (1-100 mm) po satu. Ovom metodom nastaju kristali visoke čistoće i mogu biti više od 50 mm u promjeru i 1 m dužine.

„SKULL“ metoda topljenja koristi se za kubni cirkonij, te će biti detaljnije opisana u nastavku. Određeni dragulji predstavljaju problem kada su pokušani da se povećaju. Problemi nastaju zbog određenih materijala koji su toliko inertni da se ne mogu otopiti ni u platini ni u iridiju ili se oni tope na višim temperaturama nego sto podložni materijal može izdržati. Zbog toga se mora koristiti drugi sistem topljenja pod nazivom „skull“ sistem. Kubni cirkonij, zbog svoje visoke tačke tališta mora da se izrađuje ovom metodom.

SKULL“ je šuplja bakrena posuda u obliku čaše. Voda cirkulira kroz šuplje zidove zbog hlađenja. Čaša se puni sa mrvljenim sastojcima i zagrijava radiofrekventnom indukcijom dok se prah ne istopi. Budući da voda hladi zidove „školjke“ praškasti materijali uz zidove ne tope, a taljevina ostaje unutar posude istopljena. Kada se izvor toplote ukloni i sistemu se dopusti da se ohladi kristalna forma zauzima svoj položaj. Veličina minerala zavisi od količine nukleacije.



SL. 3. „SKULL“ postupak proizvodnje dijamenta

3.1 Kontrola kvaliteta

Kvalitet dragog kamena bio on vještački stvoren ili prirodni određuju 4 parametra: karat, boja, rez i čistoća. Kombinacijom ova četiri parametra određuje se konačna kvaliteta kamena. Sintetički kamen je uvijek teži u odnosu na pravi dijamant. Dok boju i čistoću priroda diktira kod prirodnog dijamanta (uglavnom bezbojan, ali postoje i žuti, smeđi, ružičasti, zeleni i plavi; rijetko crvni), vještačko kamenje ima kontrolisane uslove nastajanja pa tako i kontrolisane boju i čistoću. Rez zavisi individualno od čovjeka koji reže mineral i njegova kvaliteta je usko povezana s tim. Godine 1919. Marcel Tolkowsky student mašinstva određuje odgovarajuće proporcije po kojima dijamant treba da se reže da bi se dobila maksimalna blistavost. Ovaj način rezanja poznat kao briljantni rez (Brilliant Cut) je objektivno mjerilo usvojeno standardom. Svaki dijamantski rez ima 58 ravni (faceta) rezan pod tačno, matematički izračunatim uglovima da maksimalno apsorbuju i reflektuju svjetlost.

4. ALATI ZA BUŠENJE, REZANJE I BRUŠENJE NA BAZI DIJAMANTSKOG PRAHA

4.1 Boreri i vrste borera

Spiralni boreri se koriste za različite kategorije materijala: za drvo, čelik, aluminijum, ne čelične materijale, keramiku, kamen i beton. Iako izgledaju slično kada se pogleda onako od oka. Ipak postoje velike razlike u oblicima i tvrdoći te u materijalu od kojeg su napravljene. Boreri za drvo se mogu prepoznati po centriranom vrhu. Osim borera za oplatu. Centrirani vrh omogućuje tačno pozicioniranje, po dvjema u ravnoj liniji postavljenim nasuprot postraničnim oštricama te po oštrim spiralnim stranama. Obično se izrađuju frezanjem iz masivnog CV (hrom-vanadijum) tvorničkog čelika ili u slučaju visokokvalitetnih izvedbi brušenjem iz tog materijala. Brušene varijante imaju jednak promjer borera od vrha do korijena, a frezani tipovi se proizvode za velike promjere rupa i imaju istureno tijelo borera. Posebno za «ako» bušilice se proizvode extra kratki specijalni boreri za drvo od visokokvalitetnog brzoreznog čelika. Ona se mogu fixirati u šeskant ulegnuće stezne glave borera, a svrha im je olakšavanje pri radu u tijesnim uslovima.

Levis boreri za drvo koji se zbog svog oblika nazivaju i zmijasti boreri imaju centrirajući vrh sa konusnim navojem za brzo prodiranje i tačno vođenje. Karakteristične spirale imaju ulogu izbacivanja piljevine. Kompozitni materijali na bazi drveta tvrđi su od prirodnog masivnog drveta što rezultira bržim trošenjem borera. Tu pomažu univerzalni boreri sa oštricama od tvrdog metala na vrhu. Sa njima je moguće bušiti iverice i višeslojne drvene ploče precizno i čisto. Pri proizvodnji neprobijajućih rupa može se birati između šumarskih borera i borera za umjetne materijale. Oba imaju centrirajući vrh, ali samo kod prvog prodiranje olakšavaju dvije kružne oštrice sa strana. Jeftiniji borer za umjetne materijale ima samo dva jednostavna prednja sjekača. Kod bušenja sa frezom za upuštanje, nisu cilj precizne rupe nego stvaranje glatkih preciznih ispuna za rupe. One se koriste za popunjavanje rupa i oštećenja drvenih ploča, ili za pokrivanje mjesta sa upuštenim vijcima. Metali se buše uglavnom sa hss borerima legiranim hromom i kobaltom. Ipak postoje bitne razlike na primjer u bušenje mekog aluminijuma i bušenje tvrdog plemenitog čelika. Prema tome su napravljeni specijalni boreri za pojedine metale. Karoserijski boreri, kao što im samo ima kaže služe za bušenje tankih limova. Zašiljeni vrh omogućuje veliku preciznost bez odlamanja lima. Koriste se kod fixnih statičnih bušilica, i u dvostranoj izvedbi. Za bušenje limova i tankih umjetnih materijala koriste se konusni boreri i stepenasti boreri. Kod tih izvedbi promjer rupe zavisi o dubini bušenja, što otežava preciznije bušenje. Za čelik, liveno željezo te za ne željezne metale koriste se hss spiralni boreri sa čunjastim vrhom. Da ne bi došlo do otklizavanja vrha borera, prethodno se otačka mjesto bušenja. Postoje boreri za čelik koja malo podsjećaju na borere za drvo i poput njih omogućuju precizno bušenje bez odlamanja materijala. Sa specijalnim oblaganjem površine borera može se uticati na trajnost, trenje i tvrdoću alata. Tako recimo titanom obloženi spiralni boreri, koji se prepoznaju po zlatnoj boji brže i lakše od običnih hss borera prodiru kroz čelik liveno željezo i aluminijum. Kod vrlo tvrdih materijala kao što je nirost, pomaže jedino borer obložen kobaltom, ili u ekstremnim situacijama sinterirani borer od

tvrdog metala sa velikim udjelom kobalta i volframa. Pri obradi mekih materijala kao što su bakar ili aluminij također su potrebni posebni boreri. Obični hss boreri pri forsiranju u mekom materijalu mogu se zaglaviti i ostaviti nepravilne rupe. Tu mogu pomoći boreri za aluminij sa plosnatim čunjastim vrhom i izbočenim oštrim stranama. Slično vrijedi i za borere za bakar koji su osim za bakar dobri i za legure kao što su mjed i bronza. Protiv pregrijavanja borera, osi odabira pravog borera, može pomoći i aktivno hlađenje posebnim sredstvom za podmazivanje. Kod željeznih materijala i mašinske bronzne dovoljno je nekoliko kapi ulja za šivaće mašine ili kontaktni sprej ili sprej za podmazivanje sa dodatkom molibdena da bi borer radio puno lakše. Kod dubokih bušenja u tvrdim materijalima potrebno je povremeno obustaviti bušenje da bi se borer ohladio i uklonile krhotine.

4.2. Bušenje stakla, keramike, kamena i betona

Oblik borera za bušenje stakla više podsjeća na vrh strijele nego na borer. Oštrice su dijamantno brušene i bez problema buše osim stakla porculan i pločice(keramičke). Šiljasti borer prodire čistom rotacijom pri malom broju okretaja. Kod rotacionog bušenja keramike i pločica obično se koriste spiralni boreri sa oštricama od tvrdog metala i keramičkim šlifom. Ovi boreri su dobri i za mermer, tj bušenje kroz mermer. Sa ovim borerima se nikako ne smije vršiti udarno bušenje, a broj okretaja treba da bude što niži. Skupa ali otpornija alternativa su specijalni boreri sa oblogom od finih dijamantskih krhotina. Kao boreri za kamen prikladni su Widia boreri. Tu je također riječ o spiralnim borerima sa oštricama od tvrdih materijala.

Mogu da se nabave sa svim standardnim vrstama tijela borera, od cilindričnih i šeskantnih do sds izvedbi. Kod udarnih bušilica sa nazubljenom steznom glavom bolja je šeskantna izvedba od cilindrične jer ne dolazi do labavljenja borera pri jakim vibracijama i jakim udarima. Sds ili udarni čekići su prvi izbor kod bušenja u beton. Konstruisani su za rad u najtežim uslovima i ne posustaju ni kod debljih betonskih zidova na tržištu je također moguće naći veliki broj borera za beton i specijalnih dlijeta kojima se ne buši nego šteta. U standardnu opremu bušilica također spadaju i kružne pile za bušenje rupa i rezači rupa kojima se mogu bušiti i vrlo velike rupe u pločastim materijalima zidanim zidovima i betonu. Jednostavne kružne pile za rupe od čeličnih limova dolaze sa zamjenjivim umetcima i fiksnim promjerom.

Za istovjetan rad sa zidanim materijalima ili betonom potrebne su visoko vrijedne nazubljene stezne glave sa oblogom od tvrdih materijala. «Dijamantska oštrica» se koristi u gađevinarstvu i mašinstvu, a može biti cirkular, nož ili borer. Dijamantska prašina utisnuta u vrhove daje im nevjerovatnu oštrinu i otpornost na trenje i habanje. Mogu rezati i bušiti površine kao što su granit, mramor i razne vrste čelika. Alati sa dijamantskom prašinom također se mogu koristiti kao industrijski polir, visokokvalitetni abraziv, može se koristiti pri visoko-sjajnom poliranju drugih materijala.



SL.4. STOLNA REZAČICA ZA REZANJE BLOKOVA I RUBNJAKA (LISSMAC DTS 271)



SL. 5. STOLNA REZAČICA ZA CIGLU I KOCKE (LISSMAC ATS 120-T 600)

4.3 Set alata sa dijamantskim oštricama

Tabela 1. lasersko oblikovanih dijamantskih oštrica


SLIKA DIJAMANTSKE OŠTRICE	NAČIN KORIŠTENJA	KVALITET (PCS)
 <p>Višenamjenska dijamantska oštrica tipa profesional</p>	<p>Beton jačine iznad 10Nm, Pojačani beton, Ivičnjake, Betonske cijevi, građevinska cigla, grede</p>	<p>100 25 10 5</p>
 <p>Oštrica za brzo rezanje tipa dijamant</p>	<p>Granit, Tvrda cigla, Kamen za popločavanje, Sušeni beton, Tvrđi kamen</p>	<p>100 25 10</p>
 <p>Granitna dijamantska oštrica</p>	<p>Granit, Pješčenjak, krečnjak</p>	<p>100 25 10</p>
 <p>Oštrica za suhi beton tipa dijamant</p>	<p>Suhi beton sa laganim ojačanjem</p>	<p>25 10 5</p>
 <p>Asfaltna/betonska dijamantna oštrica</p>	<p>Asfalt, Zeleni beton, Šupljikavi beton, Podna kaldrma, Šljaka blok</p>	<p>10 5</p>
 <p>Dijamantska oštrica tipa „split segment heavy duty</p>	<p>Beton, Zidanje Mekani do srednje tvrdi građevinski materijal, Blokovi, cigla</p>	

Tabela 2. kontinuirano sinterirane dijamantske oštrice








SLIKA DIJAMANTSKE OŠTRICE	NAČIN KORIŠTENJA	KVALITET (PCS)
 <p>Multifunkcionalna sinterirana, dijamantska oštrica</p>	<p>Abrazivni materijali, Žbuka, Betonski blokovi (ispod 10 Nm), Lahor blokovi, Lučni blokovi, Kamen za pločanje, mehka cigla</p>	<p>100 25 10</p>
 <p>Kontinuirana J-slot oštrica</p>	<p>Specijalno izrađena za mramor, Porculan, Keramiku, crijep</p>	<p>25 10</p>
 <p>Višefunkcionalna D:I:Y; sinterirana oštrica</p>	<p>Abrazivni materijali, Žbuka, Betonski blokovi, lučni blokovi, lahor blokovi, mehka cigla</p>	<p>100 28 27 26 25</p>
 <p>Segmentna oštrica</p>	<p>Cigla, blokovi, krečnjak, šljaka blok, pješčenjak</p>	<p>100 28 27 26 25 10</p>
 <p>Segmentna turbo oštrica</p>	<p>Blok, Cigla, Krečnjak, Pješčenjak, Šljaka blok, Razni materijali,</p>	<p>100 28 27 26 25 10</p>

Tabela 3. naborno šiljaste dijamantske oštrice

SLIKA DIJAMANTSKE OŠTRICE	NAČIN KORIŠTENJA	KVALITET (PCS)
 <p>Naborno šiljasta, dijamantna oštrica</p>	<p>Cigla, Kamen, Krečnjak, Pješčenjak</p>	<p>100 25</p>
 <p>Ivična turbo oštrica; turbo oštrica, uskih zubaca</p>	<p>Crijep, Cigla, Blok, Beton i ostali građevinski materijal</p>	<p>100 25</p>

 <p>Sendvič naborno šiljasta, dijamantska oštrica</p>	<p>Ostavlja zaobljene ivice na mortu što odgovara većini arhitektonskih i građevinskih zahtjeva</p>	<p>100 25 10</p>
 <p>Oštrica za izradu navoja i zazora</p>	<p>Beton, Cigla, zidani kamen, blok</p>	<p>100 25</p>
 <p>Turbo oštrica samoobrubna oštrica</p>	<p>Beton, Cigla, Zidani kamen, Blok, ostali građevinski materijal</p>	<p>100 25 10</p>
 <p>Turbo oštrica, valjane jezgre</p>	<p>Crijep, Cigla, Blok, Beton i ostali građevinski materijal</p>	<p>100</p>

Tabela 4. set alata sa dijamantskim oštricama

NAZIV I SLIKA ALATA	DIMENZIJE
 <p>ADB060001</p>	<p>25 kom. dijamantskih oštrica za pilu 5 kom 115 mm segmentiranih oštrica 5 kom 115 mm turbo oštrica 5 kom 110 mm T.C.T. pila 1 kom 115 mm dijamantske ploče za brušenje 1 kom 10x200 mm konusna burgija</p>
 <p>ADB060002</p>	<p>6 kom oštrica sa dijamantnim jezgrom 1kom 107 X 150mm 1 kom 52 X 150mm 1 kom 28 X 300mm 1 kom 10 X 115mm SDS 1 kom 12 X 88mm HEX 1 kom 10 X 200mm A</p>



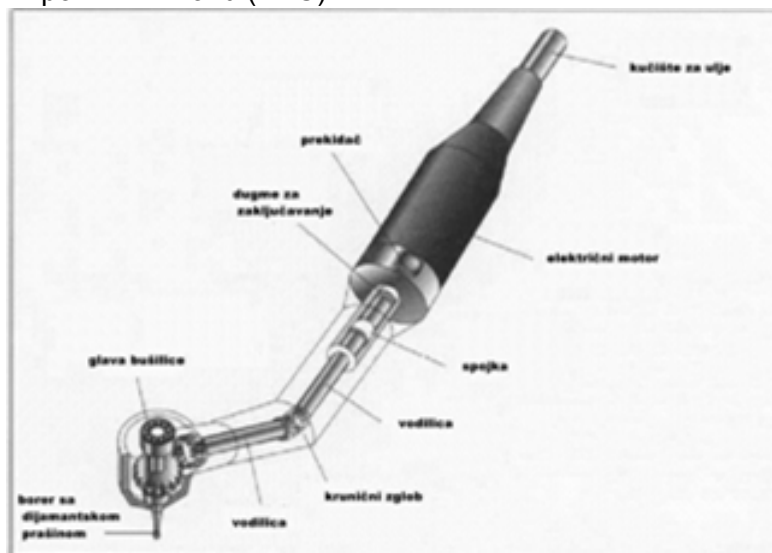
5. POLUDRAGO KAMENJE I DIJAMANTSKI PRAH ZA IZRADU INSTRUMENATA U MEDICINI I STOMATOLOGIJI

Poludrago kamenje i dijamantska prašina se također koristi i u izradi mašina za medicinu i zubotehniku gdje nalazi široku primjenu zbog svoje čvrstoće i čistoće materijala. Prvi tragovi upotrebe poludragog kamenja u stomatologiji pronađeni su kod Maja prije 1000 god. Oni su koristili kamene alatke od žada koji su bili u obliku duge cjevčice zaoštreni na vrhu. Rotirajući je između dlanova bili su u mogućnosti da probuše rupu u zubu. Ovaj alat je korišten većinom u religioznim ritualima. U to vrijeme ova tehnologija je bila nepoznata ostatku svijeta.

5.1 Sirovine za izradu

Stomatološke bušilice su izrađene od raznih vrsta materijala, uključujući metale i polimere koji su obogaćeni dijamantskom prašinom na dijelovima koji dolaze u dodir sa zubom. Ručke koje su kućište za motore i pokretne mehanizme mogu biti izrađene od lahke plastike ili metalne legure kao što je mesing. Najnaprednije ručke su izrađene od titanijuma. Borer je izrađen od volfram karbida, jednog od najtvrdih poznatih materijala obogaćenih sa dijamantskom prašinom.

Ostali materijali kao što su čelik, koriste se za unutarnje motore. Cijevi koje povezuju bušilicu sa glavnom izvorom energije su napravljene od fleksibilnih materijala kao što su polimerni silikoni ili polivinilni klorid (PVC).



Slika 5. stomatološka bušilica

6. POLIRNE PASTE S DIJAMANTSKIM PRAHOM

Dok brušenjem odstranjujemo materijal sa površine, poliranjem teoretski ne odstranjujemo nikakav materijal već izravnavamo neravnine, brazde i žljebove. Danas postupak poliranja shvatamo kao proces u kome pritiskom alata za poliranje, na koji je nanjena pasta za poliranje, toplotom koja se razvija u tom procesu plastično mijenjamo oblik obrađene površine, a u nekim slučajevima je cijelu rastapamo u tankom sloju. Pojmove brušenje i poliranje ne smijemo miješati i spajati. Ne može se istovremeno i brusiti i polirati odnosno u

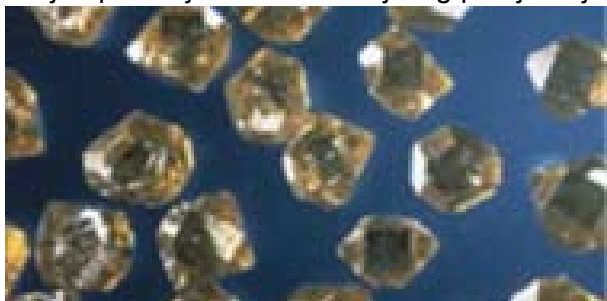
isto vrijeme skidati materijal s površine i poravnavati bez skidanja materijala. Postoje posebne paste kojima možemo sa površine materijala odstraniti manje brazde zaostale nakon brušenja. Pri tome zrno, zavisno od veličine, djeluje kao brusno zrno, reže izbočine sa površine, smanjuje dubinu hrapavosti, a zatim, kad se veličina zrna smanji, i kao sredstvo za poliranje. Polir pasta je abrazivna tečnost koja pomaže u postizanju kvalitetne, završne površine.

6.1. Mašinsko poliranje

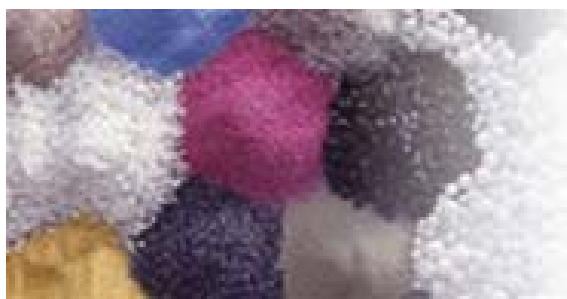
U profesionalnoj se proizvodnji za poliranje upotrebljavaju strojevi. Ovisno o veličini stroja, na pomični je radni stol moguće postaviti više površina, te ih u jednom radnom ciklusu sve ispolirati. Površina poliranja u ciklusu iznosi oko 2m². Oscilirajući valjak za poliranje sastavljen je od pamučnih lamela promjera 350 mm koje upijaju pastu za poliranje, te rotacijom poliraju plohu. Konstantna brzina okretanja valjka i ujednačeno pomicanje radnog stola s radnim površinama daje i ujednačenu kvalitetu polirane plohe, što nije slučaj i kod ručnog poliranja. Ovdje pasta za poliranje znatno utječe na kvalitetu poliranja, a odličnom se pokazala pasta na bazi dijamantske prašine. Moguće je upotrebljavati višu kvalitetu poliranja strojevima. Moguće je povećati pravilnim reguliranjem pomaka ili snage pritiska valjaka na plohu fronte. Kako se poliranjem ne bi prebrusili rubovi plohe i tako oštetili, potrebno je postaviti graničnike uz početni i krajnji rub plohe. Kvalitetnije opcije podrazumijevaju postojanje invertera, kojim je moguće mijenjati parametre bitne za kvalitetu poliranja. Uz te strojeve upotrebljavaju se i strojevi za poliranje rubova. Postoje više vrsta pasta različitih granulacija, a odabir ovisi predmetu poliranja. Dijamant paste za poliranje proizvode se u dvije vrste:

Topive u vodi-Ova dijamantna pasta sa veoma visokom adhezijom je najpogodnija za korištenje u visokim stepenima okretanja mašine za poliranje. Prije nanošenja na površinu ova pasta mora da se pomiješa sa vodom ili sa ili otapalom, kao što je karbon tetraklorid.

Topive u ulju- Ova pasta se lakše širi u odnosu na paste topive u vodi jer manje prianja na površinu koja treba da se polira. Ova pasta je topiva u ulju. Ova pasta je pogodna za ručno i strojno poliranje metodom linijskog pomjeranja.



Slika 6. dijamantski prah



Slika 7. abrazivni prah

7. ZAKLJUČCI

U ovom radu je na osnovu pregleda dostupne literature, dat osvrt na primjenu dijamantskog praha i poludragog kamenja u tehničke svrhe. Dijamantski alat se može koristiti na raznim mašinama kao što su: bušilice, brusilice, razni građevinski i mašinski cirkulari, geološke bušilice, pile itd. Također, se koriste u onim radovima u kojima su standardni materijali manje gustoće od materijala koji se treba obrađivati; zatim u onim radovima gdje se sječiva mijenjaju rjeđe i u vremenskim intervalima.

Tehnički podaci ovakvog alata su: maksimizira vijek trajanja određenih mašina; otpornost na abraziju dijamantskog alata je od 15-100 puta veća od običnog-standardnog; može trajati 5-10 puta duže od običnog-standardnog; održava dugotrajnost oštrice i proizvodi znatno manje otpadnog materijala.

Na osnovu ponuđenih podataka mogu se izvući sljedeće prednosti: smanjuje izgubljeno vrijeme za zamjenu alata sto znači veći proizvodni kapacitet; smanjuje cjelokupne troškove alata i održavanja alata; povećan životni vijek 50-100 više nego običnog-standardnog alata.

8. LITERATURA

1. Filetin T.: Važnost tehničkih materijala danas, odabrana poglavlja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
2. Bašagić M.: Geologija odabrana poglavlja, Građevinski fakultet Sarajevo 2000.god.
3. Ilić M., Karamata S.: Specijalna mineralogija, Univerzitet u Beogradu 1963.god.
4. Haračić N.: Inženjerski metalni i nemetalni materijali, Mašinski fakultet u Zenici
5. Internet baze podataka:
<http://www.dia-cbn.rs/prahovi.html>;
<http://www.itl.hr/poliranje.aspx>;
<http://www.diamondbladesselect.com>;
<http://www.kohnle.net/eng/Produkte/schaft.html>

LJEPILA NA BAZI PLASTIČNIH MASA I ELASTOMERA

Adilović Samra
Begović Emina
V. prof. dr. Nađija Haračić
UNIVERZITET U ZENICI
Mašinski fakultet

SAŽETAK

Primjena ljepila je mnogo bolja nego klasični načini povezivanja predmeta zavarivanjem, zakivanjem itd., pa se zbog toga sve više koristi u industriji. Različite vrste ljepila se koriste u građevinarstvu, proizvodnji namještaja, automobilske industriji, proizvodnji aviona, raketa i svemirskih letjelica. U ovom seminarском radu će biti predstavljena ljepila, njihove osobine, podjela i primjena. U ovom radu je stavljen poseban akcenat na široku primjenu ljepila kao i njegovih komponenata (polimera i elastomera), naročito njihova primjena u mašinstvu.

1. UVOD

Ljepila su čiste supstance organskog ili neorganskog porijekla, koje su zahvaljujući svojim osobinama pogodne za čvrsto povezivanje predmeta od istog ili različitog materijala. Osnovna osobina ljepila je izuzetna adhezija prema materijalima koje slijepljuje i dobra kohezija i stabilnost. Također obezbjeđuju trajnu i čvrstu vezu između slijepljenih predmeta.

Razlozi za sve širu primjenu ljepila u industriji su sljedeći :

- pri slijepljivanju praktično ne mijenjaju osobine i oblik predmeta koji se slijepljuje
- ostvaruje se ravnomjerna raspodjela napona po cijeloj površini slijepljivanja
- sloj ljepila može da služi kao prepreka za prodiranje vlage i elektriciteta
- operacije slijepljivanja se brzo izvode
- cijena povezivanja predmeta ljepilima je najčešće manja od cijene povezivanja predmeta klasičnim postupcima

Opšte prihvaćena klasifikacija ljepila ne postoji. Ljepila se obično razvrstavaju:

- prema oblasti primjene (ljepila za kožu, drvo, staklo, metale, plastične mase itd.)
- prema porijeklu (prirodna ili sintetička)
- prema temperaturi vezivanja (vezuju na hladno, toplo ili pri visokim temperaturama)
- prema načinu očvršćavanja (fizičko, hemijsko)
- prema konačnom svojstvu (ljepila otporna na vodu, otporna na organske rastvarače i na povišene temperature.)

Pri korištenju jednog određenog ljepila neophodno je pridržavati se uputstava za rad koje je dao proizvođač ljepila.

Tabela 1. Prikaz izabраниh načina pripreme površine metala za sljepljivanje

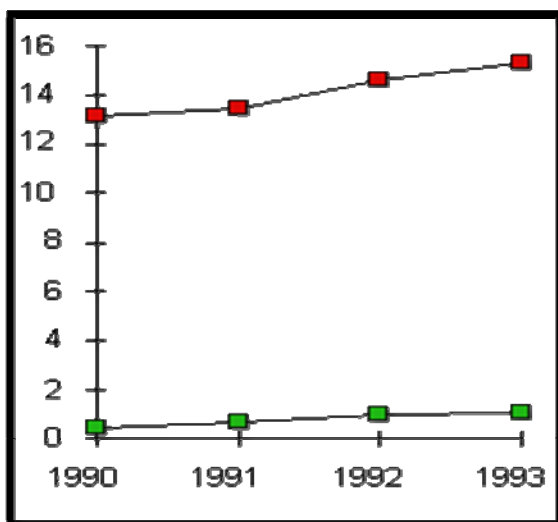
MATERIJAL	NAČIN PRIPREME POVRŠINE
ALUMINIJ I NJEGOVE LEGURE	<ol style="list-style-type: none"> Površina se obrađuje mokrim pjeskarenjem da bi se ohrapavila, a zatim odmašćuje rastvaračem (trihloretilen). Površina se 10 minuta odmašćuje parama rastvarača (trihloretilen). Poslije kratkotrajne obrade sa 2 – 3 % rastvorom NaOH, površina se nagriza rastvorom slijedećeg sastava (maseni dijelovi): <ul style="list-style-type: none"> — CrO₃ 5, — H₂SO₄ (ρ=1840 kg/m³) 15, — H₂O 80 Poslije obrade od 30 minuta ovim rastvorom na 60°C predmet se ispere prvo običnom a zatim destilovanom vodom i suši na 70°C.
BAKAR I NJEGOVE LEGURE	<ol style="list-style-type: none"> Površina se prvo ohrapavi pjeskarenjem, metalnom četkom ili papirom za brušenje, a zatim odmasti tečnim rastvaračem . Površina se nagriza 1 – 2 minuta na temperaturi 20°C rastvorom slijedećeg sastava : <ul style="list-style-type: none"> — FeCl₃(42 % rastvor)..... 0,75, — HNO₃(ρ=1420 kg/m³)..... 1,50, — H₂O 10,00 Opere se hladnom, ispere destilovanom vodom i potom suši pomoću strujanja vazduha na sobnoj temperaturi.
NIKL	<ol style="list-style-type: none"> Površina se ohrapavi papirom za brušenje (100), a zatim odmasti tečnim rastvaračem (trihloretilen). Površina se nagriza 5 sekundi azotnom kiselinom (ρ=1420 kg/m³), opere se hladnom pa toplom vodom, a zatim ispere destilovanom vodom i suši pri temperaturi 40°C.
PLATINA I SREBRO	<ol style="list-style-type: none"> Površina se ohrapavi papirom za brušenje (320) i tečnim rastvaračem ili parama rastvarača (trihloretilen).
NEHRĐAJUĆI ČELICI	<ol style="list-style-type: none"> Površina se ohrapavi papirom za brušenje (320) ili pjeskarenjem i odmasti rastvaračem. Površina se nagriza 15 minuta na temperaturi od 65°C rastvorom slijedećeg sastava : <ul style="list-style-type: none"> — zasićen rastvor natrijumbihromata..... 0,35, — sumporna kiselina (ρ=1840 kg/m³)..... 10,00 Površina se zatim opere vodom uz trljanje četkom od poliamidnih vlakana (najlon), ispere destilovanom vodom i osuši toplim vazduhom temperature 70°C. Elektrohemijska priprema površine čelika se izvodi u kupatilu obloženom olovom. Predmet, čija se površina priprema za sljepljivanje se koristi kao anoda, a obloga kupatila kao katoda. Kao elektrolit se koristi rastvor sumporne kiseline koncentracije 500 g/dm³. Površina se obrađuje 90 sekundi pri naponu od 6 V. Predmet se zatim opere običnom pa destilovanom vodom i suši na vazduhu pri temperaturi od 70°C. Površina predmeta se odmasti parama rastvarača, a zatim drži 10 minuta pri temperaturi 65°C u rastvoru slijedećeg sastava : <ul style="list-style-type: none"> — hlorovodonična kiselina (ρ= 1180 kg/m³) 100, — formalin (40%) 20, — vodonikperoksid (30%)..... 4, — voda..... 30, Poslije pranja destilovanom vodom predmet se na 65°C drži 10 minuta potopljen u rastvoru slijedećeg sastava : <ul style="list-style-type: none"> — sumporna kiselina(ρ=1840 kg/m³)..... 100, — natrijumbihromat..... 10, — voda..... 30. Premet se zatim ispere destilovanom vodom i suši na 70°C. Površina predmeta se odmašćuje parama rastvarača, a zatim potopi u rastvor hlorovodonične kiseline (ρ= 1180 kg/m³)koncentracije 100 g/dm³. Ispiranje se vrši rastvorom fosforne kiseline (ρ= 1750 kg/m³) koncentracije 10 g/dm³ i suši na 70°C.

NAZIV	Hemijska priroda	Fizičko stanje	Dozvoljeno vrijeme legerovanja (20°)	Mehanizam i uslovi očvršćavanja	Radna temperatura, [°C]	Smicajna čvrstoća τ_m , [N/cm ²]	Oblast primjene	Trgovački nazivi nekih ljepila i proizvođači
Akrilna ljepila	Termopl-astične mase na bazi akrilata i polimeta-krilata i njihovih derivata	Emulzija, rastvor, smeša monomer/polimer, pasta	Do jedne godine	Dvokomponentna ljepila moraju se odmah po mješanju upotrijebiti. Temperatura topljenja 20-80° C, pritisak od 0-70 N/cm ²	od - 60 do 90	400 - 3900	Ljepljenjem polimetakrilata i drugih plastičnih masa, optičkog stakla, aluminijuma, keramike za metale	Agomet M, BUSH BEACH-SEGNER BAYLEL, Engleska. Tensol cement 3, 6, 7, 8, ICI, Engleska. Klirofix (GALENKA – PLASTIKA, Beograd)
Ljepila na bazi epoksi-dnih smola	Smjesa epoksidnih smola i silicijum organskih polimera+ očvršćivač i punioci (TiO ₂ , Al)	Mogu se koristiti u obliku rastvora, praha, folija, tečnosti i to kao jedno i dvokomponentni	Mora se upotrijebiti 48 sati po pripremi	Umrežavanje. Dva sata na 200° C pri pritisku od 10 do 30N/ cm ² . Potrošnja 70 – 120 g/m ²	Od –60 do 350	1000 - 2000	Za spajanje metalnih konstrukcija. Sljepljivanje plastičnih masa, stakla, keramike i drveta za metale	Eccobond Solider 59, EMERSON CUMING LTD, Engleska. K-10, K-350, SSSR
Ljepila na bazi nezasićenih poliestera	Smjesa nezasićenih poliestera, vežućeg monomj-era i inicijatora	Koristi se u tečnom stanju ili kao pasta u obliku dvokomponentnog ljepila	Stabilizovan nižim temperatur-ama neograničeno	Vrijeme sljepljivanja 2 - 3 sata na sobnoj temperaturi pri pritisku od 0 – 7 N/cm ² potrošnja 50 g/m ²	Od 0 do 100	200 - 2000	Koristi se za dobijanje kompozici-onih materijala i sljepljivanje betona, metala, papira, drveta	P 2 Adhesive, ELECTRO MECHANISMS LTD, Engleska
Neorg-anska ljepila na bazi keramike	Smjesa borne kiseline, silicijum dioksida, natrijum nitrata, oksida i gvožđa	Koriste se u obliku paste	Neograničeno	Sljepljivanje se izvodi, zavisno od recepture na 120 do 1100° C i pritiscima od 15 – 100 N/cm ²	Do 2000	700 – 4000	Koristi se za sljepljivanje metala, grafita i kvarca	Ultra Temp 516, AREMCO PRODUCTS, USA. Astrocerm, TECHERMOCA-TALITIC Co, USA

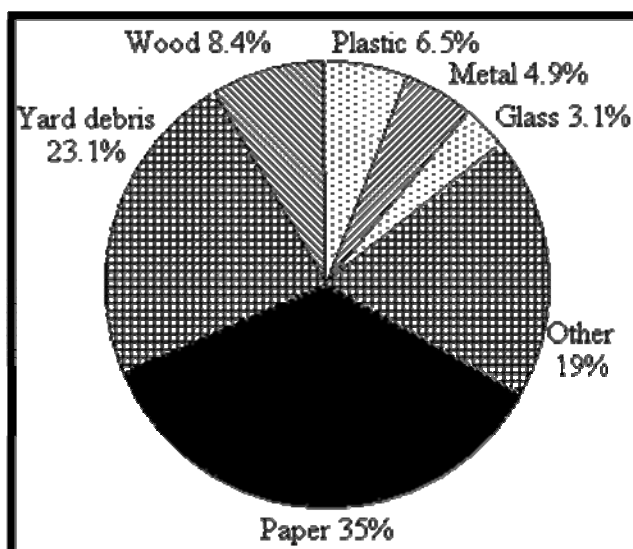
Tabela 2. Osnovni podaci za vrste ljepila koja se najčešće koriste u mašinskoj i elektronskoj industriji

2. PRIMJENA PLASTIČNIH MASA U MAŠINSTVU

S obzirom na veliki broj plastičnih masa sa različitim osobinama i mogućnostima, plastične mase su našle veoma široku primjenu kao konstrukcioni materijali i to naročito u mašinstvu. Sve većoj primjeni plastičnih masa doprinosi činjenica da se plastične mase lahko prerađuju u trodimenzionalne proizvode vrlo složenih oblika i istovjetnih dimenzija korišćenjem proizvodnih postupaka pogodnih za masovnu proizvodnju. Osnovni nedostaci mnogih plastičnih masa su podložnost starenju, deformisanje pod pritiskom, čvrstoća veoma zavisna od režima rada kao i mala toplotna stabilnost.



Slika 1. Plastična Ambalaža proizvedena i reciklirana, 1990-1993 (crvena – proizvodnja / zelena – reciklaža)



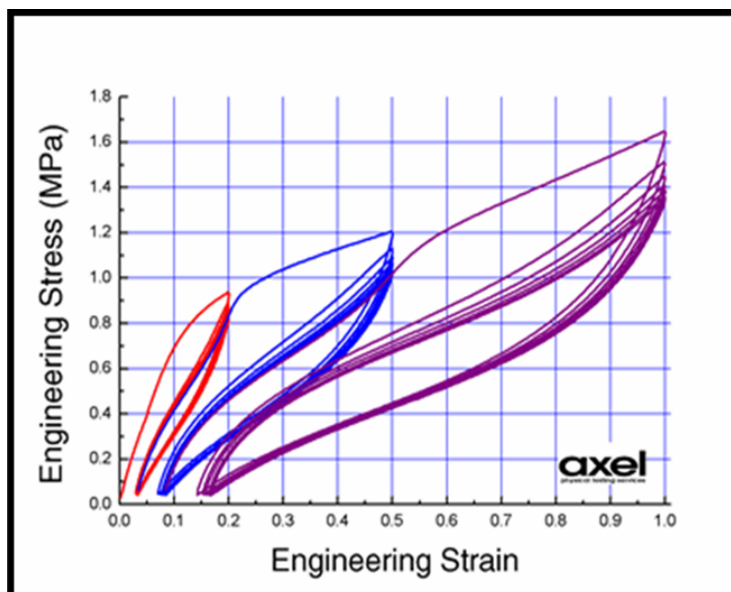
Slika 5. Sastav otpada za plastiku i ostale materijale

Tabela 3. Neke primjene plastičnih masa u mašinstvu

PLASTIČNA MASA	Vrste dijelova, komponenta mašina i tehnološke opreme
Poliamidi(PA), polipropilen(PP), hlorovani polietar(CPE), polikarbonati(PC), kompoziti sa vlaknom	Zupčanci i puževi
poliamidi(PA), aminoplasti, fonolformaldehidne smole(PF), kompoziti sa vlaknom, drvenom masom, tkaninom.	Kaišnici, zamajci, ručke, dugmad
poliamidi(PA), polivinilhlid(PVC), polipropilen(PP), polikarbonati(PC), kompoziti sa drvenom masom	Valjci, cilindri, točkići
poliamidi(PA), polietilen(PE), politetrafluor-etilen(PTFE), polipropilen(PP), poliakrilati(PMCA), epoksi(EP), hlorovani polietar	Ležišta - klizajuća
poliamidi(PA), epoksi(EP), kompoziti sa tkaninom	Vođice raznih mašina
polipropilen(PP), fonolformaldehidne smole(PF), kompoziti sa vlaknom	Dijelovi kočnih sistema
polietilen(PE), polivinilhlid(PVC), polipropilen(PP), kompoziti sa staklom, polikarbonati(PC), hlorovani polietar(CPE)	Radni dijelovi ventilatora, pumpi i hidrauličnih sistema
poliamidi(PA), polietilen(PE), politetrafluor-etilen(PTFE), polivinilhlid(PVC), polipropilen, hlorovani polietar	Zaptivke
poliamidi(PA), polietilen(PE), polivinilhlid(PVC), polipropilen(PP), hlorovani polietar, polikarbonati(PC), poliformaldehid, fonolformaldehidne smole(PF), kompoziti sa vlaknom	Dijelovi aparata, uređaja, instrumenata precizne mehanike
poliamidi(PA), polietilen(PE), aminoplasti, polivinilhlid(PVC), polipropilen(PP), polikarbonati(PC), poliformaldehid	Zavrtnji, navrtke, podmetači
polivinilhlid(PVC), polipropilen(PP), polikarbonati(PC), kompoziti sa staklom, tkaninom	Opruge, gibnjevi, poluge, ventili, slavine
kompoziti sa vlaknom, tkaninom, drvenom masom, staklom, polipropilen(PP), polistirol, epoksi(EP)	Elektrioizolacioni dijelovi
polietilen(PE), polivinilhlid(PvC), polistirol, kompoziti sa staklom	Krupni dijelovi konstrukcij, rezervoari, sudovi
polietilen(PE), aminoplasti, polipropilen(PP), polikarbonat(PC), polistirol, poliakrilati	Dijelovi koji propuštaju svjetlost
poliamidi(PA), polietilen, politetrafluor-etilen(PTFE), poliakrilati, akrilonitril-butadien-stirol	Dijelovi automobila

3. ELASTOMERI

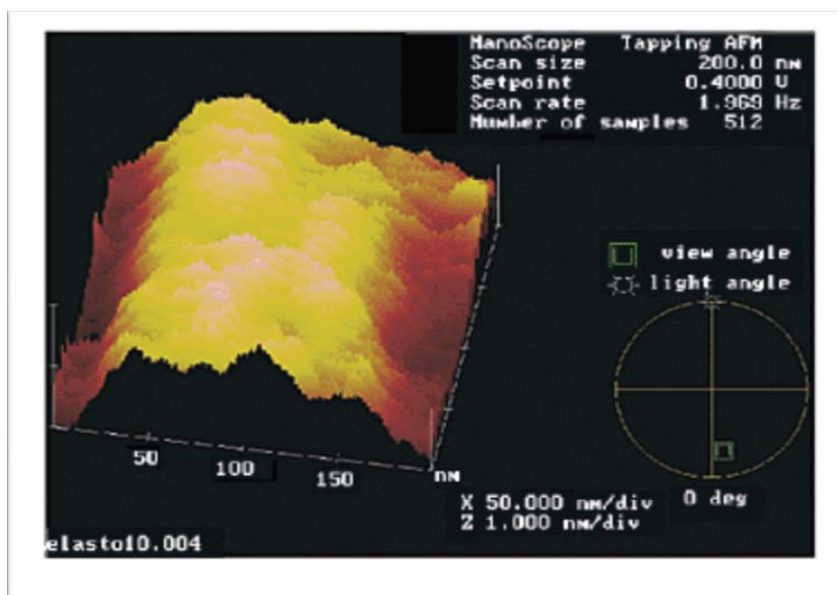
Elastomeri su materijali koji se mogu mnogo širiti primjenjujući relativno malu silu. Zbog njihove strukture, elastomeri imaju veliku elastičnost, koja podrazumjeva da je zadržavanje deformacije veoma kratko. Elastomer je polimer, uglavnom s posebno niskim Youngovim modulom elastičnosti.



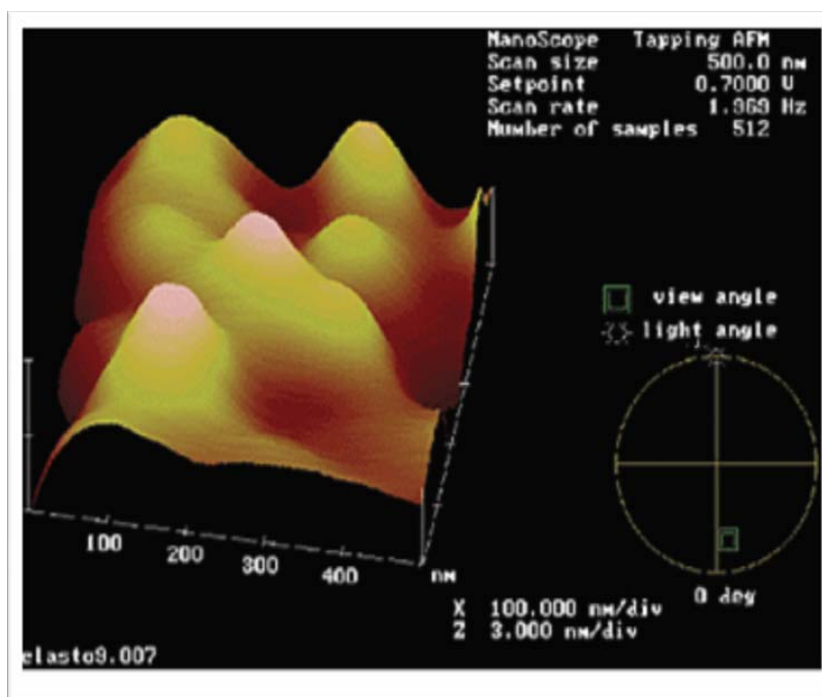
Slika 8. Višestruki Strain Ciklusi Elastomera na 3 razine najviša deformacija

Postoje dvije glavne grupe elastomera, hemijski ukršteni materijali (materijali od gume) i termoplastični elastomeri.

- Elastični materijali od gume su polimeri, koji su formirani ukrštanjem makromolekula sa različitim vulkanizacionim dodacima. Zbog svojih hemijskih osobina oni se ne tope i počinju da se raspadaju na visokim temperaturama. Kao dodatak ukrštanja obezbjeđuje se da se gumeni materijali ne raspadaju, i, u zavisnosti od medija, više ili manje su podložni intenzivnom povećanju obima ili skupljanju.
- Termoplastični elastomeri demonstriraju karakteristične osobine elastomera kod primjene u širokom temperaturnom opsegu. Oni su fizički ali ne i hemijski ukršteni, zbog toga se mogu topiti na visokim temperaturama i mogu se obrađivati sa standardnim tehnikama obrade termoplastike. Termoplastični elastomeri su rastvorivi, uopšteno, oni se manje šire u poređenju sa njihovim hemijski ukrštenim ekvivalentima.



Slika 6. Atomske sile od elastomera uzoraka u načinu rada dodirom: nedopiranih elastomera u presjeku x, y ravnini.



Slika 7. Atomske sile od elastomera uzoraka u načinu rada dodirom: ferrofluid dopiranih elastomera, presjeka u x, y ravnini

Osobine finalnog sintetičkog proizvoda ponajprije zavise od načina međusobnog povezivanja njihovih makromolekula. S obzirom na ove fizikalne osobine sintetičke materijale možemo podijeliti na duroplaste, elastomere i termoplaste.

Elastomeri – sintetički materijali kod kojih je molekularna struktura također međusobno povezana, no oni su puno mekaniji u poređenju s duroplastima. Na ovaj način omogućeno je da ovi materijali posjeduju određenu elastičnost, a to znači da nakon privremene deformacije ponovno mogu poprimiti prvobitni izgled. Nakon konačne obrade (nakon što očvrstu) ne

mogu se mijenjati ili dodatno oblikovati (na primjer automobilske gume). Sintetičkim je materijalima moguće dodavati aditive (dodatna sredstva) koji kao takvi onda na određeni način mijenjaju osobine sintetičkih materijala (na primjer antistatički materijali, boje, materijali za zaštitu od vatre, punila, omekšivači i slična sredstva). U svakom slučaju sintetički materijali nisu izum 20-tog stoljeća kao što bismo u prvi trenutak pomislili. Sintetički materijal nije izumljen u 20. stoljeću odnosno nije proizvod industrijske revolucije. Ovaj materijal ipak je nešto stariji. Već godine 1531. Wolfgang Seidel uspio je proizvesti kazein (bjelančevina koja se nalazi u mlijeku u obliku kalcijeve soli, a koristi se u industriji plastičnih masa i sintetičkih vlakana ili kao ljepilo).

4. ZAKLJUČAK

Ljepila su čiste supstance organskog ili neorganskog porijekla koje su pogodne za čvrsto povezivanje predmeta od istog ili različitog materijala. Primjena ljepila je mnogo bolja od klasičnog načina povezivanja predmeta pa se zbog toga sve više koristi u industriji. Različite vrste ljepila se koriste u građevinarstvu, automobilskoj industriji, proizvodnji aviona, raketa i svemirskih letjelica.

Plastične mase su materijali na bazi prirodnih, sintetičkih ili modifikovanih polimera. Plastične mase se dijele na termoplastične i termostabilne. S obzirom na veliki broj plastičnih masa sa različitim osobinama i mogućnostima, plastične mase su našle veoma široku primjenu kao konstrukcioni materijali i to naročito u mašinstvu.

Elastomeri su materijali koji se mogu mnogo širiti primjenjujući relativno malu silu. Zbog njihove strukture, elastomeri imaju veliku elastičnost. Postoje dvije glavne grupe elastomera, hemijski ukršteni materijali (materijali od gume) i termoplastični elastomeri.

5. LITERATURA

1. Tufegdžić V. D.: Građevinski materijali/Poznavanje i spitivanje, Beograd 1979.
2. Zoran Savić: Inženjersko mašinski priručnik 1, Beograd 1987.
3. Figueiredo A.M.: "Electronic-Liquid Crystal Communications, http://elc.org/Documents/Antonio_Martins_Figueiredo_Neto_2004_11_09_14_09_12.pdf, Veleučilište u Rijeci, <http://www.veleri.hr/>, (Novembar 15, 2004.)
4. Goettlich P.: "Get Plastic Out of Your Diet", <http://www.mindfully.org/Berkeley/Berkeley-Plastics-Task-Force.html>, (April 8, 1996.).

ISPITIVANJE ZATEZANJEM

Nišić Denis,
V.prof.dr. Nađija Haračić,
Mašinski fakultet,
Univerzitet u Zenici

ABSTRAKT

Mehaničko ispitivanje zatezanjem vrši se na specijalno pripremljenim epruvetama ili neobrađenim mašinskim elementima, silama koje lagano rastu. Pod djelovanjem sile postepeno dolazi do deformacije i loma. Cilj ispitivanja zatezanjem je da se odrede standardizovana i nestandardizovana svojstva otpornosti materijala i sposobnost deformacije. U ovom radu je prikazano izvođenje postupka ispitivanja standardizovanih mehaničkih osobina zatezanja, prema važećim standardima i dostupnoj, relevantnoj literaturi za potrebe studenata mašinskog fakulteta.

Ključne riječi: mehaničke osobine, zatezanje, čvrstočne osobine, deformacione osobine

1. UVOD

Statička ispitivanja zatezanjem zasnivaju se na praćenju zavisnosti djelujućih spoljnih opterećenja i izazvanih deformacija u različitim uslovima opterećenja, pri čemu spoljno opterećenje postepeno raste. Statička ispitivanja se izvode u najvećem broju slučajeva na sobnoj temperaturi, ali su moguća i ispitivanja na sniženim i povišenim temperaturama u cilju ocjene ponašanja materijala u eksploatacionim uslovima.

Ispitivanje zatezanjem vrši se na specijalno pripremljenim epruvetama ili neobrađenim elementima silama koje lagano rastu. Pod djelovanjem sile postepeno dolazi do deformacije. Cilj ispitivanja zatezanjem je da se odrede čvrstočne osobine (zatezna čvrstoća, granica tečenja, granica proporcionalnosti, granica elastičnosti i modul elastičnosti) i deformacione osobine (izduženje, kontrakcija i ravnomjerna deformacija). Ispitivanje zatezanjem se izvodi na:

- **normalnim (sobnim) temperaturama (na $23 \pm 5^\circ\text{C}$):** određivanje svojstava otpornosti; određivanje sposobnosti deformacije
- **povišenim temperaturama:** sa kratkotrajnim zagrijavanjem, sa dugotrajnim zagrijavanjem, ispitivanje puzanjem, ispitivanje relaksacije.
- **sniženim temperaturama.**

Tabela 1. mehaničke osobine zatezanja

ISPITIVANJE ZATEZANJEM	
ČVRSTOČNE KARAKTERISTIKE	ZATEZNA ČVRSTOĆA
	GRANICA TEČENJA
	GRANICA PROPORCIONALNOSTI
	GRANICA ELASTIČNOSTI
	MODUL ELASTIČNOSTI
DEFORMACIONE KARAKTERISTIKE	ZDUŽENJE
	KONTRAKCIJA
	RAVNOMJERNA DEFORMACIJA

1.1. Ispitivanje zatezanjem na sobnoj temperaturi

Za ispitivanje zatezanjem potrebno je imati:

- Uzorak za ispitivanje - "epruvetu"
- Mašinu kidalicu,
- Pribor za mjerenje (pomično mjerilo, mikrometar).

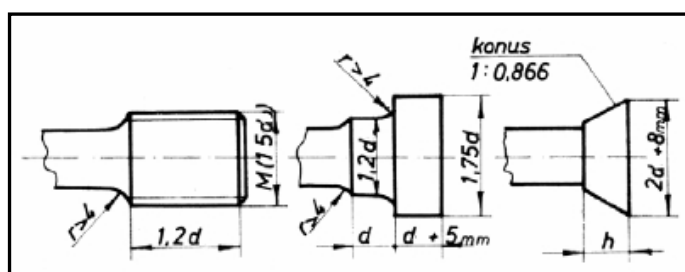
"Epruveta" je tijelo određenog oblika i dimenzija propisanih prema standardu, izrađeno od odabranog uzorka materijala i pripravljeno za ispitivanje (uzorak je primjerak metala odabran za ispitivanje). Epruvete za ispitivanje zatezanjem mogu biti:

- **Neproporcionalne** - u stanju primjene (npr. lanci, čelična užad, cijevi profili, gotovi mašinski dijelovi itd.)

- **Proporcionalne (standardne)** – određenog oblika, poprečnog presjeka (okrugle, kvadratne i pravougaone) i dimenzija.

- kratke – ($l_0 \square 5.65 \sqrt{s_0}$), $l_0 \square 5 d_0$.

- duge – ($l_0 \square 11.3 \sqrt{s_0}$), $l_0 \square 10 d_0$.



SLIKA 1. GLAVE EPRUVETA (DIJELOVI ZA UČVRŠĆIVANJE U MAŠINU)

Epruvete se izrađuju siječenjem i obradom skidanja strugotine (struganje, glodanje, rendisanje, brušenje i sl.) ili prosijecanjem (epruvete od lima, gume, kože i sl.).



a)

b)

SLIKA 2. OKRUGLE (A) I PLJOSNATE (B) EPRUVETE

Tabela 2. dimenzije proporcionalnih epruveta kružnog poprečnog presjeka

PREČNIK $d - mm$	POVRŠINA POPREČNOG PRESEKA $S_0 - mm^2$	DUŽINA EPRUVETE ZA $K=5,65$ u mm.			DUŽINA EPRUVETE $K=11,3$ u mm.		
		L_0	L_c	L_T	L_0	L_c	L_T
$20^{±0,150}$	314	$100^{±1}$	110	ZAVISI OD ČELJUSTI MAŠINE	$200^{±2}$	220	ZAVISI OD ČELJUSTI MAŠINE
$10^{±0,075}$	78,5	$50^{±0,5}$	55		$100^{±1}$	110	
$5^{±0,040}$	19,6	$25^{±0,25}$	28		$50^{±0,5}$	55	

Tehničke epruvete su profili cijevi, čelična užad, šipke, itd. Mogu se ispitati bez obrade, tj. u stanju u kome se nalaze; svojstva deformacije određuju se na dužinama koje odgovaraju podacima propisanim prema standardu.

Mašine za ispitivanje nazivaju se kidalice. Ove mašine su univerzalne i pored ispitivanja zatezanjem, mogu se izvoditi ispitivanja na savijanje, pritisak i smicanje. Osnovni dijelovi kidalice su: pogonski dio, dio za ispitivanje i uređaj za očitavanje sile.



a)

b)

Slika 3. hidraulična kidalica (a) i mehanička univerzalna kidalica (b)



Dio za registrovanje sile i crtanje dijagrama zatezanja



Mehaničke

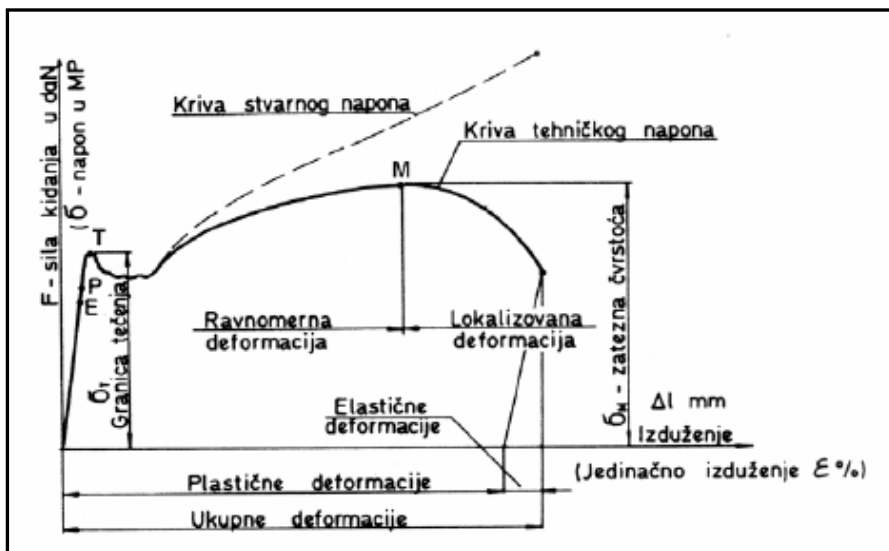


Pneumatske
stezne čeljusti

slika 4. osnovni dijelovi kidalice

1.1.2. Dijagram zatezanja (deformacija)

Dijagram deformacija je dijagram koji prikazuje zavisnost između trenutne sile i trenutnog izduženja, odnosno skraćenja, ili zavisnost između trenutnog, normalnog napona u poprečnom presjeku epruvete i jediničnog izduženja, odnosno skraćenja (slika 3).

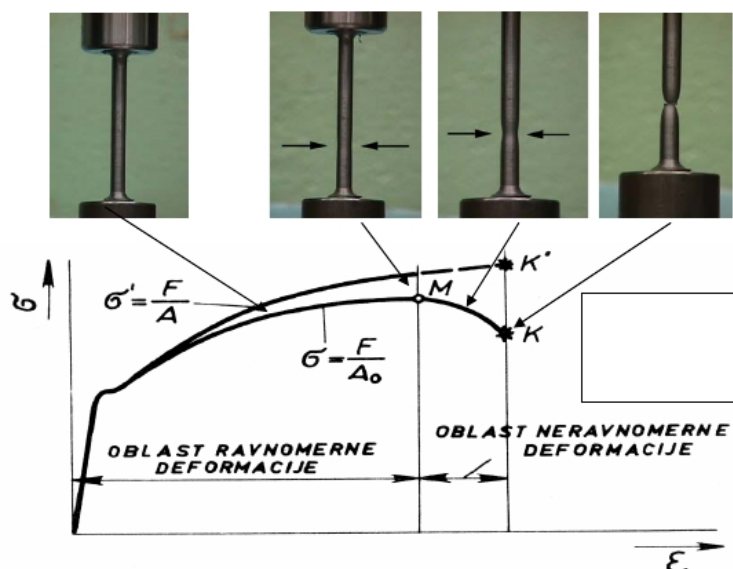


Slika 5. dijagram zatezanja

Karakteristične tačke na dijagramu zatezanja su:

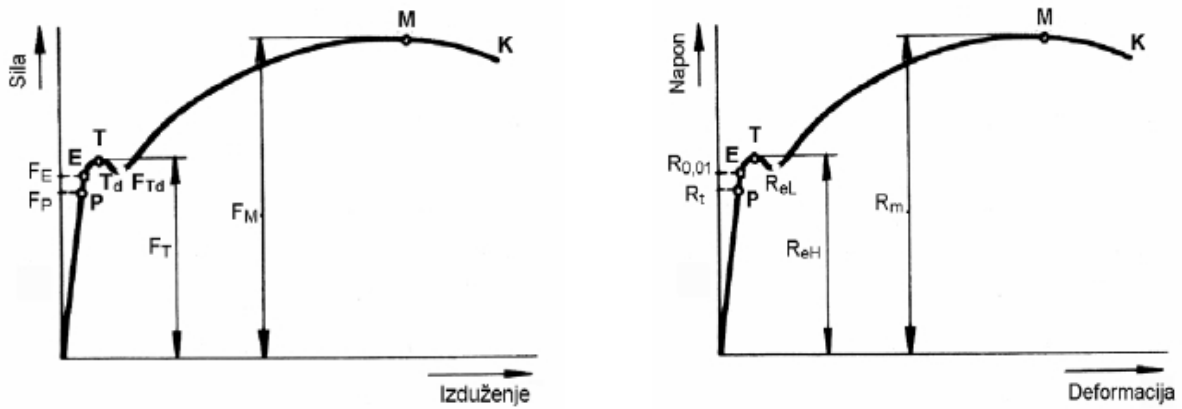
- E–granica elastičnosti
- P-granica proporcionalnosti
- T-granica tečenja
- M-maksimalna sila
- K-sila kidanja.

1.1.3. Lokalizacija deformacija



Slika 6. stadiji u procesa deformacije pri djelovanju rastućeg opterećenja

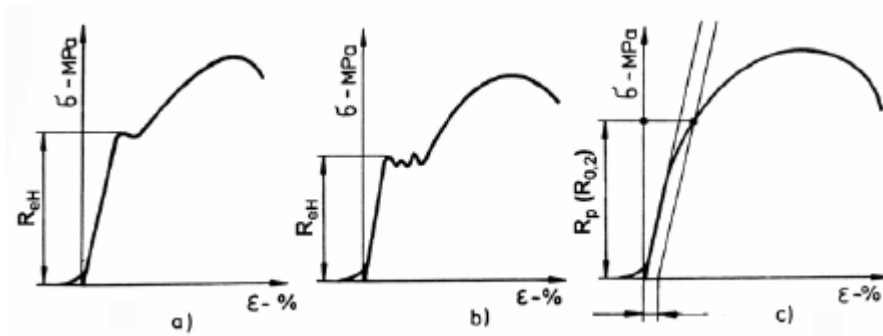
A – Trenutna površina poprečnog presjeka epruvete



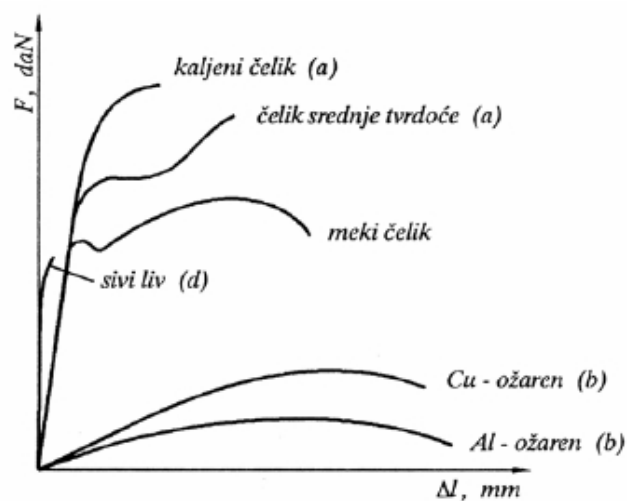
A_0 – Početna površina poprečnog presjeka

epruvete

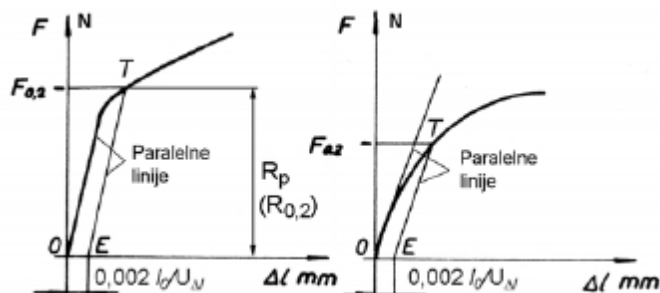
Slika 7. određivanje karakteristika otpornosti materijala



Slika 8. dijagrami naprezanja sa izraženom (a i b) i neizraženom (c) granicom tečenja



Slika 9. dijagrami zatezanja različitih materijala



Slika 10. konvencionalna (uslovna) granica tečenja

$R_p(R_{0,2})$ - Konvencionalna(uslovna) granica tečenja $R_p = \frac{F_{0,2}}{S_0}$, MPa

R_t - Napon na granici proporcionalnosti(maksimalni napon do koga važi Hukov zakon)

$R_t = \frac{F_P}{S_0}$, MPa, S_0 - početna površina poprečnog presjeka epruvete

- $S_0 = \frac{d_0^2}{4} \times \pi$, mm^2 - za epruvete kružnog poprečnog presjeka

- $S_0 = a_0 \times b_0$, mm^2 - za epruvete pravougaonog poprečnog presjeka

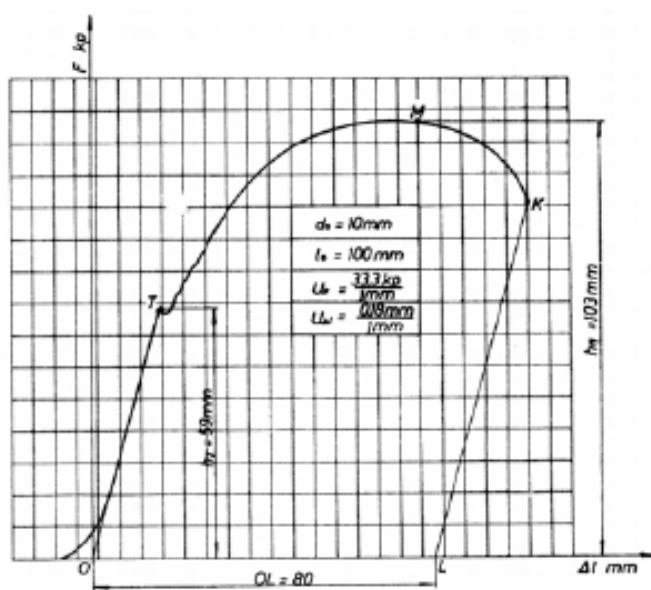
- $R_{0,01}$ - Napon na granici elastičnosti $R_{0,01} = \frac{F_E}{S_0}$, MPa

- R_{eH} - Napon na gornjoj granici tečenja $R_{eH} = \frac{F_T}{S_0}$, MPa

- R_{eL} - Napon na donjoj granici tečenja $R_{eL} = \frac{F_{Td}}{S_0}$, MPa

- R_m - Zatezna čvrstoća(maksimalni normalni napon u poprečnom presjeku koji materijal može da izdrži) $R_m = \frac{F_M}{S_0}$, MPa

1.1.4. Određivanje razmjere



Razmjera za silu:

$$U_F = \frac{F_M}{h_M} = \frac{\text{Maksimalna očitana sila na dinamometru}}{\text{Ordinata tačke M}}, \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Razmjera za izduženje:

$$U_{\Delta l} = \frac{\Delta l}{\overline{OL}} = \frac{\text{Trajno izduženje epruvete}}{\overline{OL}\text{-rastojanje na dijagramu}}, \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

1.1.5. Određivanje izduženja - Δl

Izduženje predstavlja razliku između mjerne dužine epruvete i njene početne mjerne dužine.

$$\Delta l = l_k - l_0$$

1.1.6. Određivanje relativnog izduženja - A

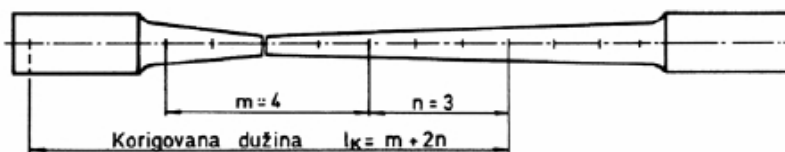
Relativno izduženje predstavlja količnik između izduženja epruvete i njene početne mjerne dužine izražen u procentima.

Korigovanje mjerne dužine epruvete:

- $A_{11.3}$ - za duge epruvete

- $A_{2.65}$ - za kratke epruvete

$$A_{11.3} = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100, \%$$



Slika 11. korigovanje mjerne dužine epruvete

1.1.7. Određivanje suženja(kontrakcije) - Z

Suženje predstavlja procentualno smanjenje površine presjeka epruvete na mjestu prekida.

- $Z_{11.3}$ - za duge epruvete

- $Z_{2.65}$ - za kratke epruvete

$$Z_{11.3} = \frac{S_0 - S_k}{S_0} \times 100, \%$$

$$S_0 = \frac{d_0^2 \times \pi}{4} - \text{početna površina poprečnog presjeka epruvete}$$

$$S_k = \frac{d_k^2 \times \pi}{4} - \text{površina poprečnog presjeka epruvete na mjestu prekida}$$

$$d_k = \frac{d'_k + d''_k}{2} - \text{srednji prečnik epruvete na mjestu prekida}$$

2. VELIČINE I JEDINICE KOJE SE KORISTE U ISPITIVANJU MATERIJALA PREMA STANDARDU: ISO 31-0:1992 + A1:1998

2.1. Nazivi i simboli jedinica

Kad postoje međunarodni simboli jedinica, moraju se upotrebljavati ti i nikakvi drugi. Ti se simboli štampaju uspravnim pismom (bez obzira na pismo koje se upotrebljava u ostalom tekstu), ne mijenjaju se u množini, pišu se bez tačke na kraju, osim kod normalne interpunkcije, npr. na kraju rečenice.

Neispravan je svaki dodatak simbolu jedinice kao način davanja informacije o posebnoj prirodi te veličine ili kontekstu mjerenja koje se razmatra.

Simboli jedinica štampaju se općenito malim slovima, s iznimkom što se prvo slovo štampa velikim slovom kad je naziv jedinice izveden iz vlastite imenice.

2.1.2. Kombinacije simbola jedinica

Kad se složena jedinica tvori množenjem dviju ili više jedinica, to se može prikazati na jedan od ovih načina: N·m, Nm

Kad se neka složena jedinica tvori dijeljenjem jedne jedinice drugom, to se treba prikazati na jedan od ovih načina: $\frac{m}{s}$, m/s , $m \cdot s^{-1}$

Iza kose crte (/) ne stavlja se znak množenja ili dijeljenja u istom pravcu ako nisu umetnute zagrade da bi se izbjegla bilo kakva dvosmislenost. U složenim slučajevima upotrebljavaju se negativne potencije ili zagrade.

2.1.3. Štampanje i upotreba prefiksa

Simboli prefiksa trebaju se štampati uspravno, bez razmaka između simbola za prefiks i simbola za jedinicu.

Složeni prefiksi ne smiju se upotrebljavati. Smatra se da simbol nekog prefiksa, složen sa simbolom pojedinačne jedinice na koju je direktno pridodat, tvori s njom novi simbol (za decimalni umnožak ili podjeljak) koji se može dići na pozitivnu ili negativnu potenciju i koji se može slagati s drugim simbolima za tvorbu simbola složenih jedinica.

Primjeri:

$$1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \mu\text{s}^{-1} = (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1}$$

$$1 \text{ kA/m} = (10^3 \text{ A})/\text{m} = 10^3 \text{ A/m}$$

NAPOMENA: Iz historijskih razloga naziv osnovne jedinice za masu (kilogram) sadrži naziv SI prefiksa „kilo“. Nazivi decimalnih umnožaka i podjeljaka za jedinicu mase tvore se dodavanjem prefiksa – riječi „gram“, npr. miligram (mg) umjesto mikrokilogram (μkg).

2.1.4. Pravilno pisanje naziva jedinica na engleskom jeziku

Gdje god postoje razlike u pravilnom pisanju naziva jedinica na engleskom jeziku, upotrebljava se pisanje prema Oxford English Dictionary (Oxford: Clarendon Press) u verzijama standarda ISO 31-0 do ISO 31-13. To ne podrazumijeva davanje prednosti u odnosu na načine pisanja koji se koriste u drugim zemljama engleskog govora.

2.1.5. Štampanje brojeva

Brojevi se općenito trebaju štampati uspravnim pismom.

Da bi se olakšalo čitanje brojeva s više znamenki, one se mogu razdvojiti u prikladne skupine, najbolje po tri, brojevi od decimalnog zareza nalijevo ili nadesno. Skupine se trebaju razdvajati malim razmakom, a nikad zarezom ili tačkom, ili na neki drugi način.

2.1.6. Decimalni znak

Decimalni znak je zarez na liniji pisanja.

Ako je broj manji od jedinice, decimalnom znaku (zarezu) treba prethoditi nula.

NAPOMENA: U dokumentima na engleskom jeziku umjesto zareza često se upotrebljava tačka. Ako se upotrebljava tačka, ona treba biti na liniji pisanja. U skladu sa Odlukom Vijeća ISO-a, zarez je decimalni znak u dokumentima ISO-a.

2.1.7. Množenje brojeva

Znak za množenje brojeva je križić (x) ili tačka pisana na poluisini brojke (·).

NAPOMENE: Ako se upotrebljava tačka na poluisini brojke kao znak množenja, zarez treba upotrebljavati kao decimalni znak. Ako se tačka koristi kao decimalni znak, križić treba upotrebljavati kao znak množenja.

U dokumentima ISO-a, tačka se ne upotrebljava direktno između brojeva kao znak množenja.

2.1.8. Iskazivanje veličina

Simbol za jedinicu stavlja se nakon brojčane vrijednosti u izrazu za veličinu, ostavljajući prostor između brojčane vrijednosti i simbola jedinice. Treba napomenuti da, u skladu s tim pravilom, simbolu °C za stepen Celzijusa prethodi razmak kad se iskazuje Celzijusova temperatura.

Ako je veličina koja se iskazuje jednaka zbiru ili razlici veličina, tada se upotrebljavaju ili zagrade za sastavljanje brojčanih vrijednosti, postavljanjem zajedničkog simbola jedinice nakon cijele brojčane vrijednosti, ili se izraz piše kao zbir, odnosno razlika te veličine.

LITERATURA

- [1.] Đukić V.: - Mašinski materijali, Naučna knjiga Beograd, 1967.
- [2.] Davedžić B.: - Mašinski materijali I, II, III
- [3.] Jovanović M.: - Mašinski materijali, mašinski fakultet
- [4.] Majstorović A., Đukić V.: – Ispitivanje mašinskih materijala – uputstva
*** Ispitivanje zatezanjem, JUS C.A4. 002-1954
*** Zatezanje i pritiskivanje (Definicije), JUS C. A4.001-1971
*** Metalni materijali ispitivanje zatezanjem-Dio 1, BAS EN 10002-1:2000
- [5.] <http://webmail.mef.unsa.ba>
- [6.] <http://mfkg.kg.ac.rs>
- [7.] <http://www.wikipedia.org>
- [8.] <http://www.scribd.com>

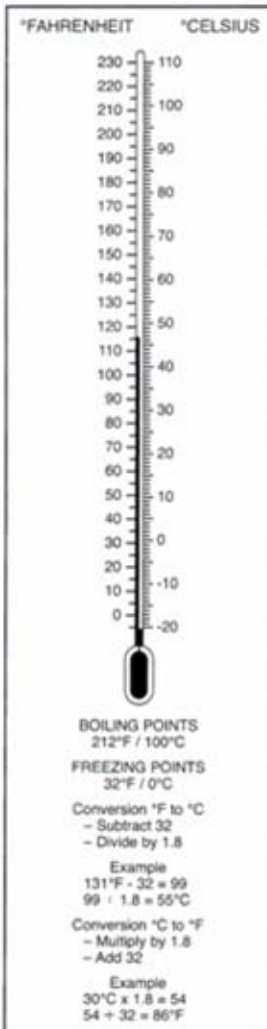
Izvor informacija: [Veličine i jedinice – Dio 0: Opći principi (ISO 31-0:1992+A1:1998)]

CONVERSION TABLES

physical quantity	name of unit	symbol for unit
length	meter	m
mass	kilogram	kg
time	second	s
electric current	ampere	A
thermodynamic temperature	kelvin	K
luminous intensity	candela	cd
area	square meter	m ²
volume	cubic meter	m ³
density	kilogram per cubic meter	kg/m ³
velocity	meter per second	m/s

Physical quantity	name of unit	symbol for unit
pressure	kilopascal	kPa
bending moment	newton meter	N·m
kinematic viscosity	square meter per second	m ² /s
diffusion coefficient	newton second per sq. meter	ns/m ²
dynamic viscosity	volt per meter	V/m
electric field strength	ampere per meter	A/m
magnetic field strength	candela per square meter	cd/m ²
luminance		

Symbols for units do not take a plural form.



Distance			
Metric	Customary	Customary	Metric
1 millimeter (mm)	= 0.03937 inch	1 inch	= 25.4 millimeters
1 decimeter (dm)	= 0.3281 foot	1 foot	= 0.3048 meter
1 meter (m)	= 3.281 feet	1 yard	= 0.9144 meter
	= 1.094 yard	1 furlong	= 220 yards = 201.17 meters
1 kilometer (km)	= 0.6214 mile	1 mile	= 1760 yards = 1.609 kilometers
1 kilometer (km)	= 1000 meters		
1 meter (m)	= 100 centimeters		
1 centimeter (cm)	= 10 millimeters		

Inches into Millimeters							
Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm
1	25.40	14	355.60	27	685.80	39	990.60
2	50.80	15	381.00	28	711.20	40	1016.00
3	76.20	16	406.40	29	736.60	41	1041.40
4	101.60	17	431.80	30	762.00	42	1066.80
5	127.00	18	457.20	31	787.40	43	1092.20
6	152.40	19	482.60	32	812.80	44	1117.60
7	177.80	20	508.00	33	838.20	45	1143.00
8	203.20	21	533.40	34	863.60	46	1168.40
9	228.60	22	558.80	35	889.00	47	1193.80
10	254.00	23	584.20	36	914.40	48	1219.20
11	279.40	24	609.60	37	939.80	49	1244.60
12	304.80	25	635.00	38	965.20	50	1270.00
13	330.20	26	660.40				

Fractions of an inch into Decimals and into Millimeters								
Inches	Decimals of an Inch	mm	Inches	Decimals of an Inch	mm	Inches	Decimals of an Inch	mm
1/32	.0312	0.79	3/8	.375	9.53	11/16	.6875	17.46
1/16	.0625	1.59	13/32	.4062	10.32	23/32	.7187	18.26
3/32	.0937	2.38	7/16	.4375	11.11	3/4	.750	19.05
1/8	.125	3.18	15/32	.4687	11.91	25/32	.7812	19.84
5/32	.1562	3.97	1/2	.500	12.70	13/16	.8125	20.64
3/16	.1875	4.76	17/32	.5312	13.49	27/32	.8437	21.43
7/32	.2187	5.56	9/16	.5625	14.29	7/8	.875	22.23
1/4	.250	6.35	19/32	.5937	15.08	29/32	.9062	23.03
9/32	.2812	7.14	5/8	.625	15.88	15/16	.9375	23.81
5/16	.3125	7.94	21/32	.6562	16.67	31/32	.9687	24.61
11/32	.3437	8.73				1	1.00	25.40

Area			
1 square inch	= 645.16 square millimeters	1 square mile	= 2.590 square kilometers
1 square foot	= 0.0093 square meter	1 square millimeter	= .00155 square inch
1 square yard	= 0.836 square meter	1 square meter	= 10.76 square feet
1 acre	= 0.405 hectare*	1 square meter	= 1.196 square yard
1 square mile*	= 259.0 hectares	1 hectare*	= 2.471 acres
*1 hectare = 1 square hectometer = 10000 sqm		**1 square kilometer = 0.386 square mile	

Weight		
1 gram	= 0.032 ounce (troy)	
1 gram	= 0.035 ounce (avoird)	
1 kilogram	= 2.679 pounds (troy)	
1 kilogram	= 2.205 pounds (avoird)	
1 tonne	= 1.102 ton (short)	
1 ounce (troy)	= 31.103 grams	
1 ounce (avoird)	= 28.350 grams	
1 pound (troy)	= 373.242 grams	
1 pound (avoird)	= 453.592 grams	
1 ton (short)	= 0.907 tonne*	
1 kg	= 1000 grams	

*1 tonne (t) = 1000 kilograms

Capacity	
U.S.	
1 pint (U.S.)	= 0.473 liter
1 quart (U.S.)	= 0.946 liter
1 gallon (U.S.)	= 3.785 liters
1 barrel (U.S.)	= 158.98 liters
Imperial	
1 pint	= 0.568 liter
1 gallon	= 4.546 liters
1 bushel	= 36.369 liters
1 liter*	= 0.880 pint
1 liter*	= 0.220 gallon
1 hectoliter**	= 2.838 bushels

*1 liter (l) = 100 cl. **1 hectoliter (hl) = 100 liters

Volume	
1 cubic inch	= 16387 cubic mm
1 cubic foot	= 0.0283 cubic meter
1 cubic yard	= 0.765 cubic meter
1 cubic centimeter	= 0.061 cubic inch
1 cubic meter	= 35.315 cubic feet
	= 1.308 cubic yard

Izvor informacija: [Europlumbing, Edition 21/ 2008]