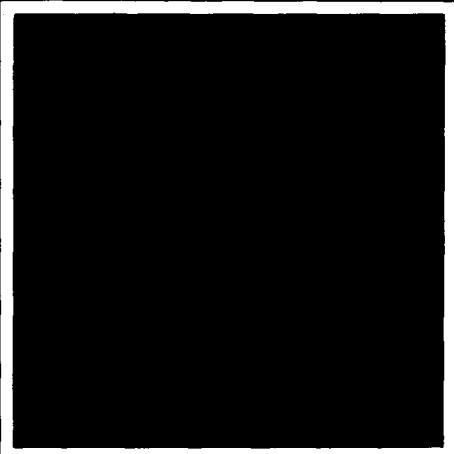
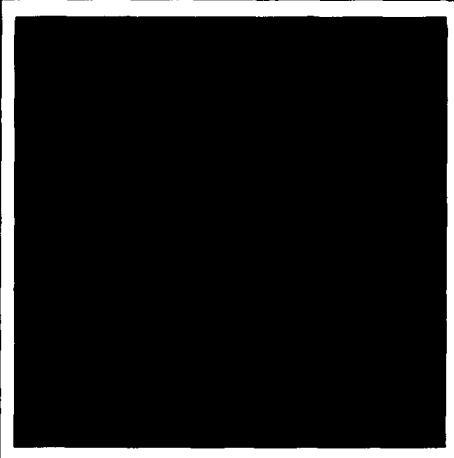
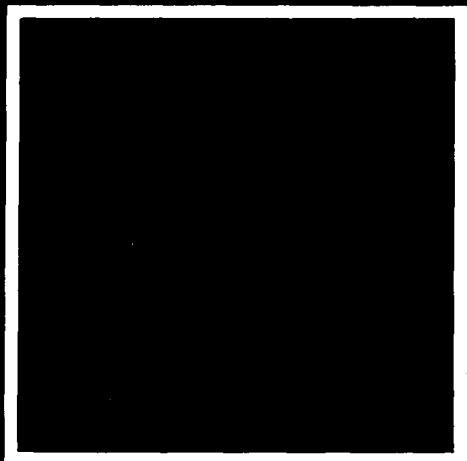
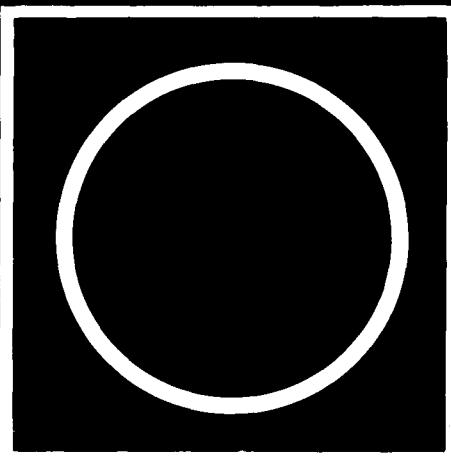
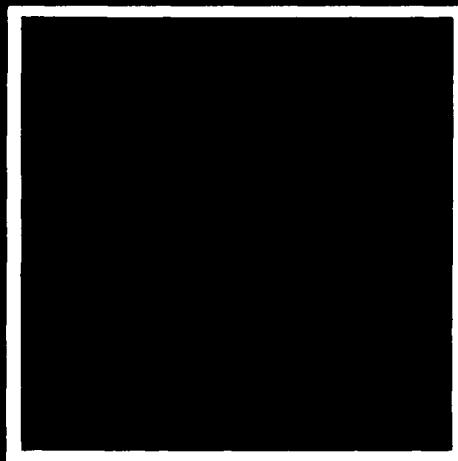


tribologija u industriji

YU ISSN 0351-1642
GODINA VIII
SEPTEMBAR '86.

3



Nauka i tehnologija o prenosu i rasipanju masa i energije u mehaničkim sistemima



tribologija u industriji

sadržaj contents содержание

UVODNIK INTRODUCTION ПЕРЕДОВИНА	B. IVKOVIĆ: Osnovan Jugoslovenski komitet za tribologiju - Yugoslav tribology committee is founded - Основан югославскиј комитет по трибологији	67
ISTRAŽIVANJA RESEARCH ИССЛЕДОВАНИЯ	M. LAZIĆ: Tribološki aspekt projektovanja i konstruisanja mašina alatki - Tribological aspect of machine tool design - Трибологический аспект проектирования металлообрабатывающих машин	70
	B. M. MEDOVAR, O. V. BERESTNEV, V. I. MOISENKO: Novi konstrukcioni materijal - armirani kvazimonolitni (AKM) čelik za mašinogradnju - A new engineering material quasi-homogeneous armouring steel (AKM) used in machine tool industry - Новый конструкционный материал - армированная квазимонолитная сталь (АКМ) - для машиностроения	75
	M. STEFANOVIĆ: Ispitivanje maziva postupkom razvlačenja - novi pokazatelji i kriterijumi - Lubricant testing by the stretching procedure - new indicators and criterions - Исследование смазки способом вытяжки - новые показатели и критерии	78
ZA NEPOSREDNU PRAKSU FOR DIRECT PRACTICE ДЛЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ПРАКТИКУ	82	
NOVOSTI NEWS ИЗВЕСТИЯ	87	
KNJIGE I ČASOPISI BOOKS AND JOURNALS КНИГИ И ЖУРНАЛЫ	89	
NAUČNI SKUPOVNI SCIENTIFIC MEETINGS НАУЧНЫЕ СОБРАНИЯ	93	
REZIMEA ABSTRACTS РЕЗЮМЕ	95	

B. IVKOVIĆ

Osnovan jugoslovenski komitet za tribologiju

U prvom ovogodišnjem broju časopisa **TRIBOLOGIJA U INDUSTRIJI** postavljeno je na ovom istom mestu pitanje: Jugoslovenski komitet za tribologiju - DA ili NE? U kraćem tekstu učinjen je bio pokušaj da se ukaže na potrebu formiranja jedne zajednice visokoškolskih institucija, instituta, radnih organizacija i drugih društvenih organizacija koja bi se bavila razvojnim, naučno-istraživačkim i obrazovnim radom u oblasti tribologije, odnosno koja bi objedinjavala i usmeravala rad iz ove oblasti na jugoslovenskom prostoru. Tom prilikom je navedeno i nekoliko osnovnih zadataka kojima bi se takva zajednica bavila i bile predložene sekcijske kroz koje bi se organizovalo rad u posebnim oblastima tribologije.

Početkom marta 1986. godine grupa naučno-nastavnih radnika sa više fakulteta i instituta u sastavu: prof. Dr J. Verčon, doc. Mr V. Savić, Dr J. Vižintin, prof. Dr R. Zgaga, prof. Dr S. Tanasijević, prof. Dr M. Nedeljković, prof. Dr B. Ivković, Dr R. Rakić i Dr A. Rac, pripremila je tekst Sporazuma, kao i spisak mogućih članova osnivača Zajednice koja bi nosila naziv **JUGOSLOVENSKI KOMITET ZA TRIBOLOGIJU**. Predlog Sporazuma sa informacijama o potrebi za osnivanje Jugoslovenskog komiteta za tribologiju i inicijativi grupe naučno-nastavnih radnika dostavljen je potencijalnim potpisnicima Sporazuma (ukupno 22). Na osnovu prvih informacija o prihvatanju Sporazuma od strane zainteresovanih institucija održan je sredinom juna 1986. godine sastanak predstavnika grupe radnih organizacija osnivača Komiteta na kome je utvrđen konačan tekst Sporazuma, izvršeno potpisivanje Sporazuma i izabrana odgovarajuća tela Jugoslovenskog komiteta za tribologiju. Prihvaćeno je da naziv Komiteta bude **JUGOSLOVENSKI KOMITET ZA TRIBOLOGIJU**, da sedište Komiteta bude u prve četiri godine u Kragujevcu i da se sedište Komiteta određuje svake četiri godine. Samoupravni sporazum o osnivanju Komiteta potpisali su: Mašinski fakultet u Kragujevcu
Mašinski fakultet u Beogradu
Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu - Institut za industrijske sisteme,

Zavodi "Crvena zastava" - RO "Laboratorijum"
Jugoturbina, Karlovac - RO "Razvoj i istraživanje"
Tehnički fakultet, Rijeka
Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
Fakultet za strojništvo, Ljubljana
Mašinski fakultet, Mostar
Zavod za raziskavo materijala in konstrukcije, Ljubljana
Fabrika maziva, Kruševac
Mašinski fakultet, Sarajevo - OUR "Proizvodno i konstruktionsko mašinstvo"
Tehnološki fakultet, Novi Sad - Institut za petrohemiju, gas, naftu i hemijsko inženjerstvo.
U daljem tekstu daje se tekst Samoupravnog sporazuma radi informisanja drugih organizacija koje bi eventualno mogle da postanu takodje članice ovog Komiteta. Tekst Sporazuma glasi:

"Na osnovu čl. 38 Ustava Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije i čl. 395 Zakona o udruženom radu, a polazeći od zajedničkih interesa u rešavanju određenih pitanja razvojnog, naučno-istraživačkog i obrazovnog karaktera iz oblasti tribologije kao nauke i tehnologije o prenosu i rasipanju masa i energije u mehaničkim sistemima, visokoškolske institucije, instituti, radne organizacije i druge društvene organizacije zaključuju

SAMOUPRAVNI SPORAZUM O OSNIVANJU JUGOSLOVENSKOG KOMITETA ZA TRIBOLOGIJU

I - OSNOVNE ODREDBE

Član 1

Jugoslovenski komitet za tribologiju (u daljem tekstu Komitet) je samoupravna i dobrovoljna zajednica visokoškolskih institucija, instituta, radnih organizacija i drugih društvenih organizacija koje se pored ostalog bave i razvojnom, naučno-istraživačkom i obrazovnom delatnošću iz oblasti tribologije (u daljem tekstu: članovi Komiteta).

Komitet se osniva u cilju koordinacija i rešavanja pitanja od zajedničkih interesa na osnovama ravnopravnosti i uzajamne saglasnosti.

Član 2

Naziv Komiteta je: JUGOSLOVENSKI KOMITET ZA TRIBOLOGIJU
Sedište Komiteta je u Kragujevcu
Komitet ima pečat okruglog oblika sa tekstom: Jugoslovenski komitet za tribologiju.
Sedište Komiteta se određuje svake četiri godine.

II - ZADACI KOMITETA

Član 3

Zadaci Komiteta su da raspravlja, zauzima stavove i koordinira rad po svim pitanjima razvojnog, naučno-istraživačkog i obrazovnog karaktera iz oblasti tribologije a naročito da:

1. Priprema na sistematski način i upoznaje članove Komiteta sa savremenim programima razvojnog, naučno-istraživačkog i obrazovnog rada iz oblasti tribologije u zemlji i inostranstvu.
2. Doprinese aktuelizaciji i podizanju nivoa naučno-istraživačkog rada u oblasti tribologije kroz organizovanje tematskih sastanaka po pojedinim pitanjima od interesa za industriju i društvo u celini i na drugi način.
3. Podržava inicijative pojedinih članova Komiteta u razvoju naučno-istraživačke i obrazovne delatnosti iz oblasti tribologije kroz davanje kompetentnog mišljenja o njihovim predlozima.
4. Pomaže u izdavanju publikacija svih vrsta koje na određeni način doprinose razvoju i afirmaciji tribologije kao nauke i tehnologije (knjige, časopisi, posebne publikacije, priručnici i sl.).
5. Učestvuje u organizovanju naučnih skupova, seminara i sl. koje članovi Komiteta organizuju iz određenih oblasti tribologije.
6. Omogućava povezivanje naučno-istraživačkih institucija i pojedinaca sa odgovarajućim naučno-istraživačkim organizacijama u zemlji i inostranstvu.
7. Ukazuje na nepotrebno dupliranje istraživačkih kapaciteta i istraživačkih programa u više institucija u zemlji.
8. Razmatra programe obrazovne delatnosti iz oblasti tribologije u visoko-školskim i drugim institucijama, zauzima stavove o njima i predlaže osnovne sadržaje obrazovnih programa.
9. Povezuje razne vidove delatnosti pojedinih organizacija i društva iz SFRJ iz oblasti tribologije (OMO, JUGOM-a, Jugoslovensko društvo za mašinske elemente i sl.).
10. Podiže nivo znanja iz oblasti tribologije radnika u industrijskim i drugim sistemima kroz organizovanje permanentnog obrazovanja iz ove oblasti.
11. Obavlja i druge poslove koji mogu biti od zajedničkog interesa za članove Komiteta (predstavljanje svih

organizacija koje se bave tribologijom u Jugoslaviji, u zemlji i inostranstvu, i sl.).

12. Razvija informacioni sistem iz oblasti tribologije.

III - ČLANSTVO U KOMITETU

Član 4

Članom Komiteta može postati svaka visokoškolska institucija, institut, radna organizacija ili društvena organizacija u SFRJ koja svojim programom rada predviđa razvojni, naučno-istraživački ili obrazovni rad iz oblasti tribologije.

Svaki član Komiteta delegira po dva delegata u Plenum Komiteta.

Članom Komiteta može postati, izuzetno, istaknuti naučni radnik na predlog najmanje tri Institucije članice Komiteta.

Član 5

Članstvo u Komitetu stiče se usvajanjem i potpisivanjem ovog Samoupravnog sporazuma. Odluku o prijemu novih članova donosi Komitet na Plenumu sa dvotrećinskom većinom prisutnih članova.

Svaki član Komiteta ima po jedan glas.

Član 6

Prava članova Komiteta su da:

- ravnomerno učestvuje u radu Komiteta,
- biraju i budu birani u izvršne organe Komiteta,
- podnose zahteve, predloge i mišljenja o kojima Komitet obavezno raspravlja i donosi stavove,
- organizuju i unapredjuju rad Komiteta i
- budu obaveštavani o svim planovima rada Komiteta.

Član 7

Dužnosti članova Komiteta su da:

- izvršavaju svoje obaveze prema Komitetu,
- upoznaju svoje organizacije sa odlukama i stavovima Komiteta i programima rada Komiteta,
- izvršavaju i druge obaveze kojima se doprinosi razvoj tribologije kao naučne discipline u zemlji.

IV - ORGANIZACIJA RADA I UPRAVLJANJE

Član 8

Komitet radi u Plenumu kada su u pitanju teme od interesa za sve članove Komiteta i kada se zauzimaju stavovi i donose odluke o:

- programu rada Komiteta (kratkoročnom i srednjoročnom),
- finansijskom planu Komiteta (godišnjem),
- prijemu novih članova,
- visini doprinosa (članarine) Komitetu,
- pristupanju međunarodnim organizacijama iz oblasti tribologije,
- i druge poslove od interesa za članove Komiteta.

Plenum Komiteta sastaje se po potrebi a najmanje dva puta godišnje.

Član 9

Članovi Komiteta organizuju i rad po sekcijama kada su u pitanju posebne tematske oblasti. Sekcije u kojima se organizuje rad jednog broja članova Komiteta su:

- Sekcija za trenje i habanje tvrdih tela,
- Sekcija za maziva i tehniku podmazivanja,
- Sekcija za fiziku površina,
- Sekcija za materijale i postupke oplemenjivanja površina,
- Sekcija za tribometriju
- i dr.

U radu Sekcija mogu da učestvuju i stručnjaci iz institucija koje nisu članovi Komiteta.

Rad u sekcijama je isključivo naučnog i stručnog karaktera.

Nove sekcije se formiraju na predlog grupe članova a odluku o formiranju sekcije donosi Komitet na Plenumu dvo-trećinskom većinom.

Član 10

Komitetu rukovodi kolegijum koga čine:

- predsednik Komiteta,
- dva podpredsednika Komiteta,
- predsednici Sekcija.

Zadatak Kolegijuma je da priprema materijale za sednice Plenuma Komiteta i da se stara o sprovodjenju stavova i odluka Komiteta u praksi.

Član 11

Predsednik i podpredsednici Komiteta biraju se na vreme od dve godine sa mogućnošću reizbora.

Predsednik i podpredsednici Komiteta izabrani su ako je za njih glasala većina članova Komiteta.

Predsednici Sekcija biraju se na dve godine sa mogućnošću reizbora.

Član 12

Administrativno-tehničko i finansijsko-materijalno poslovanje Komiteta obavlja, po pravilu, institucija koja je izabrana za sedište Komiteta. Kolegijum može da za obavljanje administrativnih i drugih poslova angažuje i druga lica koja nisu članovi Komiteta ili institucije u kojoj je sedište Komiteta.

V - SREDSTVA ZA RAD KOMITETA

Član 13

Sredstva za rad Komiteta obezbeđuju se:

- doprinosom (članarinom) članova Komiteta koja se uplaćuje krajem svake godine za narednu godinu,
- prihodom ostvarenim kroz učešće Komiteta u organizova-

nju naučnih i stručnih konferencija, seminara iz oblasti permanentnog obrazovanja i iz posebnih delatnosti (publicistička delatnost i sl.),

- prihodom ostvarenim za realizaciju određenih zadataka i poslova (namenska sredstva) i
- prihodom od drugih izvora.

Sredstva potrebna za rad Komiteta planiraju se krajem svake godine za narednu godinu. Odluku o finansijskom planu donosi Plenum Komiteta.

VI - ZAVRŠNE ODREDBE

Član 14

Ovaj Sporazum stupa na snagu kad ga potpišu najmanje osam institucija iz najmanje tri republike i pokrajine koje se u SFRJ bave razvojnom, istraživačkom i obrazovnom delatnošću u oblasti tribologije.

Član 15

Sporazum se potpisuje na period od deset godina. Ukoliko članovi Komiteta ne otkažu Sporazum on se produžava na sledeći desetgodišnji period.

Član 16

Izmena i dopuna ovog Sporazuma vrši se po postupku za njegovo donošenje."

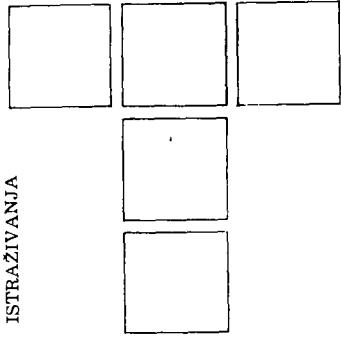
Septembra meseca ove godine izvršeno je registrovanje JUGOSLOVENSKOG KOMITETA ZA TRIBOLOGIJU u Okružnom privrednom sudu u Kragujevcu, tako da je tim aktom Jugoslovenski komitet za tribologiju postao pravno lice sa svim pravima i odgovornostima koje proizilaze iz zakona.

Za predsednika Komiteta u narednom izbornom periodu izabran je Prof. Dr Branko Ivković, dipl. ing. a za podpredsednike Prof. Dr J. Verčon, dipl. ing. (za međunarodnu saradnju) i Prof. Dr S. Sekulić (za naučno-istraživački rad).

Konstituisane su i neke od predviđenih sekcija i to:

- Sekcija za trenje i habanje tvrdih tela sa sedištem u Beogradu, predsednik Sekcije Prof. Dr A. Rac, dipl. ing.
- Sekcija za fiziku površina, Ljubljana, predsednik doc. Dr J. Vižintin,
- Sekcija za materijale i postupke oplemenjivanja površina, Zagreb, predsednik Sekcije doc. Dr V. Ivišić,
- Sekcija za maziva i tehnička podmazivanja ostala je ovog puta neorganizovana a Sporazum pruža mogućnost organizovanja i drugih sekcija.

U toku oktobra meseca ove godine predviđa se drugi sastanak Plenuma Komiteta na kome bi se usvojio Statut Komiteta i Plan rada za 1987. godinu.



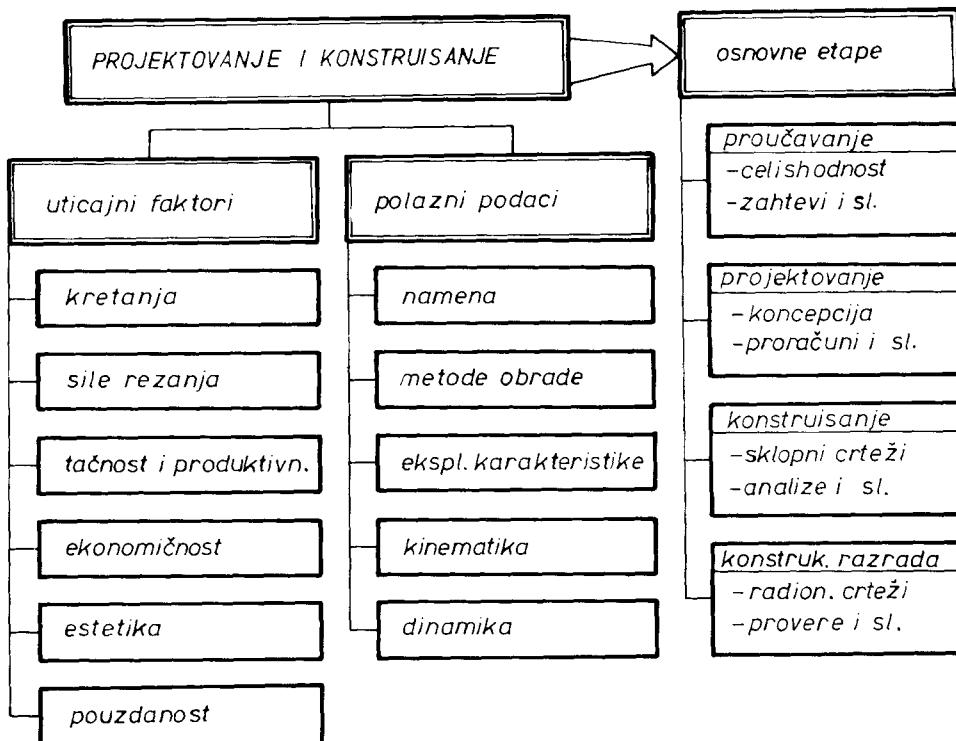
M. LAZIĆ

Tribološki aspekt projektovanja i konstruisanja mašina alatki

- osnove sistemskog pristupa -

UVOD

Proces projektovanja i konstruisanja alatnih mašina započinje analizom faktora uticajnih na definisanje konцепције i konstruktivno oblikovanje mašina i sagledavanjem polaznih podataka neophodnih za projektovanje mašina. Sastoji se od nekoliko etapa (sl. 1) i predstavlja jednu od najznačajnijih faza u procesu osvajanja i proizvodnje novih, savremenih, alatnih mašina.



Sl. 1. - Faktori uticajni na konstruktivno rešenje, polazni podaci i etape u procesu projektovanja savremenih alatnih mašina

I kratka analiza uticajnih faktora, polaznih podataka i osnovnih etapa projektovanja ukazuje na svu složenos i kompleksnost procesa projektovanja. Kvalitet rešenja i konstrukcije mašine odredjen je stepenom korišćenja savremenih dostignuća nauke i tehnike, odnosno niza naučnih disciplina, kao što su: tribologija, elektronika, logika, kibernetika i sl.

Pouzdanost rada i vek trajanja mašina, kao jedan od najuticajnijih faktora, u savremenim proizvodnim uslovima, predstavlja osnov za proučavanje niza varijantnih i iznalaženje optimalnog rešenja u fazi projektovanja nove mašine. Međutim, adekvatno definisanje pouzdanosti rada i veka trajanja ne samo elemenata, podsklopova i sklopova, već mašina u celini zahteva formiranje odgovarajuće banke eksperimentalnih podataka vezanih za vrstu, mehaničke i tribološke karakteristike elemenata tribomehaničkih sistema, učestanost primene pojedinih režima rada (spektar opterećenja) i sl. To podrazumeva razvoj i neprekidno usavršavanje metoda i postupaka triboloških ispitivanja uticaja svih relevantnih parametara na pouzdanost rada i vek trajanja elemenata tribomehaničkih sistema, sklopova i mašina u celini.

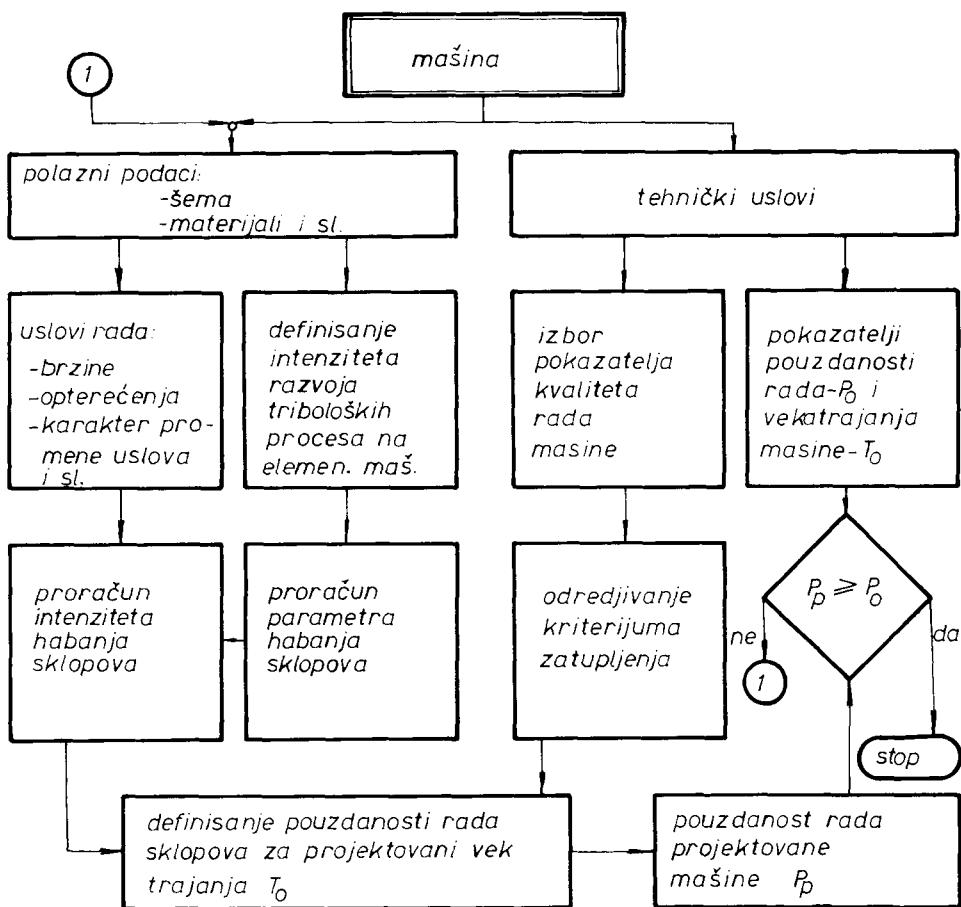
POUZDANOST RADA I VEK TRAJANJA MAŠINA

Pouzdanost rada i vek trajanja proizvodne (mašine, alati, pribori) i druge opreme u industriji prerade met-

pouzdanosti i veka trajanja mašina, krivih habanja elemenata - sklopova, maksimalnih vrednosti parametara habanja sa aspekta tehničkih uslova, metodologije i postupka definisanja parametra i intenziteta habanja pojedinih

sklopova mašina i niza drugih manje ili više relevantnih faktora.

Svaki od navedenih elemenata predstavlja posebnu oblast istraživanja i zahteva celovitu i adekvatnu analizu. Tako, na primer, tačnost rada automatskog struga sa revolver glavom, zavisi ne samo od tačnosti izrade elemenata alatne mašine, već i od veličine topotlotnih i elastičnih deformacija, intenziteta i karaktera habanja elemenata, režima rada, itd. (sl. 3).



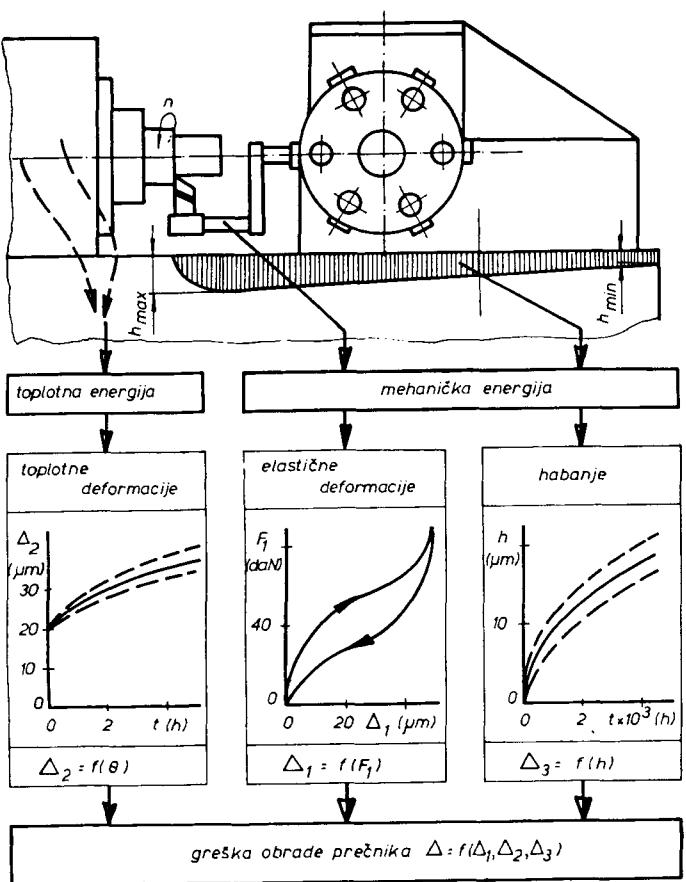
Sl. 2. - Šema proračuna pouzdanosti rada i veka trajanja mašina pri postepenim otkazima

tala i drugim industrijskim granama zavise od intenziteta razvoja procesa habanja na elementima tribo-mehaničkih sistema. Dakle, identifikacija osnovnih tribo-mehaničkih sistema i određivanje triboloških karakteristika njegovih elemenata je osnovna pretpostavka za razvoj odgovarajućeg sistema proučavanja pouzdanosti rada i veka trajanja.

Ako se zanemare iznenadni otkazi elemenata i posmatraju samo postepeni (otkazi nastali uglavnom kao posledica razvoja triboloških procesa), pouzdanost rada je moguće definisati po šemi datojo na sl. 2. Sa šeme je evidentna sva složenost i kompleksnost problematike definisanja veka trajanja i pouzdanosti rada. Izgradnja odgovarajućeg sistema podrazumeva poznavanje tehničkih uslova, šeme obrade i režima rada mašine koja se projektuje, triboloških karakteristika materijala elemenata osnovnih tribo-mehaničkih sistema, pokazatelia kvaliteti rada mašina,

TRIBOLOŠKE KARAKTERISTIKE ELEMENATA OSNOVNIH TRIBO-MEHANIČKIH SISTEMA

Osnovne tribo-mehaničke sisteme, po pravilu, čine kontaktni elementi 1 i 2 i sredstvo za podmazivanje 3 (sl. 4). Identifikacija svih osnovnih tribo-mehaničkih sistema jedne alatne mašine podrazumeva definisanje: uslova pod kojima se ostvaruje kontakt elemenata sistema (brzina relativnog kretanja, opterećenja, temperatura i vreme kontakta, vrsta kontakta i sl.), strukture tribo-mehaničkog sistema (broj i vrsta elemenata, geometrija kontakta, materijali elemenata sistema i sl.) i triboloških karakteristika elemenata tribo-mehaničkog sistema. Pri tome, kod klasične alatne mašine moguće je identifikovati 100-150 osnovnih tribo-mehaničkih sistema u kojima se ostvaruje kontakt na različite načine (klizanje, ko-

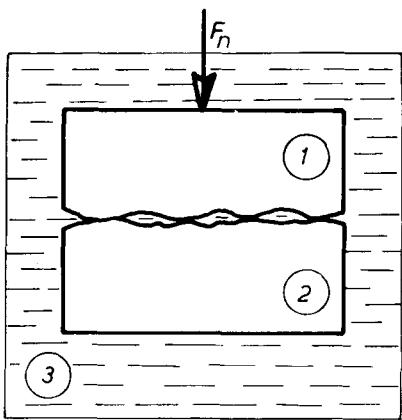


Sl. 3. - Osnovni faktori uticajni na izmenu tačnosti obrade automatskog struga sa revolver glavom

kotrljanje, udar i sl.).

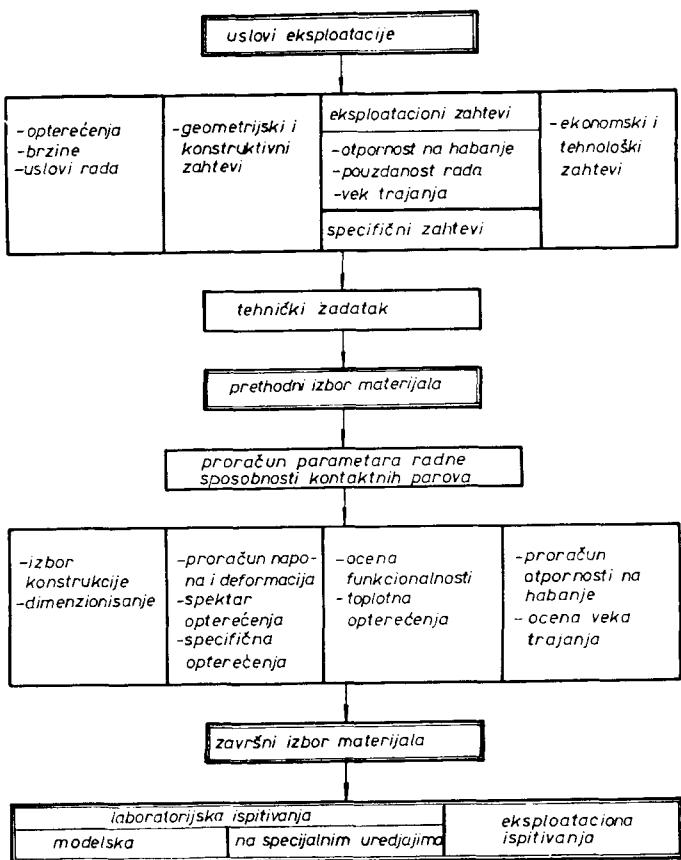
Jedna od značajnih etapa identifikacije je, evidentno, definisanje triboloških karakteristika materijala osnovnih elemenata sistema. To iz razloga što se za izradu elemenata tribomehaničkih sistema može koristiti širok spektar veoma pogodnih materijala (metali ili nemetali), termički odnosno hemijsko-termički (nitriranje, hromiranje i sl.) obradjenih ili presvučenih tankim slojem tvrdih materijala (titran karbidi, titran nitridi, aluminijum oksidi i sl.).

Adekvatan i za date uslove optimalan izbor materijala (sl. 5), u fazi projektovanja nove mašine, moguće je na bazi, unapred formirane banke podataka vezane za tribološke karakteristike materijala. Njeno formiranje zahteva neprekidan razvoj i usavršavanje standardnih metoda definisanja triboloških karakteristika materijala. Tako, na primer, u Laboratoriji za obradu metala i tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, čine se pokušaji izradnje standardnih metoda zasnovanih na primeni radioaktivnih izotopa /1/. Preliminarna ispitivanja ukazuju na značajne razlike u tribološkim karakteristikama

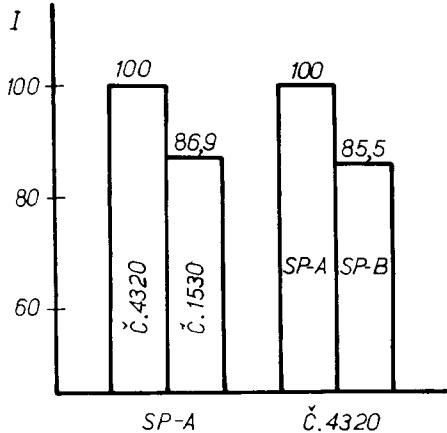


Sl. 4. - Struktura osnovnog tribomehaničkog sistema

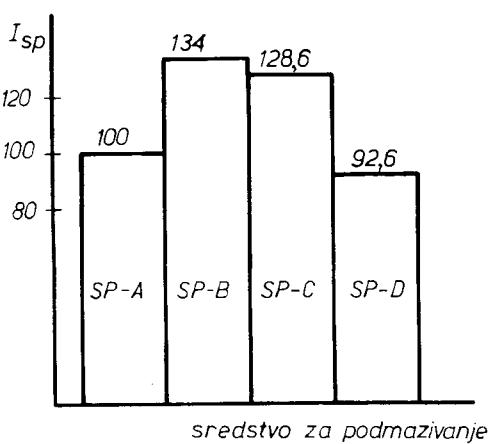
materijala elemenata vodjica alatnih mašina (sl. 6), sredstava za podmazivanje zupčatih parova (sl. 7) i niza drugih parametara. Ovde treba naglasiti da tribološke karakteristike elemenata tribomehaničkog sistema zavise, ne samo od vrste materijala, već i od kvaliteta mehaničke i hemijsko-termičke obrade, kvaliteta tvrdih prevlaka (ukoliko se nanose), kvaliteta konstruktivnog rešenja i uslova eksploatacije.



Sl. 5. Jedna od mogućih šema optimalnog izbora materijala elemenata tribomehaničkih sistema



Sl. 6. - Indeks kvaliteta materijala vodjice alatnih mašina



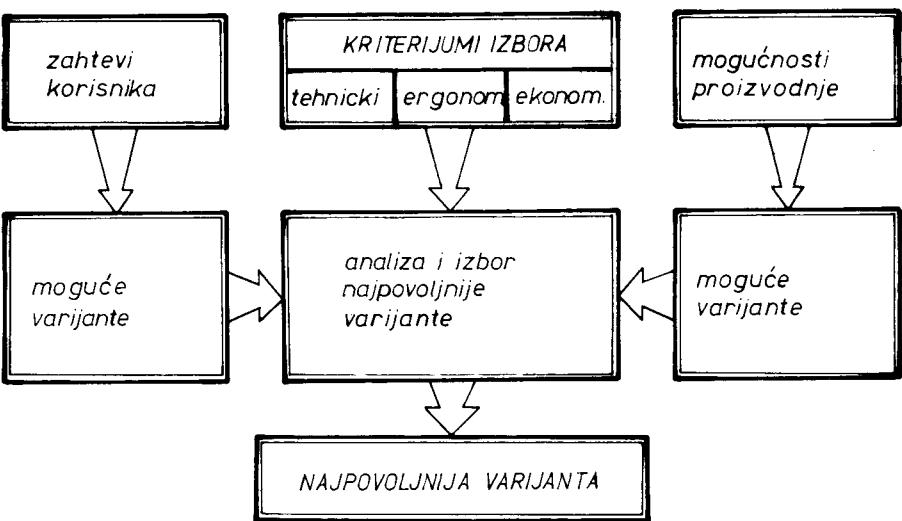
Sl. 7. - Indeks kvaliteta sredstva za podmazivanje

Jasno je, dakle, da iznalaženje optimalnog rešenja u fazi projektovanja elemenata, podsklopova, sklopova i mašina u celini, zahteva poznavanje niza relevantnih parametara, posebno parametara vezanih za pouzdanost i vek trajanja odnosno tribološke karakteristike materijala elemenata osnovnih tribomehaničkih sistema.

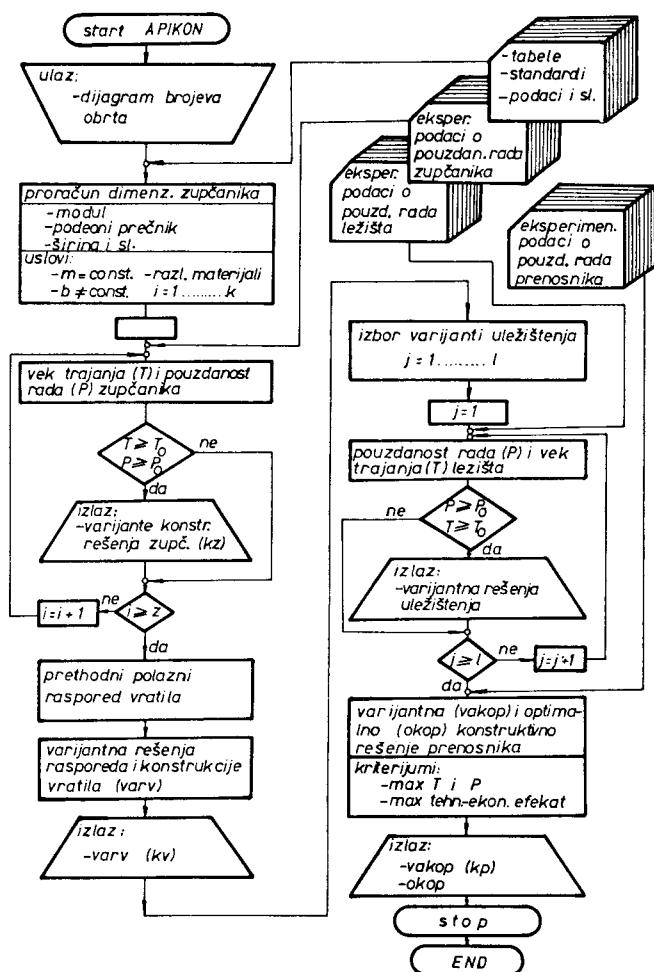
OSNOVNI PRINCIPI PROJEKTOVANJA ALATNIH MAŠINA

Osnovni zahtevi pri projektovanju (i konstruisanju) savremenih alatnih mašina proizilaze iz osnovnih tehnokonomskih pokazatelja kvaliteta rada mašina:

- maksimalna proizvodnost rada,
- tačnost rada, kao rezultat geometrijske i kinematske tačnosti, temperturnih deformacija elemenata mašina, krutosti i stabilnosti elemenata i mašina u celini, habanja i mogućnosti kompenzacije habanja i sl.,
- jednostavnost i bezbednost opsluživanja, pogodnost



Sl. 8. - Osnovni zahtevi i kriterijumi ocene varijantnih rešenja pri projektovanju i konstruisanju novih alatnih mašina



Sl. 9. - Jedna od mogućih varijanti sistema automatskog projektovanja i konstruisanja zupčastih prenosnika alatnih mašina

- remonta i slično (termotehnologičnost),
- pouzdanost i vek trajanja mašine,
- cena obrade na projektovanoj mašini-troškovi mašine (povećanje produktivnosti i stepena automatizacije),
- troškovi izrade i održavanja mašina (standardizacija i unifikacija elemenata, projektovanje elemenata odgovarajuće tehnologičnosti i sl.),
- minimalni utrošak materijala i ostalih resursa,
- tehnologičnost konstrukcije (stepen složenosti izrade, montaže i demontaže sa jedne i broj originalnih, unificiranih i standardizovanih elemenata sa druge strane),
- fleksibilnost mašine,
- estetski i ergonomski nivo mašine,
- stepen unifikacije i standardizacije i sl.

Analiza osnovnih (navedenih) pokazatelja kvaliteta rada novo-projektovanih alatnih mašina ukazuje i na osnovne principe projektovanja i konstruisanja. Upravo ovi principi ukazuju i na svu složenost i kompleksnost projektovanja i neophodnost razvoja odgovarajućih sistema automatskog projektovanja alatnih mašina primenom računara i kompjuterske grafike.

Baza za projektovanje i konstruisanje alatnih mašina je, pre svega, zahtev potrošača (korisnika), a potom i mogućnost proizvodnje (sl. 8). Kompleksnost i suprotnost zahteva eksploatacije i proizvodnje, dostignuća i trend razvoja novih koncepcijskih rešenja, neprekidno usavršavanje osnovnih komponenti mašina i stalni napredak nauke i tehnike, dovodi do niza varijantnih rešenja kako u pogledu koncepcije izgradnje, tako i u pogledu tehnokratičkih karakteristika alatnih mašina. To zahteva i stalni razvoj i iznalaženje odgovarajućih kriterijuma za izbor najpovoljnije (optimalne) varijante konstruktivnog rešenja mašine.

Analiza relevantnih parametara, varijantnih rešenja i izbor optimalnog moguća je primenom savremenih računarskih sistema i kompjuterske grafike, uz prethodni razvoj odgovarajućih sistema automatskog projektovanja i konstruisanja sa jedne i odgovarajuće banke eksperimentalnih podataka sa druge strane. To je evidentno i iz šematskog prikaza moguće varijante sistema automatskog projektovanja i konstruisanja, na primer /2/, zupčastih prenosnika (sl. 9), prenosnika koji čine jedan od osnovnih sklopova alatnih mašina.

U sistem automatskog projektovanja i konstruisanja alatnih mašina potrebno je, pored toga, uključiti i mogućnosti, mere i postupke povećanja pouzdanosti rada i veka trajanja novo-projektovane mašine. Naime, već u fazi projektovanja i konstruisanja alatnih mašina mog-

uće je obezbediti odgovarajuću pouzdanost i vek trajanja, kroz:

- primenu materijala otpornih na habanje,
- formiranje pouzanih sistema podmazivanja,
- automatsku kompenzaciju habanja elemenata mašina,
- razradu brzo-zamenljivih elemenata, podsklopova i sklopova,
- formiranje konstrukcija elemenata sa minimalnim uticajem habanja na tačnost i kvalitet rada mehanizama (mašina) i razradu sistema ravnomernog habanja,
- obezbeđenje konstantnih uslova rada i adekvatan prenos opterećenja (sa odgovornijih na manje odgovorne elemente) i sl.

Sigurno je i da razvoj metoda i postupaka poveća veka trajanja i pouzdanosti rada elemenata i mašine u celini, predstavlja jedan od značajnih elemenata uticajnih na kvalitet konstruktivnog rešenja alatne mašine. To još više ukazuje na svu složenost i kompleksnost problematike projektovanja i konstruisanja alatnih mašina i potrebu za razvojem sistema automatskog projektovanja i konstruisanja.

ZAKLJUČCI

U uslovima neprekidnog rasta nivoa produktivnosti rada, posebno u materijalnoj proizvodnji, razvoj i razrada sistema automatskog projektovanja i konstruisanja elemenata mašina i mašina u celini, predstavlja zadatak od izuzetnog značaja. To tim pre što nivo produktivnosti rada u fazi projektovanja, konstruisanja, pripreme i osvajanja proizvodnje (konstruktivno-tehnološkoj fazi razvoja) znatno zaostaje i sporije raste od nivoa produktivnosti rada u materijalnoj proizvodnji.

Razvoj, pak, pomenutog sistema pretpostavlja i:

i - teorijsku razradu odgovarajućeg matematičkog modela i definisanje adekvatne funkcije kriterijuma za date, konkretne, uslove rada,

ii - razvoj banke eksperimentalnih podataka vezanih za tribološke karakteristike elemenata svih osnovnih tribomehaničkih sistema alatnih mašina,

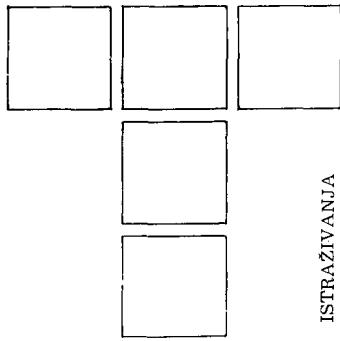
iii - iznalaženje i razvoj odgovarajućih sistema za proračun intenziteta habanja, pouzdanosti i veka trajanja elemenata, podsklopova, sklopova i mašina u celini,

iv - neprekidno praćenje dostignuća nauke i tehnike, a pre svega relevantnih naučnih disciplina i sl.

Očigledno je da su tribološka ispitivanja osnov za izgradnju odgovarajuće banke eksperimentalnih podataka i sistema analize adekvatnosti definisanja pojedinih konstruktivnih rešenja ne samo elemenata već i alatnih mašina u celini.

'nastavak u narednom broju)

Novi konstrukcioni materijal - armirani kvazimonolitni (AKM) čelik za mašinogradnju



ISTRAŽIVANJA

Potreba da se smanji masa mašina i poveća njihova proizvodnost zahteva proizvodnju i primenu novih konstrukcionalnih materijala, pored ostalog i čvršćih čelika. I-pak, pored čisto metalurških problema koji se javljaju u proizvodnji čelika visoke čvrstoće složene zadatke nadeće i primena takvih čelika. Kod korišćenja čelika veće deblijine i visoke čvrstoće preti opasnost od njegovog krtog loma, kada je otežano zavarivanje i mehaničko sezenje. Ako se, pak, debljina čelika, kod delova tankih zidova smanji nastaju ozbiljni problemi vezani za obezbeđenje postojanosti (stabilnosti) i očuvanje forme pri eksploataciji, kao i potreba da se obezbedi kovnost, zaštita od korozije i spreči porast vibroakustičke aktivnosti.

Rešenja navedenih problema su nadjena, ali zahtevaju značajna ulaganja, koja nisu uvek ekonomski opravdana posebno za masovnog potrošača.

Sovjetski institut za elektro zavarivanje "E. O. Paton" pri Akademiji nauka Ukrajine pronašao je, zajedno sa drugim naučnim organizacijama i fabrikama, novi konstrukcionalni materijal - armirani kvazimonolitni čelik, koji se već proizvodi industrijski. Ovaj čelik poseduje poboljšana eksploataciona svojstva i uspešno se koristi s ciljem da se smanji potrošnja metala za mašine, a cena mu je približna ceni standardnog čelika. Osobenost sastava i dobijanja AKM je u tome što se u kokilu uvodi i zadržava čelična armatura koja igra ulogu makrohladionika i elementa očvršćavanja. Ovako dobijeni ingot AKM čelika valja se na uobičajeni način. Postojanje makrohladionika u novodobijenim čelicima, očišćenim od štetnih primesa, stvara uslove potrebne za ravnomernu raspodelu preostalih primesa, jednorodnost strukture i dobijanje metala koji se dobija električnim topljenjem pod šljakom (EŠP), ali znatno jeftiniji (1).

Ravnomerna raspodela primesa u armiranim kvazimonolitnim čelicima uslovjava, kao i kod čelika koji se dobiju običnim topljenjem, povećanja otpornosti na poj-

vu i širenje lokalizovanih plastičnih deformacija od kojih zavisi otpornost na zamor i krtost. Pored toga što poseduju sve osobenosti strukture i svojstva metala EŠP AKM čelici se pored toga odlikuju organizovanom slojevitotošću i kvazislojevitošću, koja se postiže sa znatno manjim troškovima nego pri izradi "dublčelika" sa feritnim medjuslojevima, dobijeni složenom temiškom obradom.

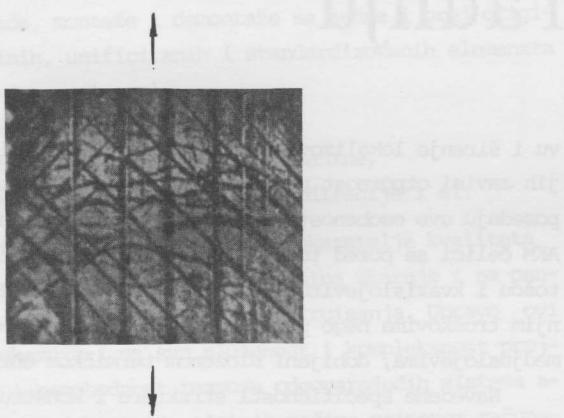
Navedene specifičnosti strukture i konstrukcije AKM čelika predodredile su kompleks svojstva novog konstrukcionalnog materijala, koja nisu postignuta ni kod jednog drugog materijala istog hemijskog sastava.

Prag loma na hladno AKM čelika obično je za desetak stepeni Celzija niži, pri visokoj žilavosti u oblasti pozitivnih temperatura, nego kod čelika koji se dobijaju klasičnim topljenjem. Kod niskolegiranih čelika 09G2SF, debljine 17,5 mm, pomeranje traga loma na hladno iznosi više od 30°C (1). Ako urez nanesemo na površinu AKM čelika on se ne može razrušiti.

Rezerva plastičnosti ARM čelika bez opasnosti od krtog loma, može da se postigne kroz povećanje tvrdoće s ciljem da se poveća otpornost konstrukcije na habanje. Upravo ta činjenica je uzeta za osnovu stvaranja čelika AKM za karoseriju kipera BelAZ. Već danas olakšane karoserije kipera sa podovima od ovog čelika rade bez popravke do potpunog otpisa vozila, dok karoserije kipera drugih proizvodjača zahtevaju periodični remont zbog intenzivnog habanja i prskanja.

Danas se raspolaze sa dovoljno eksperimentalnih podataka na osnovu kojih se zone lokalne plastične deformacije u metalu i delovima (zone Černova-Ludersa) smatraju mestom začetka razaranja metala usled zamora. Zato je borba za povećanje otpornosti čeličnih konstrukcija na zamor u suštini borba za povećanje njihove otpornosti protiv nastanka i širenja makrolokalnih plastičnih deformacija. Naša istraživanja pomoću specijalnih metoda (2) pokazala su da su u AKM čelicima makrolokalizacija plastične deformacije i razvoj linija Černova-Ludersa bitno

usporeni u odnosu na čelike istog hemijskog sastava koji su dobijeni standardnim topljenjem. Pri tome se deformacija, lokalizovana u slojevima paralelnim armaturi, širi intenzivnije nego u vertikalnom pravcu. Kod AKM čelika za razliku od čelika dobijenih običnim topljenjem linijske Černova-Ludersa mogu da se uspore na granicama kvazislojeva, da na tim mestima menjaju svoj pravac, što za širenje plastične deformacije zahteva dodatni dovod energije pa se tako otpornost tih čelika na zamor povećava (sl. 1). Ograničeni vek trajanja, na bazi 10^{5-10^6} ciklusa



Sl. 1. - Širenje makrolokalizovane plastične deformacije po oslabljenom preseku pravougaonog uzorka od niskolegiranog AKM čelika iz pet slojeva. Strelicama je obeležen pravac pulsirajućeg opterećenja, $\sigma_{max} = 0,8\sigma_T$. Vertikalne linije su granice kvazislojeva

sa, uzorka metala od spoljašnjih slojeva niskolegiranog AKM čelika i uzorka od istog tog materijala podvrgnutog EŠP i kovanju pokazao se istim. Ispitivanja uzorka poluga vešanja putničkog automobila, ramova za autoprikolice, dugotrajna eksploatacija krupnih lamelas -



Sl. 2. - Deo lonžerona autoprikolice od AKM čelika

tih lanaca za dizalice pokazala su da primena AKM čelika omogućuje da se smanji potrošnja materijala za 15-20%. Takođe treba naglasiti da prskotine na zamor od vibracionog opterećenja naglim menjanjem pravca širenja na

granici kvazislojeva u AKM čelicima, ne dovodi do katastrofalnog raslojavanja i razaranja (lomljenja) sklopova (sl. 2).

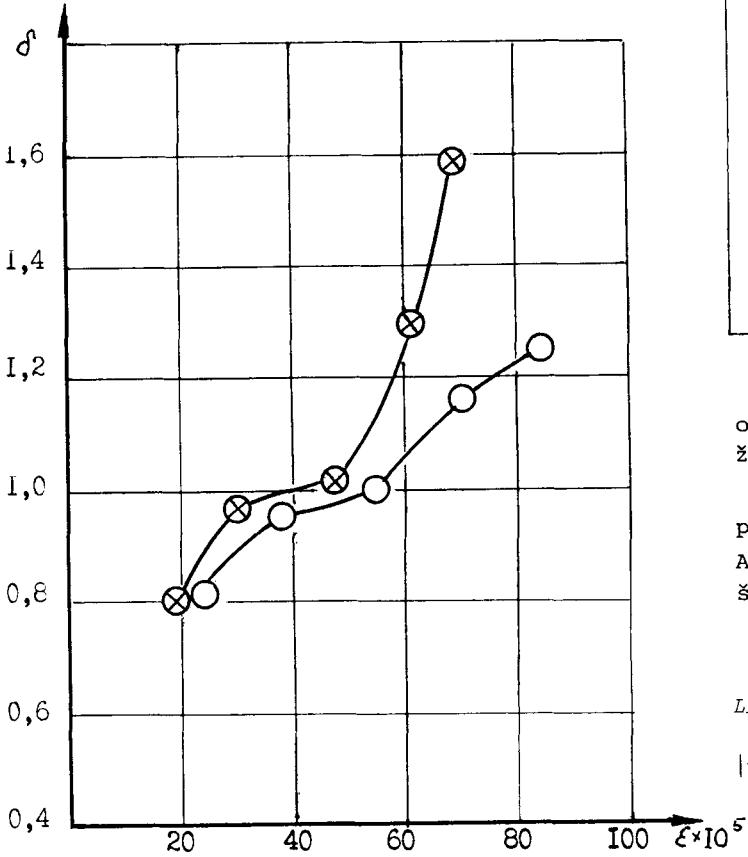
Povećanje čvrstoće tankog lima AKM čelika ne smenuje njegove tehnološke mogućnosti. Rezerve jednorodne plastičnosti i racionalno korišćenje armature omogućili su postizanje visoke kovanosti čelika uz povećanje njegove čvrstoće.

Pri kovanju poluga vešanja putničkog automobila od čelika debljine 2 mm, škart usled prskanja čelika AKM ispod pokazao se nižim nego pri kovanju istih tih delova od običnog čelika iste vrste, ali manje čvrstoće.

Pri eksploataciji konstrukcija tankih zidova obično do 30% veličine menjanja prvobitnog oblika delova određuje ciklični karakter radnog opterećenja što je uslovljeno formiranjem takozvanih plastičnih zglobova (lokalne plastične deformacije) koja smanjuje krutost elemenata konstrukcije u celini. Povećanja sposobnost AKM čelika da se suprostavi nastanku i širenju lokalne plastične deformacije u poprečnom preseku, povoljno utiče na očuvanje početnih konstrukcionih parametara proizvoda. Ispitivanja pri pulsirajućem poprečnom opterećenju tankog čeličnog lima za duboko izvlačenje bez armature i sa armaturom od niskolegiranog čelika pokazalo je da je pri jednakim naprezanjima u spoljašnjim vlaknima, akumulacija zaostalog ugibanja kod AKM čelika bila znatno manje nego kod monolitnog čelika.

Pri daljem razmatranju problema smanjenja mase tankozidnih delova ne možemo zaobići opasnost od povećanja njihove vibracione aktivnosti, tj. problem generisanja vibracija i buke od strane samih delova. Što su delovi (table, poluge) tanji to slabije izoluju buku i utoliko češće oni sami postaju njeni izvori. U poslednje vreme sve veće priznanje dobijaju različiti metalni slojeviti materijali koji treba da smanje buku i vibracije mašina pri radu. To su, po pravilu, materijali sa povećanim unutrašnjim trenjem koje stvaraju nemetalni medjuslojevi. Za delove od navedenih materijala manje su opasne rezonance u čitavom spektru oscilacija koje se javljaju pri radu mašine. Nivoi njihove vibracione aktivnosti obično su znatno niži nego kod istih delova od običnih materijala. Ipak, poznati metalni materijali sa povećanom sposobnošću prigušivanja još uvek su dosta skupi, loše se kuju u kalupima i loše se zavaruju. U tom pogledu čelici AKM se u pozitivnom smislu razlikuju od slojevitih materijala sa polimernim medjuslojevima. O njihovoj kovnosti u kalupima govorili smo napred. Njihovo zavarivanje takođe nije otežano. Specifična veza između kvazislojeva stvara povećani stepen prigušivanja vibracija. Istraživanja su pokazala da pri malim naprezanjima na savijanje veća jednorodnost strukture spoljašnjih slojeva AKM če-

lika dovodi do smanjenja stepena unutrašnjeg trenja u poređenju sa čelicima dobijenim običnim topljenjem, čak i ako je granica tečenja običnog čelika i viša od granice tečenja AKM čelika. Ipak, sa porastom opterećenja, već pri naprezanjima od 120 MPa, unutrašnje trenje kod novog materijala znatno se povećava (sl. 3). Razlika u sposob-



Sl. 3.-Promena dekrementa prigušivanja poprečnih oscilacija (δ) kod uzoraka od monolitnog i AKM čelika debljine 2 mm. (ϵ - relativna deformacija u spojlašnjim vlačnim uzorakama)

x - AKM čelik ($\sigma_T = 250$ MPa; $\sigma_B = 365$ MPa);
o - monolitni čelik ($\sigma_T = 400$ MPa; $\sigma_B = 575$ MPa)

nosti prigušivanja AKM i običnog čelika je dovoljna da se ne samo kompenzira porast vibracione aktivnosti sklopa, izazvanog smanjenjem debljine njegovih delova, već u nizu slučajeva koristi novi materijal za smanjenje opštег nivoa vibracija i buke mašina. Uporedna ispitivanja različitih zupčanika pokazala su da pri frekvencijama

Tabela 1.-Rezultati ispitivanja pri pulsirajućem opterećenju, otpornosti na promenu oblika monolitnog i AKM čelika armiranog limom niskolegiranog čelika 10 XNDP

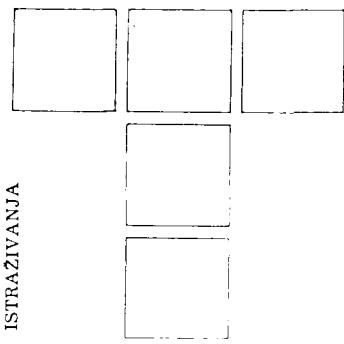
Šema opterećenja	Amplituda pulzir. naprez.	Max. u-slovi naprezanja i spojlaš. vlač. razl. pres. MPa	Zaostala ugibanja x, posle 3x10 ⁵ ciklusa mm	08IO		08IO+10XNDP	
				08IO	10XNDP	MPa	MPa
		1,7	250	0,35	0,20	170	270
		1,5	223	0,15	0,05	190	290
		1,3	193	0,10	0,00	250	365
						36	

od 6-100 Gc stepen vibracija u jednom paru zupčanika može da se smanji i do 13 dB (3).

Prema tome, s pravom možemo reći, da je dobijen i u proizvodnji već osvojen novi konstrukcijski materijal - AKM čelik - sa kompleksom karakteristika neophodnih zašinogradnji.

LITERATURA

- [1] ПАТОН, Б.Е., МЕДОВАР Б.И., Новые конструкционные металлические материалы - АКМ /армированные квазимонолитные/ и КСМ /квазислюстые/. - Известия Академии наук СССР, Металлы, 1981, № 3, с.18-24.
- [2] КРАВЧУК С.П., КОШЕЛЕВ, С.В., ЛАРИОНОВ В.В., МОЙСЕЕНКО В.И., МОСКАЛЕНКО А.Н., Способ исследования нагруженности элементов конструкции при упругопластическом деформировании. - Авторское свидетельство СССР № 523326, Бюллетень изобретений и товарных знаков, 1976, № 28.
- [3] МЕДОВАР, Б.И., САЕНКО В.Я., УС В.И., МЕДОВАР, Л.Б., БЕРЕСТИНЕВ, О.В., ЖУК И.В., МОЙСЕЕНКО В.И., Снижение шума зубчатых колес из армированного квазимонолитного /АКМ/ металла-Информационное письмо 1982, № 26 /1320/, Институт электросварки им. Е.О. Патона, Академия наук Украинской ССР.



M. STEFANOVIĆ

Ispitivanje maziva postupkom razvlačenja – novi pokazatelji i kriterijumi

1. UVOD

Osnovna poteškoća u modeliranju i izučavanju trenja i podmazivanja pri dubokom izvlačenju je mnoštvo mogućih lokalnih shema deformisanja, koje se, pored razlika u naponskim odnosima, odlikuju i razlikama u uticaju tre - nja (nisu istovetni centralni uslovi trenja – brzina i pritisak; trenje u nekim zonama može biti korisno, u nekim štetno). Uobičajena analiza procesa izvlačenja geometrijski nepravilnih delova je veoma otežana. Zbog toga se poznati pristup izučavanja obradivosti limova dubokim izvlačenjem preko modela, koji su relevantni za određene karakteristike (npr. μ -faktor za razvlačenje, r - faktor za čisto duboko izvlačenje) može na odgovarajući način iskoristiti i kod istraživanja uticaja trenja.

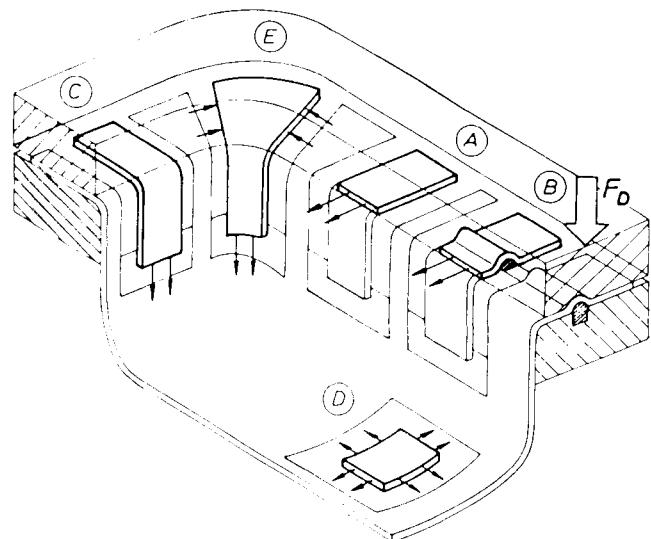
Složeni otpresci, kao što su delovi oplate karoserije putničkih automobila, dobijaju se na presama dvostrukog dejstva, na alatima koji imaju zatezna rebra na površinama držača, odnosno matrice, pri čemu je razvijena ploča pri postavljanju na matricu ravna ili zakrivljena površina. Složenost uslova obrade i mnoštvo parametara relevantnih za postupak izvlačenja, čine ovu obradu jednom od najkompleksnijih u oblasti obrade metala deformisanjem.

Šema izvlačenja složenog otpreska, sa karakterističnim modelima, kojima se simuliraju odgovarajuća naponsko-deformaciona i tribostanja, prikazana je na sl. 1 [1].

U ovom saopštenju detaljnije će biti objašnjena metodologija ocenjivanja tehnoloških kvaliteta maziva za duboko izvlačenje za slučaj kada se kao eksperimentalni postupak koristi razvlačenje, model označe "J" na sl. 1.

Pokazatelji koji se odnose na kvalitet sredstava za podmazivanje neposredno su vezani za iskorišćenje plastičnosti metala pri deformisanju, odnosno njegovu

graničnu deformabilnost.



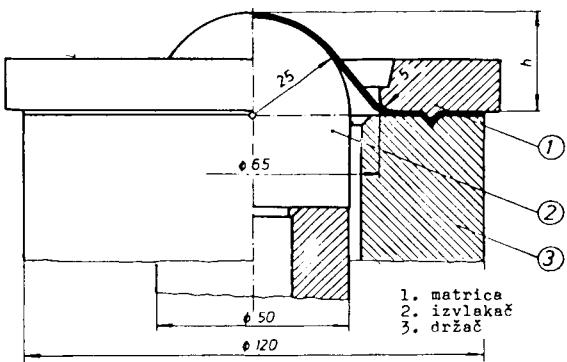
Sl. 1. Srednji modeli izučavanja trenja pri dubokom izvlačenju

2. POKAZATELJI UTICAJA TRENJA PRI RAZVLAČENJU

2.1. IZNOVNE POSTAVKE

Dvostrano zatezanje-razvlačenje limova podrazumeva prostorno deformisanje metala, pod dejstvom dva glavna normalna napona, koji deluju zatežući u ravni lima. Ispitivanje razvlačenjem se dugi niz godina koristi kod ocenjivanja obradivosti limova za duboko izvlačenje (Erichsen-ov, Olsen-ov test). Prema osnovnoj shemi izučavanja, sl. 1, do razvlačenja dolazi ispod čela izvlakača, ili na mestu zaobljenja ivice izvlakača. Pri eksperimentalnoj realizaciji razvlačenja obod kom-

ada se čvrsto priteže držačem, te se deformisanje obavlja samo unutar otvora matrice, sl. 2.



Sl. 2. - Shema ispitivanja razvlačenjem

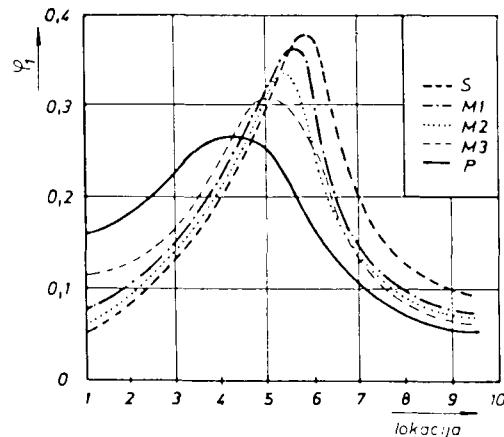
Trenje između izvlakača i lima mora biti što manje kako bi se ostvarilo ravnomerno deformisanje i manji stepen deformacije pri određenoj dubini, odnosno veći iznos maksimalne deformacije pri razaranju. Manjem trenju odgovara i manja sila razvlačenja pri identičnim geometrijama delova. Koeficijent trenja je znatno viši u odnosu na obradu čistim dubokim izvlačenjem, i kreće se od 0,2 do 0,3 [3]. Na mestu ulaska novih zona lima u kontakt pri podmazivanju se stvara uljni klin, koji u zavisnosti od uslova na dodirnim površinama ostaje stabilan, ili se narušava. Količina maziva koja se zadržava na vrhu izvlakača utiče na brzinu poravnjanja neravnina u kontaktu. Viskoznost maziva pri ovakvom oblikovanju nije relativna karakteristika, s obzirom na relevantno niske vrednosti površinskih pritisaka (po Shey-u, [2] u uslovima graničnog podmazivanja važnija su adhezionalno-hemijska svojstva od reoloških karakteristika maziva).

2.2. Metode za ocenjivanje maziva

Već je napomenuto da kriterijum obradivosti pri razvlačenju – najveća dubina pri razaranju – može poslužiti i za kvantitativno ocenjivanje trenja u kontaktu, ili maziva koje se koristi. Zbog malog prečnika razvlačenja i uske zone nanošenja maziva, Erichsen-ov test, koji se inače često primjenjuje za selekciju maziva, može poslužiti isključivo kao preliminarno ispitivanje. Kako bi se eliminisao mogući uticaj stanja kontaktnih površina, preporučuje se pri određivanju dubine po Erichsen-u u cilju dobijanja karakteristika obradivosti, korišćenje folije polietilena kao maziva.

Korišćenje grafometrijskog postupka za određivanje raspodele deformacija u karakterističnim preseциma izvučenih komada omogućilo je kvalitativniji pristup u izučavanju deformisanja limova. Mernе mreže, sastavljene od elemenata različitog oblika (najčešće kružnog) omogućavaju pouzdano određivanje stepena deformacije u oblastima koje su ograničene površinom elemenata mreže. Kod razvlačenja se određuje distribucija glavne meridionalne deformacije, s obzirom na karakter deformisanja i orientaciju pravca lokalizacije i razaranja. U grafičkim prikazima, na ordinati je naneta vrednost deformacije, a na apscisi je obeležen položaj – lokacija centra mernih krugova. Pri ispitivanju se koriste polusferni izvlačaci različitih prečnika, najčešće 50 do 100 mm, sa mernom mrežom prečnika krugova 2-5 mm.

Većoj dubini razaranja odgovara i veći iznos maksimalne deformacije u kritičnoj zoni, homogenije deformisanje i veće pomeranje pukotine ka centru komada. Međutim, može se smatrati da je pogodnije poredjenje pri istim dubinama izvlačenja, s obzirom da se i u realnim uslovima izvlače delovi istog oblika. Na sl. 3 pokazani su rezultati ispitivanja jedne serije maziva za duboko izvlačenje; korišćen je polusferni izvlakač prečnika 50 mm, oznake S i P odnose se na suve kontaktne površine i korišćenje folije polietilena kao maziva.



Sl. 3. - Distribucija deformacija pri korišćenju različitih maziva

Karakteristični pokazatelji raspodele deformacija su:

- najveća ostvarena deformacija (φ_{max}),
- gradijent distribucije u kritičnoj zoni (φ_0),
- koeficijent povoljnosti distribucije (γ).

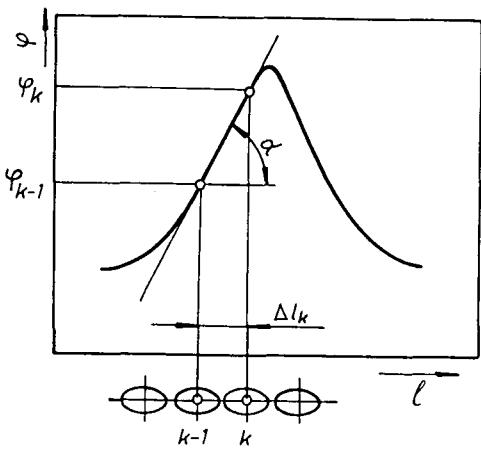
Najveća ostvarena deformacija na posredan način ukazuje

na rezervu plastičnosti i posle unošenja u dijagram granične deformabilnosti, može se odrediti tzv. stepen tehnološke sigurnosti [4]. Koeficijentima G_φ i γ mogu se kvantificirati razlike između pojedinih distribucija dobijenih pri korišćenju različitih maziva.

Gradijent deformacije, koji opisuje intenzitet približaja deformacije u kritičnoj zoni i njenoj okolini, izračunava se prema izrazu:

$$G_\varphi = \frac{\varphi_{ik} - \varphi_{ik-1}}{\Delta l_k}$$

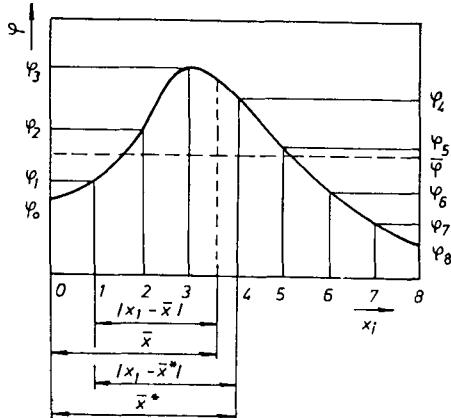
Oznake su date na sl. 4. U polju k dolazi do razaranja.



Sl. 4. - Elementi za određivanje gradijenta distribucije [5]

čunava se prema

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_{ii} |x_i - \bar{x}|}{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}^*|}$$

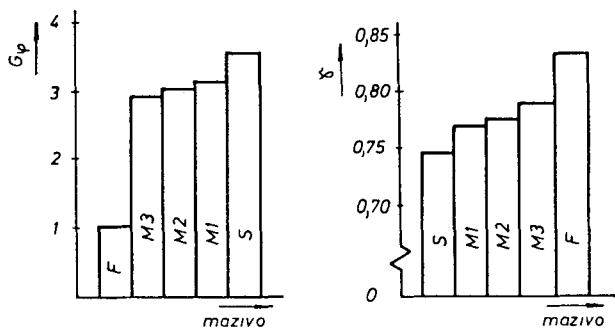


Sl. 5. - Distribucija sa elementima za određivanje koeficijenta γ [6]

Koeficijent povoljnjenosti distribucije, koji predstavlja odnos centralnih momenata prvog reda stvarnog i osrednjeg rasporeda, prema sl. 5. može imati vrednost $\gamma = 0$ - 1 i izra-

posmatranom području.

Za krive distribucija, prema sl. 3. izračunate su vrednosti opisanih pokazatelja i pokazane na sl. 6.

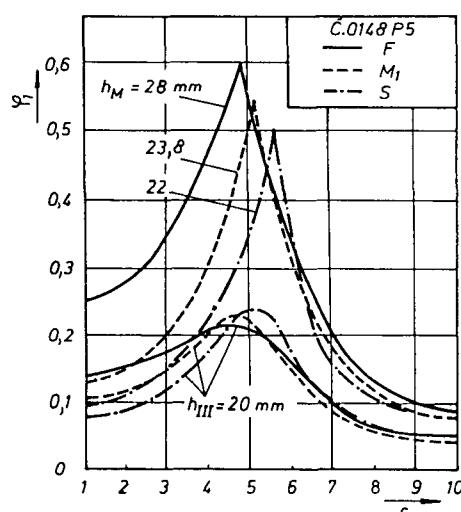


Sl. 6. - Pokazatelji kvaliteta maziva - distribucije deformacija

Premda predloženim kriterijumima mazivo sa oznakom M3 pokazalo je najbolja svojstva pri ispitivanju.

Izloženi postupci se mogu primeniti za ocenjivanje distribucije deformacija i kod delova koji se dobijaju postupcima različitim od razvlačenja, pri čemu je neophodno izvršiti određena prilagodjavanja (izbor širine merne zone, položaj apscise dijagrama i sl.).

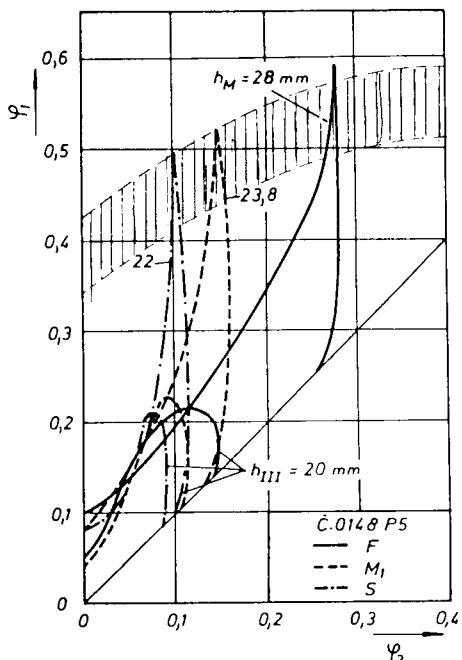
Distribucije glavne linijske deformacije za istu geometriju komada (za $h = 20$ mm) i pri dubinama razaranja, za granične slučajevne podmazivanja (suvo, polietilen, ulje za duboko izvlačenje), prikazane su na sl. 7.



Sl. 7. - Distribucije deformacija za $h=20$ mm i h_M

Izuzetnu pažnju, sa gledišta uticaja trenja i podmazivanja, zaslužuju odnosi u sistemu koji je identičan onom za dijagram granične deformabilnosti, kada su glavne ose orijentisane u pravcu glavnih linijskih deformacija, i koji omogućavaju praćenje "istorije" deformisanja kroz tzv. konstitutivne dijagrame [1]. Raširenje petlje distribucije pokazuje da ostvareni iznos deformacije φ_2 (intenzitet klizanja u tangencijalnom pravcu) bitno utiču na moguće iznose maksimalnih deformacija.

Na sl. 8. pokazani su uporedni odnosi za dve dubine izvlačenja - za istu i različitu geometriju. U stvari, ovi grafici predstavljaju kompleksnu transformaciju distribucija prikazanih na sl. 7., pri čemu se uzima u obzir i raspodela druge glavne deformacije.



Sl. 8. - Raspodeli u sistemu $\varphi_1 - \varphi_2$ za različita masiva

Strogo posmatrano glavni nedostatak prikaza distribucija samo jedne glavne deformacije, kao npr. na sl. 7., u potpunosti se može eliminisati grafičima prema sl. 8., kada se uticaj druge linjske deformacije jasno izražava širinom pete linje. Ukoliko se spoje tačke u dijag-

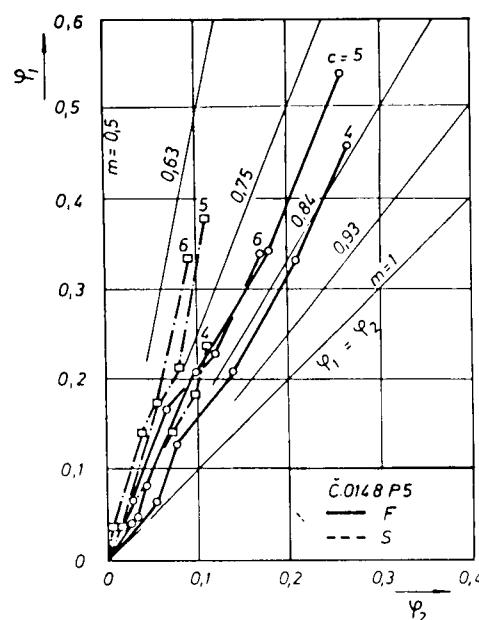
ramu raspodele na sl. 8. za ista merna polja, dobije se trajektorije deformacija, koje su veoma indikativan pokazatelj uticaja sredstva za podmazivanje (generalno-kontaktnih uslova) na "istoriju" deformisanja. Položaj trajektorije bliže pravcu $m=1$ govori o ravnomernijem deformisanju i smanjenom trenju pri obradi; koeficijent m uzima u obzir prirodu naponskog stanja i računa se na osnovu izmerenih deformacija [1].

Iznosom koeficijenta naponskog odnosa m može se kvantitativno, ali i diskretno, opisati priroda naponsko-deformacionog stanja, sl. 9. Pokazani su rezultati pri svim kontaktnim površinama (S) i korišćenju folije polietilena (F).

3. ZAKLJUČAK

Razvlačenjem se, kao specifičnim modelom deformisanja lima pri dubokom izvlačenju (pored provlačenja izmedju prostih i složenih kontaktnih površina, čistog dubokog izvlačenja i sl.) uspešno mogu ocenjivati maziva, pre svega zbog dobijanja stabilne raspodele deformacija, koja podrazumeva uključivanje zнатне količine materija-

la u deformisanje.



Sl. 9. - Trajektorije deformacija za različite kontaktne uslove

Pokazatelji preliminarnih metoda, kao što su npr. dubina po Erichsen-u, sila izvlačenja i sl., ne mogu se pouzdano koristiti kod ocenjivanja maziva. Iako su složeniji i dugotrajniji postupci koji baziraju na analizi deformacionog polja, oni u potpunosti iskazuju suštinski uticaj sredstava za podmazivanje na proces deformisanja. Predloženi pokazatelji su posebno značajni u uslovima izjednačenog kvaliteta maziva koja treba ispitivati. Podrazumeva se da na ovaj način treba ispitivati maziva za delove kod kojih prevladava naponska shema dvostranog zatezanja.

4. LITERATURA

- [1] STEFANOVIĆ M.: Prilog istraživanju uticaja kontaktnog trenja pri dubokom izvlačenju tankih limova, Dokt. disert., Maš. fakultet, Kragujevac, 1985.
- [2] J.A. SHEY, Metal Deformation Processes, Marcel Dekker Inc., New York, 1972.
- [3] B. FOOG, Modern Developments in Lubrication Theory and Practice for Deep Drawing, Sheet Met. Ind., May 1976, 294-304.
- [4] DEVEDŽIĆ, B.; STEFANOVIĆ, M.: On the Influence of the Lubrication in Sheet Metal Forming on the Variation in the "Plasticity Reserve", Int. Mach. Tool Des. and Res, Swansea, 1980, 397-403.
- [5] B. DEVEDŽIĆ, Effect of Lubrication on Sheet Metal Forming, II Int. Conf. Lubric. in Metalworking and Process, Chicago, 1979, 27-29.
- [6] B. DEVEDŽIĆ, Upotpunjavanje ocene tehnološke sigurnosti pri dubokom izvlačenju uvedanjem numeričkog pokazatela distribucije deformacija, Zbornik rada, Maš. fak., u Kragujevcu, No 2, 1981.