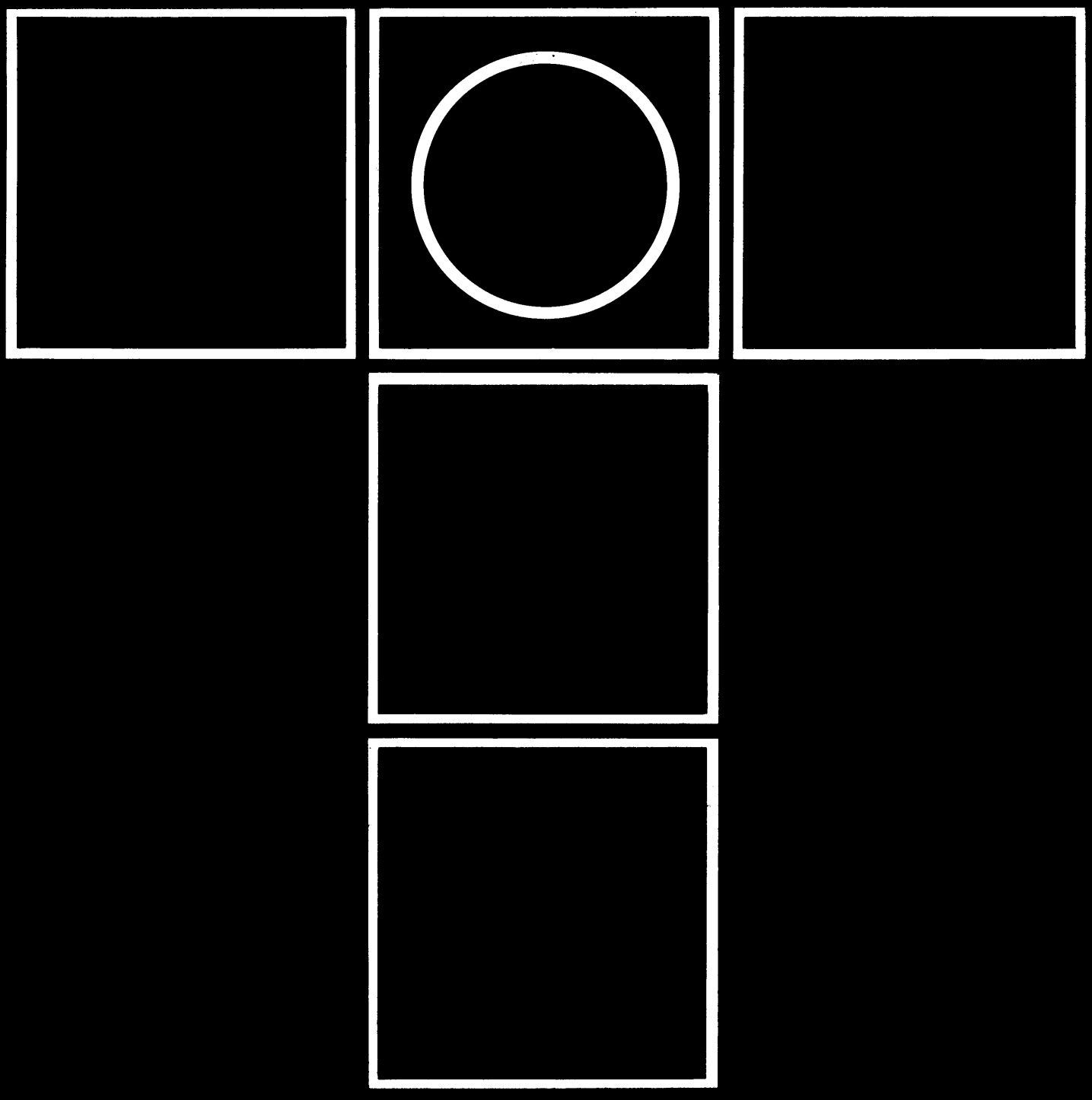
tribologija u industriji

YU ISSH 0351-1642
GODINA IV
MART 1982.

1



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

YU ISSN 0351-1642

GODINA IV
BROJ 1.
MART 1982.

tribologija u industriji

sadržaj contents содержание

UVODNIK
INTRODUCTION
ПЕРЕДОВИЦА

A RAC: Tribo-mehanički sistemi i oštećenja njihovih elemenata — Tribomechanical Systems and Damaging of Their Elements — Трибологическо-механические системы и повреждение их элементов — — 3

ISTRAŽIVANJA
RESEARCH
ИССЛЕДОВАНИЯ

H. PTER JOST, J. SCHOFIELD: Štednja energije pomoću tribologije — tehno-ekonomska studija — Energy Saving through Tribology: a Techno-Economic Study — Экономия энергии при помощи трибологии: технико-экономическая студия — — — — — — — — — — 5

N. ORLIĆ: Neophodni ugovorni uslovi i zahtevi u pogledu tehničke dokumentacije o podmazivanju pri kupovini alatnih mašina — Unavoidable Contract Conditions and Requirements Referring to Technical Lubrication Data When Buying Machine Tools — Необходимы договорные условия и требования в смысле технической документации по смазке при покупке металлообрабатывающих станков — — — — — 28

ZA NEPOSREDNU PRAKSU
FOR DIRECT PRACTICE
ДЛЯ НЕПОСРЕДСТВЕННУЮ ПРАКТИКУ — — — — — — — — — — — — — — — 31

KNJIGE I ČASOPISI
BOOKS AND JOURNALS
КНИГИ И ЖУРНАЛЫ — — — — — — — — — — — — — — — 33

NAUČNI SKUPOVI
SCIENTIFIC MEETINGS
НАУЧНЫЕ СОБРАНИЯ — — — — — — — — — — — — — — — 35

REZIMEA
ABSTRAKTS
РЕЗЮМЕ — — — — — — — — — — — — — — — 36

A. RAC

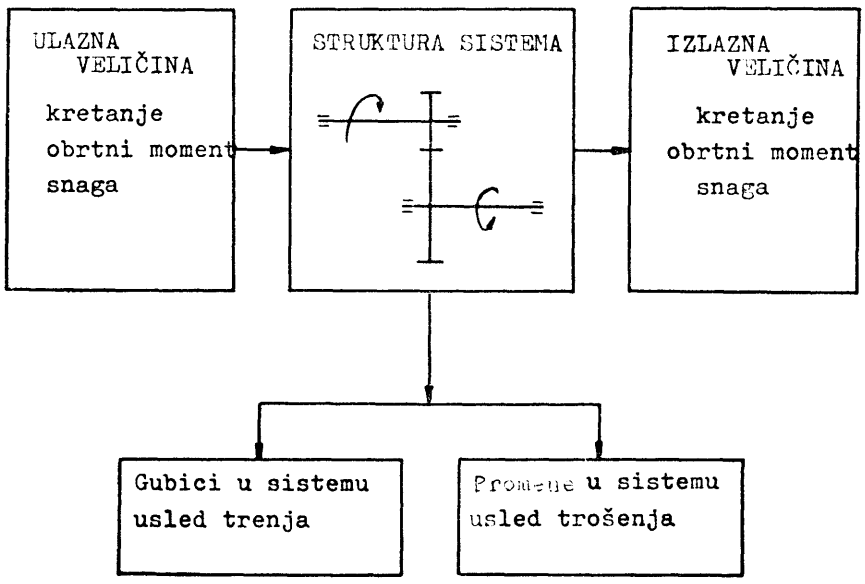
Tribo - mehanički sistemi i oštećenja njihovih elemenata

Deo mašine ili uređaja može da dostigne kraj svog korisnog veka zbog neispravnosti, zastarevanja ili izvršavanja zadataka. Presudan uticaj na vek trajanja i pouzdanost tehničkih sistema ima neispravnost. To je pojava sa kojom se susrećemo svakodnevno, a nastaje kao posledica oštećenja delova mašina i opreme tokom rada.

Zastoji i otkazi, potpuna ili delimična funkcionalna neispravnost vitalnih delova mašina bitno utiču na smanjenje efektivnosti sistema, što u uslovima visoke mehanizacije i automatizacije, kontinualne i velikoserijske proizvodnje ima izrazito nepovoljne posledice. I mada se može konstatovati da je broj neispravnosti mašina, izazvan različitim vidovima oštećenja, u opadanju sa opštim tehničkim progresom, materijalni gubici koje one izazivaju postaju sve veći i veći.

To su osnovni razlozi sve prisutnijih istraživanja problema oštećenja elemenata mašina i opreme u zadnjoj deceniji. Svakako da je poznavanje uzroka i manifestacija oštećenja prvi korak u njihovom izučavanju.

U opštem slučaju, u svakom sistemu ulaz se transformiše u izlaz preko strukture sistema, pa je neispravnost povezana ili uzrokovana značajnim promenama u njegovoj strukturi. Pri razmatranju dinamičkih mehaničkih sistema, sistema kod kojih su površine pod opterećenjem u međusobnom delovanju i relativnom kretanju, može se utvrditi da su nastale promene pod uticajem ili su izazvane, u većini slučajeva, triboloških procesima koji se javljaju unutar sistema (sl. 1) za vreme transformacije ulaza u izlaz. Iz tih razloga se danas ovi sistemi nazivaju tribo-mehanički sistemi.



Slika 1. — Promene u tribo-mehaničkom sistemu

Otuda proističe zaključak da je trošenje kao pojava najznačajniji vid oštećenja kod tribo-mehančikih sistema sa kojim se susrećemo u praksi, a koji vodi pojavi neispravnosti ili otkazu. Ostali vidovi su lom i plastična deformacija materijala.

Uzroci pojave oštećenja su mnogobrojni i uključuju mnoge aspekte konstruisanja, izbora materijala, nesavršenosti materijala, proizvodnje i procesa obrade, sklapanja, kontrole, ispitivanja, skladištenja, transporta, održavanja, nepredviđenog izlaganja preopterećenju, direktnom mehaničkom ili hemijskom oštećenju u toku rada. Veoma često više od jednog uzroka doprinose oštećenju. I pored tako velikog broja potencijalnih uzročnika moguće je izvršiti njihovu sistematizaciju, kako bi se olakšalo utvrđivanje uzroka u praksi. Osnovne grupe uzročnika su prizvodne greške, greške u eksploataciji i trošenje tokom dugotrajne upotrebe.

Učestanost pojedinih uzročnika (tab. 1)pokazuje da kod veličine osnovnih mašinskih elemenata, koji istovremeno predstavljaju i najznačajnije tribo-mehaničke sisteme, trošenje tokom dugotrajnog rada ima veoma značajno mesto. Preko 30% svih oštećenja su posledica procesa trošenja. Potrebno je pri tome naglasiti da pored trošenja izazvanog triboloških procesima i ostali uzročnici, kao što su greške u proizvodnji, održavanju i drugi, vode, najčešće, oštećenju koje se ogleda u različitim oblicima trošenja. To daje još veći značaj ovoj pojavi.

TABELA 1.

Uzrok oštećenja	Učestanost (%)		
	klizni ležaji	kotrljajni ležaji	zupčanici
Neadekvatan proračun i konstrukcija	9,1	13,8	6,9
Greške u materijalu	3,6	1,9	0,8
Nepravilnosti u proizvodnji i montaži	10,7	14,4	17,6
Neadekvatna eksploatacija, održavanje i kontrola	39,1	37,4	36,7
Trošenje tokom dugotrajnog rada	30,5	28,5	38,0
Ostalo	7,0	4,0	—

Na taj način istraživanja pojave i zakonitosti trošenja materijala, istraživanja uticajnih veličina, novih materijala otpornih na habanje sposobnih da rade u različitim sredinama, pri povišenim opterećenjima, temperaturama i brzinama, istraživanje postupaka za povećanje otpornosti na trošenje, puteva za smanjenje i kontrolu intenziteta trošenja postaje predominantan faktor u sprečavanju oštećenja.

Obzirom da se u prošlosti pri konstruisanju tribo-mehaničkih sistema proučavanje problema trenja, kao osnovnog uzročnika gubitka energije i trošenja kao izazivača gubitka materijala širilo samo do određenih granica i da su pomenute pojave razmatrane periferno u okviru pojedinih postojećih disciplina, sadašnjost je ozbiljno zabrinuta za konzervaciju energije i materijala u inženjerskoj praksi. Uočimo i to da se savremena tehnologija razvila do nivoa gde problemi površina u kretanju zahtevaju pažljivo razmatranje i integraciju svih znanja relevantnih dinamici višekomponentnih sistema. I dok je ovo trenutak analize svih uticajnih parametara, budućnost će nositi breme ozbiljnih i sveobuhvatnijih istraživanja u cilju ostvarenja veće isgurnosti i pouzdanosti. To će biti imperativ savremene industrije i istovremeno izazov za buduće inženjere.

Zbog toga triboloska istraživanja i primena znanja tribologije kako u procesu konstruisanja tako i u proizvodnji i eksploataciji mašina predstavlja neophodnost savremene industrije kada se posmatraju njeni današnji zahtevi:

- ekonomično korišćenje materijala,
- racionalno trošenje energije,
- smanjenje troškova održavanja i
- povećanje pouzdanosti mehaničkih sistema.

Drugim rečima, napredak u fundamentalnim znanjima o trenju i trošenju ostvaren u zadnjih dvadeset godina, aplikacija tih znanja kako kod novih konstrukcija tako i u oblasti održavanja mašina ukazuju na bitnu ulogu tribologije kao naučno-stručne discipline u rešavanju problema oštećenja elemenata mehaničkih sistema, a time i na mogućnosti konzervacije energije i materijala koji postaju sve skuplji i skuplji.

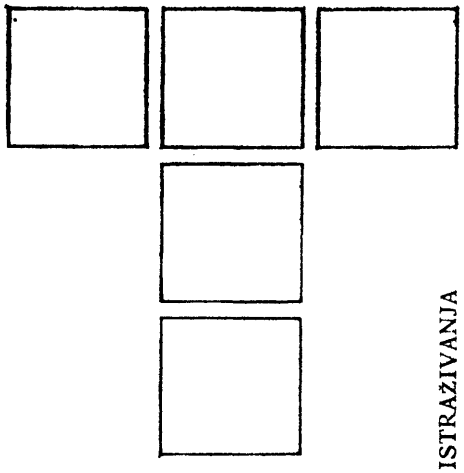
Nažalost u našoj su zemlji istraživanja oštećenja i neispravnosti mašina i njenih delova nepotpuna i sporadična. U praksi kod nas postoji veoma konfuzna slika. Često se mešaju pojave, uzroci i posledice. Nadalje, najčešće se samo knjigovodstveno analiziraju i evidentiraju troškovi neispravnosti a ne i tehnički.

Izneta zapažanja ukazuju na potrebu da se problemima oštećenja mora posvetiti značajno veća pažnja nego što je to bilo u prošlosti. Materijalna ulaganja u ovakva istraživanja su nesrazmerno mala u odnosu na uštede koje se mogu postići. Pri tome se mogu uočiti dva osnovna pravca naučnog i stručnog rada. Prvi je svakako analiza i klasifikacija pojedinih mogućih vidova oštećenja najznačajnijih delova mašina — kliznih ležaja, kotrljajnih ležajeva, zupčanika, bregastih mehanizama, kočnica i drugih — katalogizacija pojmova i pojava oštećenja sa definisanjem mogućih uzročnika. Ovakva regulativa pruža mogućnost da se u oblasti održavanja a povratno i u oblasti konstruisanja, jasno utvrde uzroci neispravnosti i preduzmu odgovarajuće mere obezbeđujući bolje konstruktivno rešenje, ostvarujući pravilniji izbor materijala i adekvatne sisteme sigurnosti, odnosno kontrole rada. Obzirom da su triboloski procesi osnovni izazivači oštećenja i neispravnosti, sistematsko proučavanje procesa trošenja, standardizacija tribometrijskih metoda i razvoj realnih podataka o triboloskim karakteristikama najvažnijih vrsta materijala koji se danas koriste predstavlja drugo veliko i značajno polje istraživanja u domenu oštećenja elemenata tribo-mehaničkih sistema.

UDK 620.93.003.1:621.891

Dr H. PETER DŽOST
Dr Dž. SKOFILD

Štednja energije pomoću tribologije — tehnoekonomska studija



Studija ušteda energije pomoću tribologije, sa potencijalom od 700 miliona funti u V. Britaniji i mogućnosti proizvodnje automobila sa potrošnjom od 2,7 l/100 km

Sa engleskog preveo: **Dobrivoje Ninković**

(Predavanje održano na sastanku Institucije mašinskih inženjera u Londonu 4. februara 1981. u povodu 25. godišnjice formiranja tribološke grupe)

1. UVOD: STUDIJA

1.1. Uvodne napomene

Iako ne postoji mogućnost da čovečanstvo ostane u bliskoj budućnosti bez energije, neposredna opasnost, koja zahteva akciju, sastoji se od nedostatka energije u obliku u kome smo tradicionalno navikli da je koristimo. Da bi se suprotstavile ovoj opasnosti, vlade najvećeg broja industrijski razvijenih zemalja odlučile su se da primene niz strategija. Glavni cilj većine tih strategija je štednja izgubljene (otpadne)* energije, kao na primer toplote, izgubljene u sistemima za grejanje zbog nedovoljne izolacije, ili u toplotnim ciklusima radnih mašina.

Ovakva pažnja nije bila poklonjena direktnim i indirektnim gubicima energije prouzrokovanim habanjem i trenjem, kao ni štednji materijala sve do 1977. godine, kada je jedan američki izveštaj, koji je finansirala vlada, ukazao da se može uštedeti 16,25 milijardi dolara (po cenama iz 1976.) pomoću *»Strategije za konzervaciju energije pomoću tribologije« (1).* Izraženo u britanskim jedinicama to ukazuje na ekvivalentnu uštedu energije pomoću tribologije od preko 1,5 milijardi funti godišnje, svedeno na 1980. godinu.

1.2. Cilj studije

Cilj ove studije je da odredi da li tribologija može da odigra značajnu ulogu u štednji energije u V. Britaniji i da utvrdi do koje mere nalazi i zaključci američkog i drugih izveštaja mogu da se primene u V. Britaniji.

1.3. Metod

Metod koji je usvojen da bi se postigao napred navedeni cilj sastoji se prvo u identifikovanju delova tribologije koji su od značaja za štednju energije i u utvrđivanju glavnih oblasti u kojima se energija gubi zbog triboloških uzroka. Zatim, uz pomoć stručnjaka iz industrije, sa univerziteta i iz drugih krugova iz zemlje i inostranstva, kao i na bazi objavljenih informacija, želimo da odredimo red veličine ušteda energije do kojih principi i primena tribologije mogu da dovedu u oblastima gubitaka, i konačno da damo odgovarajuće preporuke da bi se te uštede postigle.

1.4. Filozofija

Filozofija studije sastoji se u kombinovanju činjeničnog tehničkog znanja i statističkih informacija sa ocenama i stručnim mišljenjima specijalista ne samo iz V. Britanije, da bi se bacilo više svetla na do sada neistraženu oblast mikro-ekonomije, u čvrstoj veri da će to dovesti do aktivnosti od koristi za industriju i naciju.

2. TRIBOLOŠKI ASPEKTI ŠTEDNJE ENERGIJE

2.1. Razvoj tribologije u oblastima štednje energije i materijala

2.1.1. Rađanje tribologije

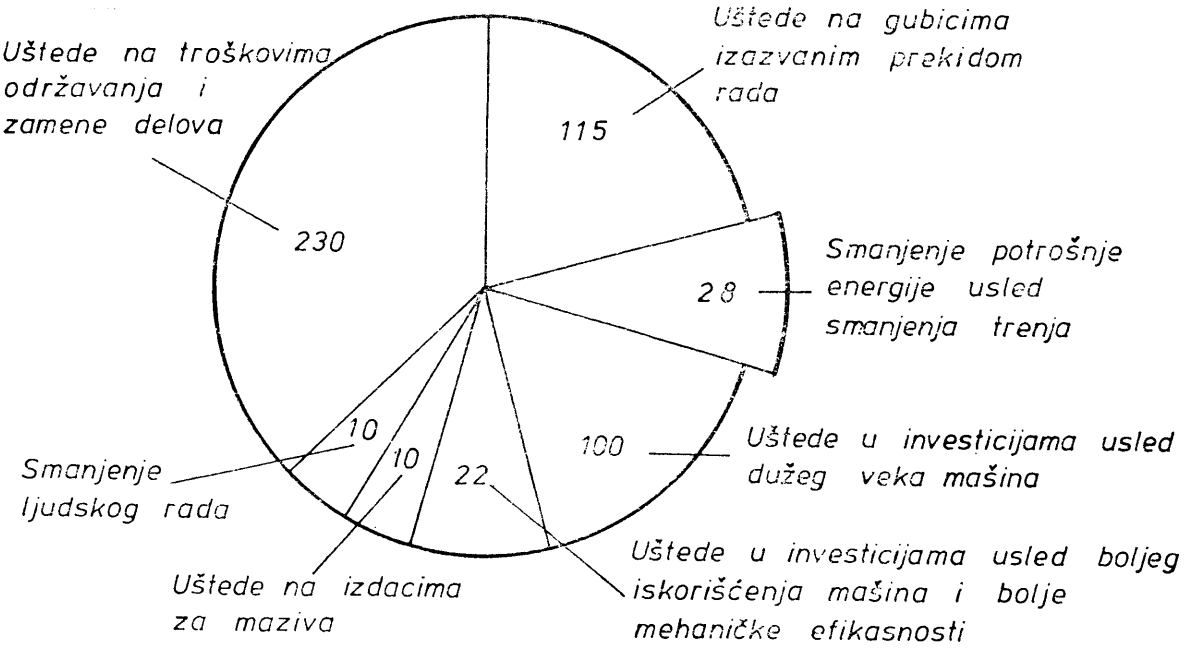
Koncept tribologije ustanovljen je 1966. godine. On je bio prvo pomenut u Izveštaju Ministarstva obrazovanja i nauke, koji je od tada opšte poznat kao *Džostov izveštaj (2).*

Glavni nalaz Izveštaja bio je da problem interakcije na površinama pri relativnom kretanju, tj. uglavnom habanje i trenje, kao multi-disciplinarni problem koji obuhvata mašinstvo, fiziku, hemiju, metalurgiju, itd. nije ranije bio uočen kao takav i da su zbog toga pretrpljene velike ekonomske štete. Utvrđeno je takođe da je najveći deo tih šteta bilo moguće izbeći. U Izveštaju je procenjeno da se primenom uglavnom poznatih principa nauke i tehnologije tribologije moglo u V. Britaniji uštedeti 515 miliona funti godišnje (po cenama iz 1965.), kako sledi:

	mil. funti
(a) Smanjenje utroška energije zbog manjeg trenja	28
(b) Smanjenje radne snage zbog boljeg podmazivanja	10
c) Uštede na ceni maziva	10
(d) Uštede u troškovima održavanja i zamene delova	230
(e) Uštede na troškovima prouzrokovanim kvarovima	115

---

* U članku se primenjuje američka interpretacija pojma »otpadna« odn. »izgubljena« energija, tj. to je »onaj deo uložene energije koji se ne pojavljuje kao korisna energija u obliku rada, elektriciteta, hemijskog dejstva i sl«. Ovi gubici energije nastaju kako zbog ograničenog stepena korisnosti Karnoovog ciklusa, tako i zbog gubitaka kao što su prenos toplote, trenje, habanje i slabo zaptivanje.



Slika 1. — Brojevi na slici predstavljaju (u milionima funti) raspodelu ukupne uštede od 515 miliona funti (cene iz 1965.) (2)

(f) Uštede investicionih sredstava zbog boljeg korišćenja mašina i većeg stepena korisnosti 22
(g) Uštede investicionih sredstava zbog dužeg veka mašina 100

Rezultat Džostovog izveštaja bio je da je tribologija bila uočena kao izvor velikih potencijalnih ekonomskih ušteda, pa je došlo do razvoja stručnih i drugih aktivnosti u oblasti tribologije u celom svetu.

Zaista, bilo je rečeno da se tribologija može smatrati jednom od najbrže rastućih primenjenih nauka, o čemu svedoči porast broja katedara i društava za tribologiju u međunarodnim razmerama. Razvoj tribologije u V. Britaniji između 1966. i 1972. godine, koji se smatra jednom od uspešnih aktivnosti Ministarstva za tehnologiju, opisan je do detalja u publikaciji Ministarstva industrije »Osnivanje nove tehnologije« (3), i o tome u ovom radu neće više biti reči.

2.1.2. Faktor energije

U slučaju smanjenja utroška energije zbog manjeg trenja, Džostov izveštaj je pokazao da se u V. Britaniji godišnje troši oko 40.000 miliona kWh za pogon raznih mašina. Eksperti su dokazali da se oko jedne trećine te energije troši zbog neopravdanog trenja. Pod pretpostavkom da je cena električne energije za industriju 0,417 penija za kWh, ovaj gubitak iznosi 56 miliona funti godišnje.

Bilo je procenjeno da je tribologija u stanju da uštedi 14 miliona funti od gornje sume. Pored toga, bilo je procenjeno da se smanjenjem trenja u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem i uređajima koje oni pogone može uštedeti daljih 14 miliona funti, tako da se samo u dva napred pomenuta slučaja moglo uštedeti 28 miliona funti godišnje (po cenama iz 1965).

U to vreme cena industrijskog uglja bila je 5,9 funti za tonu, mazuta 7.4 funti za tonu, a električne energije 0,616 penija za kWh. Danas (1980) ove cene iznose 37 funti za tonu uglja, 76,1 funti za tonu mazuta i 2,28 penija za kWh električne energije. Prema tome, procenjena ušteda pomoću tribologije po cenama iz 1980. godine iznosila bi oko 175 miliona funti/god. U proteklim godinama je dokazano da je ovakve uštede bilo moguće ostvariti bez velikih ulaganja u investicije ili naučno-istraživački rad.

Najviše zbog niskih cena goriva u to vreme, istraživanja koja su prethodila objavljivanju Džostovog izveštaja 1966. godine nisu uzela u obzir energiju utrošenu u proizvodnji rezervnih delova i materijala za te delove.

Zato se učinilo opravdanim da se ponovo analiziraju uštede energije koje se mogu ostvariti pomoću tribologije, naročito one koje su u izveštaju iz 1966. godine bile pod drugim naslovima.

2.1.3. Pomeranje naglaska 1966—1977.

Pomeranje naglaska u tribologiji sa smanjenja troškova i poboljašnja kvaliteta pomoću tribologije, na uštede materijala i energije bilo je ponajviše izazvano spoljašnjim događajima.

Nalazi Džostovog izveštaja, zajedno sa rezultatima dobijenim u akcijama Komiteta za tribologiju britanske vlade, doveli su do toga da se ovoj temi posveti pažnja od strane vladinih i stručnih tela jednog broja industrijski razvijenih zemalja, posebno Zapadne Nemačke i SAD. U jednom nemačkom izveštaju iz 1974. godine (4), posvećenom ekonomskim aspektima ove teme došlo se do zaključka da se posvećivanjem pažnje tribologiji u Zapadnoj Nemačkoj moglo uštedeti 6,25 milijardi maraka godišnje, što je u to vreme iznosilo oko 1,5 milijardi funti.

Do 1974. godine pomeraj naglaska je već bio dobio zamah. Tribologija je — kao i sada — smatrana sredstvom za smanjenje velikih pogonskih troškova. Međutim, shvatanje do koga je došlo u ranim sedamdesetim godinama, da postoje konačne rezerve izvesnih materijala koji se koriste u industriji — naročito nafte posle Oktobarskog rata 1973. godine — kao i da tribologija može značajno da pomogne u uštedi takvih materijala napredovalo je ubrzanim koracima.

U izveštaju Nacionalne komisije za politiku sirovina Kongresu SAD (5) tvrdi se da u oblasti tribologije (trenja i habanja) postoji mogućnost za smanjivanje gubitaka koji američku ekonomiju koštaju 100 milijardi dolara (1974), pri čemu sirovine učestvuju u toj sumi sa oko 20 milijardi dolara godišnje.

Zapadnonemačka i američka vlada su zato odlučile da finansiraju detaljna istraživanja potencijalnih ušteda pomoću tribologije i ulaganja potrebnih za ostvarenje tih ušteda.

Federalno ministarstvo istraživanja i tehnologije Zapadne Nemačke (BMFT) objavilo je jula 1976. izveštaj obima 280 stranica (6). Ukupne uštede ostvarljive pomoću tribologije bile su procenjene na oko 5 milijardi maraka godišnje. Ova suma je nešto manja od ranije pomenutih 6,25 milijardi i sume sličnog reda veličine koju sadrži izveštaj Nemačkog udruženja naftne nauke i hemije uglja objavljen 1977. godine (7).

Međutim, BMFT zaključuje da je, bez obzira na tačan iznos gubitaka, red veličina dovoljno alarmirajući i zahteva sve napore da se smanje nepotrebni gubici usmeravanjem akcije na sledeće oblasti: motivaciju, obuku, dalje obrazovanje, obaveštavanje i inovaciju.

Pošto su uštede u materijalu predstavljale značajan deo ušteda koje omogućava tribologija, BMFT je odlučilo da prioritetno finansira »program istraživanja sirovina«, koji bi u prvoj fazi trajao 6 godina, sa ukupno 37 miliona maraka (približno 7 miliona funti po odnosima iz 1975) (8, 9). (Videti dodatak 3).

Razlozi zbog kojih je tribologija smatrana značajnom za nemačku nacionalnu ekonomiju bili su nabrojani u ovom redosledu: gubici energije, uštede koje se mogu ostvariti, raspoloživost sirovina. Uštede sirovina i energije činile su dakle ključne tačke nemačkog programa.

2.1.4. Strategija za uštedu energije pomoću tribologije

Tek 1976. godine finansirano je prvo sveobuhvatno nacionalno istraživanje sa ciljem da se kvantificiraju potencijalne uštede pomoću tribologije, kao i troškovi naučno-istraživačkog rada da bi se do tih ušteda došlo.

Služba za pomorska istraživanja SAD (ONR), finansirana od strane Odeljenja za konzervaciju, istraživanje i tehnologiju Administracije za istraživanja energije i razvoj (ERDA), sada Ministarstvo za energiju SAD, sklopila je ugovor sa Američkim udruženjem mašinskih inženjera (ASME) da pripremi plan za »konzervaciju energije pomoću tribologije«. Njegova tri formalna cilja bila su:

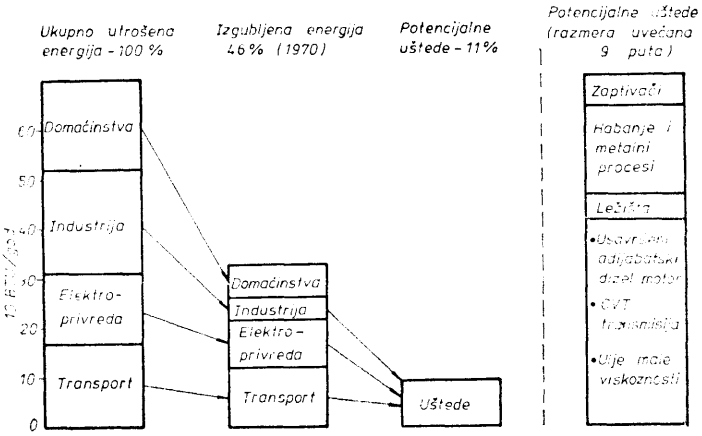
1. Da utvrdi mogući uticaj tribologije na konzervaciju energije i na uvođenje usavršenih energetskih tehnologija.
2. Da identifikuje oblasti u kojima bi primena postojećih ili novih triboloških znanja dovela do značajnih koristi, kako direktnih, tako i indirektnih.
3. Da predloži plan istraživanja u triboloških naukama koji bi primenjivale vladine agencije i industrija.

Bilo je predviđeno da istraživački plan pruži takav okvir koji bi se mogao dograđivati i modifikovati.

2.1.5. Rezultati

Američka istraživanja pokazala su da tri glavna sektora (transport, proizvodnja električne energije i industrija) učestvuju sa oko 80 odsto u ukupnoj potrošnji energije. Polovina ove energije predstavlja otpadnu energiju u procesu korišćenja, i to 75 odsto u trasnportu i 65 odsto u proizvodnji el. energije, pri čemu do gubitaka dolazi prvenstveno zbog termodinamičkih ograničenja, ali i zbog trenja i lošeg zaptivanja. U industrijskom sektoru javlja se gubitak od oko 25 odsto, koji je uglavnom prouzrokovan mehaničkim gubicima kao što su trenje, habanje, slabo zaptivanje itd. Na slici 2 prikazana je ukupno utrošena energija, izgubljena energija, potencijalne uštede pomoću tribologije i — u povećanoj razmeri — oblasti u kojima bi se takve uštede mogle ostvariti.

Studije su pokazale da su glavni potrošači energije motorna vozila, termoelektrane i metalna industrija. Zajedno, oni učestvuju sa 48 procenata u ukupnoj američkoj potrošnji energije, od čega se 29,5 procenata gubi. Zbog termodinamičkih ograničenja, najveći deo otpadne energije nije moguće iskoristiti ili transformisati u koristan oblik. Međutim, posle dugog i detaljnog rada, studija je zaključila da su u SAD moguće uštede energije pomoću tribologije u iznosu od 16,25 milijardi dolara godišnje (videti dodatak 1), delimično korišćenjem postojećih znanja, potpomognutih petogodišnjim istraživačkim projektom (videti dodatak 2) koji bi koštao 23,5 miliona dolara. Procenjene uštede bile su bazirane na potrošnji energije u SAD u 1976. godini i na ceni nafte od 12 dolara po barelu. Sa cenom od 36 dolara po barelu, ušteda se penje na 48 milijardi dolara godišnje.



Slika 2. — Blok dijagram gubitaka i potencijalnih ušteda (1)

2.1.6. Akcije koje su usledile iz izveštaja

Izveštaj »Strategija za uštedu energije pomoću tribologije« (1) predat je agenciji ERDA i objavljen u novembru 1977. Rezultat je bio imenovanje Savetodavnog odbora američke vlade koji bi pomagao agenciji u primeni preporuka i triboloških istraživnja i razvoja uopšte. Na osnovu rada ovoga odbora predsednik Karter je u oktobru 1979. proglasio tribologiju za jednu od »generičkih tehnologija«, tj. tehnologija koje obuhvataju mnoge industrijske sektore (10). Pošto dobitak ostvaren napretkom u nekoj genetičkoj tehnologiji može da bude mali u jednoj firmi ili čak u jednoj industrijskoj grani, ali ukupna nacionalna korist može da bude veoma velika, u njihovom razvoju predviđeno je učešće federalne vlade. Predsednik Karter je zato odlučio da osnuje besprofitne centre za generičke tehnologije, i septembra 1980. Ministarstvo trgovine najavilo je osnivanje u 1981. fiksalnoj godini tzv. kooperativnih centara genetičkih tehnologija za tribologiju i još dve genetičke tehnologije (COGENT), (11) sa ciljem:

> »da razvijaju specifične tehnologije koje imaju korisne efekte za produktivnost i konkurentnost niza industrijskih grana, a u slučajevima kada je za privatni sektor neodgovarajuće da to učini sam«.
>
> »Aktivnosti centara moraju da uključe analizu problema, otkrivanje novih znanja i obezbeđivanje institucionalnih mehanizama koji će pospešiti razvoj, poboljšanje i transfer generičkih tehnologija u privatni sektor«.

Pošto je cilj COGENT-a kao besprofitnih organizacija da se suoče sa izazovima osamdesetih godina, oni moraju da budu organizovani tako da pomognu industriji da iskoristi prilike za inovacije i da deluju kao katalizator:

> »da pomognu industriji da rasporedi svoje sopstvene talente i resurse u kooperativnom razvoju i uvođenju novih generičkih tehnologija«.

U objašnjenjima koja prate dokument Ministarstva trgovine (11) istaknuto mesto imaju uloga tribologije u konzervaciji energije i velike uštede koje je ona u stanju da ostvari.

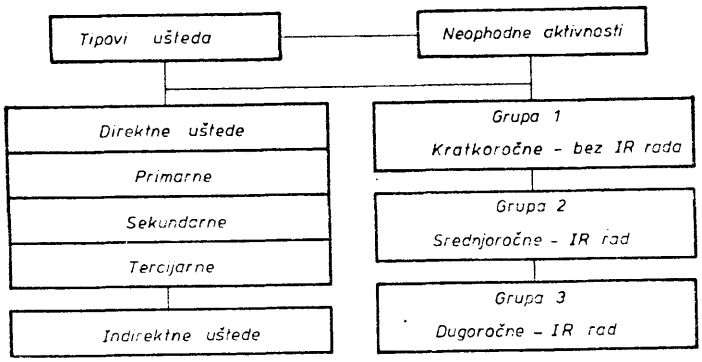
2.1.7. Značaj za Veliku Britaniju

Kada su procenjene uštede energije iz američkog izveštaja svedene na nivo cena iz 1976. godine, ekstrapolirane i prevedene u britanske jedinice, dobijena je procena od preko 1,5 milijardi funti uštede pomoću tribologije u V. Britaniji. Ovaj iznos se znatno razlikuje od 175 miliona funti koliko se dobija svođenjem procenjenih ušteda energije originalnog *Džostovog izveštaja* na nivo cena iz 1976. godine. Napominjemo da indirektne uštede energije nisu bile prikazane u odvojenim monetarnim jedinicama u tom izveštaju. Sa druge strane, između 1965. i 1976. (godine britanskog i američkog izveštaja) pomoću tribologije su u Velikoj Britaniji već bile ostvarene značajne uštede.

Postojao je takođe i izvestan stepen skepticizma, ne toliko u vezi američkog izveštaja, već u vezi sa izvesnim procenama ušteda, koje neki britanski stručnjaci nisu smatrali potpuno realističnim. Zato je u toku rada na našoj nezavisnoj studiji bilo rešeno da se ispita red veličine ušteda za koje se tvrdilo da su ostvarljive relativno malim ulaganjima u naučno-istraživački rad, kao i da se ustanovi da li su primenljive u V. Britaniji i, ako jesu, kako.

2.2. Komponente uštede energije pomoću tribologije

Pre nego što budemo u stanju da ustanovimo gde i kako se energija može uštedeti pomoću tribologije, mora se ustanoviti struktura istražvanja. Komponente te strukture su identifikovane kao (i) direktne i indirektne uštede, (ii) grupe povezane sa istraživačko-razvojnim (IR) radom, i (iii) sektori primene (vidi sliku 3).



Slika 3. — Struktura istraživanja ušteda energije pomoću tribologije

2.2.1. Direktne uštede

Razlikuju se tri tipa direktnih ušteda:

Tip 1: Primarne uštede pomoću tribologije su one koje se prvenstveno ostvaruju kao rezultat smanjenog trenja bilo koje vrste, na primer tečnog, polusuvog, suvog itd. Dobra ilustracija ovoga je jedna situacija na koju se naišlo tokom istraživanja koja su dovela do *Džostovog izveštaja*. U to vreme CEGB (Elektroprivreda V. Britanije) poručila je 40 turbo-alternatora snage 500 do 650 MW. Proračunato je da će ukupni gubici energije na svakom od njih iznositi 4 do 5 MW. Jednostavnim poboljšanjem konstrukcije ležišta, ovaj gubitak zbog trenja mogao se smanjiti za 0,5 do 1 MW po mašini, što je ekvivalentno sa 10.000 funti godišnje uštede na uglju (oko 50.000 po cenama iz 1980.) godišnje, odn. 400.000 funti godišnje za celu porudžbinu (oko 2 miliona funti po cenama iz 1980.), koji bi se inače utrošio za proizvodnju pare za savlađivanje trenja koje se može izbeći (12).

Tip 2: Sekundarne uštede pomoću tribologije su uglavnom one koje eliminišu potrebu da se zamenjuju, tj. proizvode, pohabani delovi. Ova grupa ušteda je posebnog značaja jer u mnogim slučajevima površine u kontaktu i relativnom kretanju imaju namenu da maksimiziraju trenje, kao na primer kod železničkih i automobilskih točkova, kočnica, spojki, kajiševa prenosnika, đonova cipela, itd. Problem minimiziranja habanja kada se istovremeno zahteva jako trenje je često kompleksniji i teži nego kada je triboloski cilj minimizacija trenja, kao u slučaju ležišta. Energija potrebna za proizvodnju delova za zamenu pohabanih, i koja se može uštedeti ako se izbegne habanje, može da bude značajna (13), na primer:

(a) *Valjanje*

Meki čelik	približno	1750 MJ/t
Aluminijum	približno	1250 MJ/t
Bakar	približno	1450 MJ/t

(b) *Bušenje* (brzina uklanjanja metala 0,33 cm^3/s)

Meki čelik	900 MJ/t uklonjenog materijala
Aluminijum	220 MJ/t uklonjenog materijala
Liveno gvožđe	190 MJ/t uklonjenog materijala

(c) *Glodanje* (brzina uklanjanja metala 1,6 cm^3/s)

Meki čelik	800 MJ/t uklonjenog materijala
Aluminijum	600 MJ/t uklonjenog materijala
Liveno gvožđe	200 MJ/t uklonjenog materijala

Tip 3: Tercijarne uštede pomoću tribologije su uglavnom uštede ostvarene na račun materijala od kojih bi morali da se naprave rezervni delovi za zamenu pohabanih. Nivo tih ušteda najviše zavisi od sadržaja energije u materijalima koji su u pitanju. Neki tipični primeri prikazani su u tabeli 1 (14):

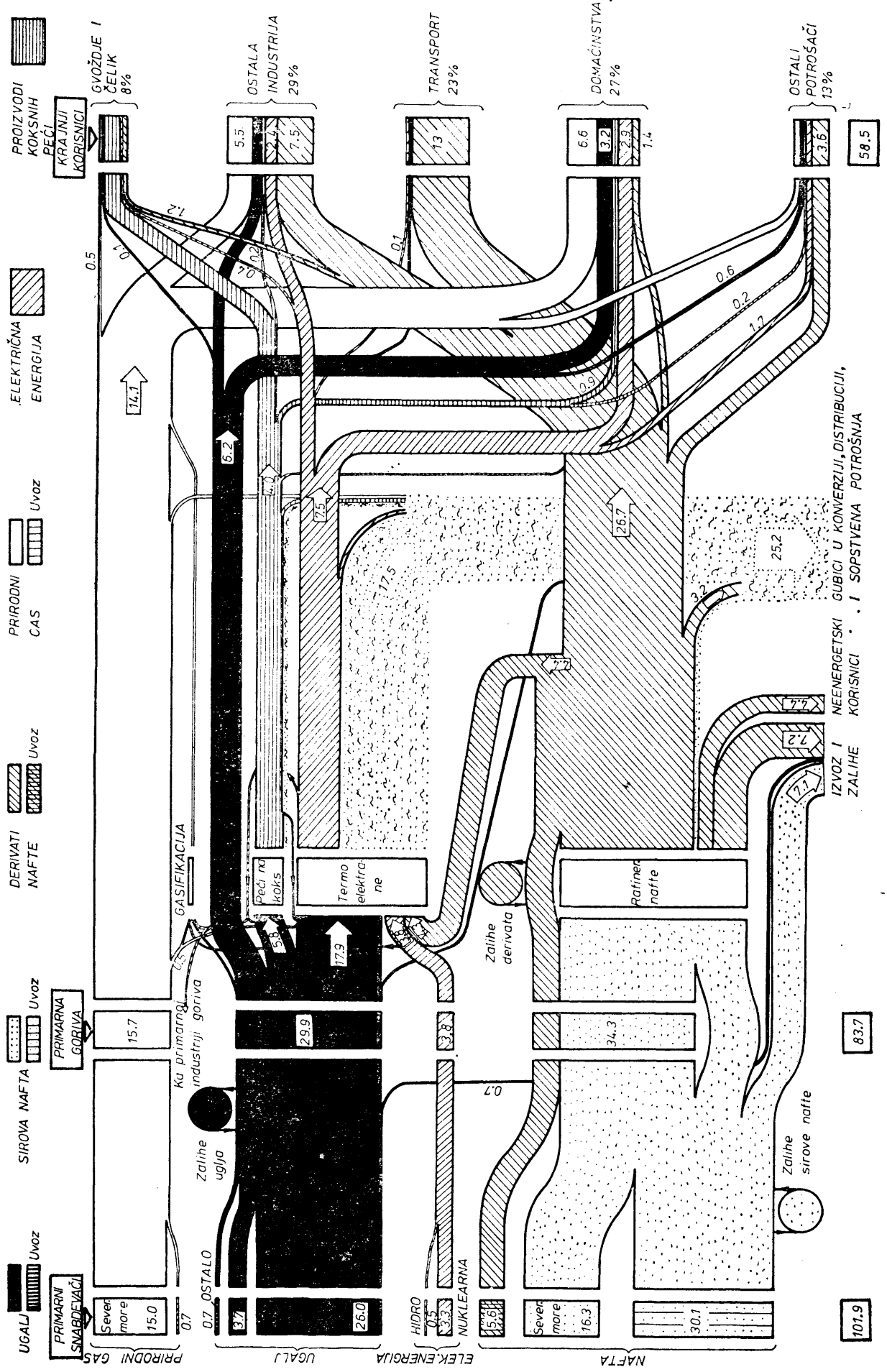
Na nacionalnom nivou red veličina je značajan. Na primer, četvrt miliona vozila koja se uklone sa britanskih puteva sadrže oko 250.000 tona otpadnog metalnog i nemetalnog materijala sa oko 100 GJ energije po toni, što čini 25 miliona GJ izgubljene energije. Sa konverzionim faktorom

TABELA 1.

PRIBLIŽAN SADRŽAJ ENERGIJE I CENA NEKIH MAŠINSKIH MATERIJALA (14)

(CENA ENERGIJE 2 FUNTE U V. BRITANIJI, 4,4 DOLARA U SAD ZA 1 GJ U 1980. GODINI)

	Približan sadržaj energije u materijalu, GJ/tona	*Približna cena mašinskih materijala u V. Britaniji iz januara 1980. (funta/tona)*
Aluminijum	300	910 raste na 1110
Plastika	100	400 — 4600
Bakar	100 raste na 500	1024 raste na 1360
Cink	70	470 — 791
Meki čelik	50	200 raste na 220
Staklo	20	680
Cement	8	24
Cigla	4	—
Drvena građa	2	196 — 340
Šljunak	0,1	(oktobar 1980.)
Nafta	44	100 — 115
Ugalj	29	37



Slika 4. — Protok energije u Velikoj Britaniji u 1977. godini (termx 10⁹) (15) i krajnji korisnici u 1980. (u procentima) (16)

od oko 2 funte po GJ energije (1980.), gubitak iznosi 50 miliona funti. Pošto pre obrade deformacijom ili rezanjem moramo imati više materijala nego što sadrži gotov, tj. kasnije odbačeni proizvod, sadržaj energije u ovim materijalima leži verovatno između 37,5 i 50 GJ, odnosno 75 i 100 miliona funti.

Drugim rečima, primarni, pa čak i sekundarni gubici usled triboloških uzroka čine samo deo, i to ne uvek glavni deo gubitaka energije. Zato svaka ušteda na primarnim gubicima, npr. smanjenjem trenja metala po metalu, može često da dovede do većih ušteda energije sekundarnog tipa, ili još većih ušteda tercijarnog tipa.

Jasni identiteti tri tipa direktnih, kao i indirektnih, ušteda smatraju se značajnim za realistično određivanje mogućih ušteda. Na žalost, skoro potpuno nepostojanje statistika u V. Britaniji (za razliku od američkog (1) i zapadnonemačkog izveštaja (6)), kao i ograničeno vreme i ostali resursi ove studije nisu omogućili ni odvojeno određivanje sekundarnih i tercijarnih ušteda u najvećem broju slu-

Poziv na saradnju

Redakcija časopisa »Tribologija u industriji« poziva na saradnju sve naučne radnike koji se bave problematikom triboloških istraživanja i optimizacijom proizvodnje, kao i inženjere i tehničire iz neposredne proizvodnje, zainteresovane da svoja saznanja i iskustva saopšte široj javnosti. Imajući u vidu da se problematika dohotka, odnosno njegovog uvećanja u svim organizacijama udruženog rada neposredne proizvodnje, postavlja sve oštrije i da se sve češće i upornije priziva u pomoć nauka, koja mora da bude u neposrednoj funkciji proizvodnje, to je redakcija časopisa »Tribologija u industriji« ubeđena da je nužna što tešnja veza između naučnih institucija i instituta, gde se obavljaju potrebna istraživanja, i industrije, gde se određena naučna saznanja najneposrednije primenjuju. Redakcija će biti zahvalna radnim organizacijama i pojedincima ukoliko izraze želju da se u časopisu obradi tema za koju su posebno zainteresovani.

Redakcija

Viši kvalitet obrađenih površina obezbediće duži vek trajanja elemenata u kontaktu

L O M T

Laboratorija za obradu metala i tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu

34 000 KRAGUJEVAC, Ul. Sestre Janjić br. 6
Tel.: 034/67-500

jeva, a ni indirektnih ušteda koje bi se mogle ostvariti pomoću tribologije. Njihovo jasno postojanje, međutim, nije zanemareno u ovoj studiji, a ne bi trebalo ni u budućim studijama koje će se baviti energijom. Međutim, kada se istražuju druge uštede pomoću tribologije, često može biti praktično i korisno kombinovati sekundarne i tercijarne uštede.

2.2.2. Indirektne uštede

Indirektne uštede pomoću tribologije su one koje proizilaze iz direktnih ušteda bilo koje vrste. One uključuju uštede u investicionim ulaganjima, ali takođe i u energetskim jedinicama. Na primer, ako bi se boljom tribološkom konstrukcijom ležajeva energija izgubljena trenjem u turbo-alternatorima od 500 do 650 MW mogla smanjiti za po 2 MW po mašini, to bi reuzltiralo indirektnim investicionim uštedama od 1 milion funti po MW i po mašini u slučaju elektrana na fosilno gorivo, ili 1,5 miliona funti po MW u slučaju nuklearnih elektrana. Pošto izgradnja opreme za elektrane zahteva značajne količine energije, takve indirektne uštede u monetarnim jedinicama su neizbežno praćene značajnim uštedama energije.

2.2.3. Izražavanje procenjenih gubitaka i ušteda

Pošto direktne, sekundarne i tercijarne uštede, kao i indirektne uštede mogu da se izraze ili u energetskim ili u novčanim jedinicama, zbog jasnoće i jednostavnosti svi gubici i uštede biće izraženi u novčanim jedinicama, bilo same za sebe ili u kombinaciji sa drugim jedinicama. Iskorišćen je konverzioni faktor od 2 funte po GJ, koji je baziran na vrednostma koje važe za proizvodnju materijala, mada u nekim drugim oblastima mogu da važe veće vrednosti (na primer, u proizvodnji električne energije).

2.2.4. Grupisanje ušteda energije pomoću tribologije

U strukturi istraživanja zatim su razmatrane potencijalne uštede u tri grupe povezane sa istražvačko-razvojnim radom.

Grupa 1. Uštede koje se mogu postići korišćenjem postojećih znanja, tj. motivacijom, obrazovanjem, obukom i obaveštavanjem, ali bez istraživačko-razvojnog rada. Moglo bi se očekivati da će najveći deo ovih ušteda da pokaže ekonomske efekte u periodu od tri do pet godina, pa se zato svrstavaju u kratkoročne.

Grupa 2. Uštede koje zahtevaju istraživačko-razvojne napore — uz obrazovanje, obuku i obaveštavanje — tokom perioda od najviše 4 godine. Moglo bi se očekivati da će najveći deo ovih ušteda da pokaže ekonomske efekte u periodu od oko pet do sedam godina, pa se zato svrstavaju u srednjeročne.

Grupa 3. Uštede koje zahtevaju duže vreme i uporan istraživačko-razvojni rad, čiji ishod u izvesnoj meri nije siguran. Ekonomski efekti ovih ušteda pokazali bi se možda tek za oko dvadeset godina, ali bi mogli biti značajni, pa se svrstavaju u dugoročne.

Istraživačko-razvojni projekti koji su nabrojani u zapadnonemačkom izveštaju (6), kao i oni u ovom radu, spadaju skoro potpuno u grupu 2. Pored toga, oni nisu usredsređeni na ceo problem ili na celinu jedne oblasti primene, već samo na delove koji obećavaju velike nacionalne uštede zajedno sa visokim stepenom efikasnosti troškova, tj. nije neophodna direktna veza između istraživačkih napora i ušteda energije u tim oblastima.

Primeri i oblasti primene navedeni u ovome radu, kao i istraživačko-razvojni projekti, ne predstavljaju prema tome potpunu i reprezentativnu sliku teme o kojoj se diskutuje, a ni nezavisnu ocenu dugoročnih ušteda energije koje bi mogle biti moguće. Te teme nisu smatrane važnim za ovu studiju. Ustvari, odvajanje dugoročnih strategijskih i nesigurnih tema od ostatka procena ušteda smatrano je korisnim za dobijanje realističnog odgovora na pitanje: »Da li tribologija može da obezbedi način za značajne uštede energije na nacionalnom nivou?«.

Američki predlozi istraživačko-razvojnih projekata (1) (videti Dodatak 1), sadrže jedan broj glavnih tema koje bi obezbedile ostvarenje najvećeg dela procenjenih ušteda, a koje pripadaju grupi 3 ovoga reda. Ima informacija (21) da se u okviru revizije i usavršavanja američkih procena razmatra takođe i izdvajanje dugoročnih i nesigurnih tema. Ovo će se pokazati korisnim ne samo kada se korigovane američke procene budu upoređivale sa onima koje sadrže ovaj izveštaj, već će verovatno otkloniti prethodno pomenute rezervisanosti izvesnih stručnjaka u vezi izveštaja, koji se inače smatra veoma vrednim i značajnim.

3. OBLASTI ASPEKATA UŠTEDE ENERGIJE POMOĆU TRIBOLOGIJE

3.1. Analiza britanske energetske scene

Velika Britanija troši godišnje (1979.) energetski ekvivalent od oko 249,8 miliona tona nafte, ili 355,9 miliona tona uglja (energetski ekvivalent sirove nafte iznosi oko 427 termova (1 term = 10^5 BTU = 105,5 MJ) po toni, a uglja oko 300 termova po toni) (15). Od 1960. do 1978. potrošnja je rasla po stopi od oko 2% godišnje (16).

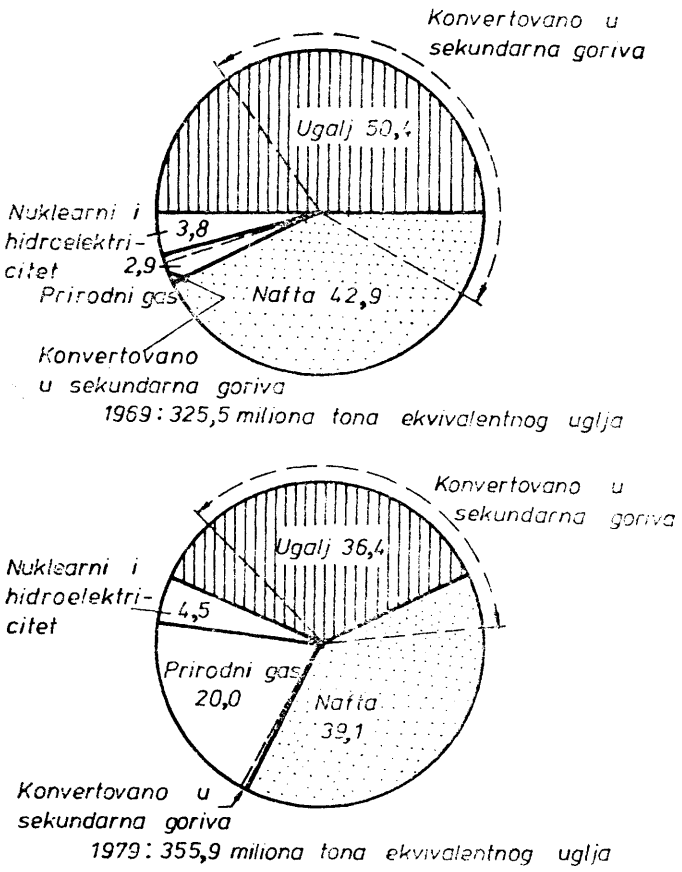
Protok energije u Velikoj Britaniji prikazan je grafički na slici 4. Izvori te energije su ugalj, nafta, prirodni gas i dodatna električna energija proizvedena u nuklearnim i hidroelektranama. Odnosi između napred navedenih izvora energije sa godinama su se menjali, kao što pokazuje slika 5 (16).

Promene u izvorima i potrošnji enregije utiču takođe i na intenzitet realizacije ušteda. U ovome radu stvarne i potencijalne uštede daju se u milionima tona ekvivalentnog uglja, bez obzira na izvor energije, i izražavaju se u funtama sterlinga.

Pošto privreda V. Britanije obuhvata širok spektar industrijskih grana, prvi korak se sastojao u identifikovanju glavnih potrošača energije. Tom identifikacijom (slika 6) dobijena je sledeća procentualna struktura potrošnje energije u V. Britaniji 1979. godine:

Transport	23%	od toga	drumski	18%
			vazdušni	3%
			železnički i vodeni	2%
Domaćinstva	27%			
Industrija	37%	od toga	crna metalurgija	8%
			ostale grane	29%
Javna administracija	6%			
Poljoprivreda	1%			
Razno	6%			

Iz gornje strukture postaje očigledno da u potrošnji energije dominiraju tri glavna sektora: (i) transport, (ii) industrija, i (iii) domaćinstva. Zato se činilo da je opravdano izvršiti studije tih sektora da bi se došlo do procena ušteda u svakom od njih, koje bi se dobile primenom tribloških principa i iskustava.



Ukupno ekvivalentnog uglja	***325,5 mil. tona***	***355,9 mil. tona***
Ugalj	***50,4%***	***36,4%***
Nafta	***42,9%***	***39,1%***
Nuklear. i hidro-elektr.	***3,8/2,9%***	***0/4,5%***
Prirodni gas		***20%***

Slika 5. — Promene u snabdevanju energijom 1969—1979. (16)

Da bi se ostvarila prihvatljiva kvantitativna tačnost (takvih procena, a imajući u vidu mnogobrojnost izvora podataka, procene su vršene na bazi ne samo objavljenih podataka, napr. naučnih i stručnih članaka, vladinih statistika, i sličnih, već takođe i na bazi industrijskih članaka, izveštaja i razgovora, koji su se u celini slagali, pa su stoga smatrani prihvatljivo pouzdanim. U slučajevima gde je bila neophodna selektivna subjektivna procena, njen red veličina morao je da bude potvrđen od strane odgovarajućeg autoriteta. Zbirovi tako dobijenih procena, zajedno sa oblastima u kojima se očekuje da razvojno-istraživački rad dovede do ušteda energije pomoću tribologije biće predstavljeni u poglavljima koja slede.

3.2. Transportni sektor

3.2.1. Opšte napomene

Energija potrebna za godišnju proizvodnju motornih vozila u Velikoj Britaniji iznosi između 0,8 i 1,5% od ukupne godišnje potrošnje energije, a energija potrebna za pogon motornih vozila čini oko 15% od ukupne godišnje potrošnje energije u toj zemlji (14).

Na 2000 km britanskih autoputeva i 33.240 km asfaltiranih puteva (1979.) nalazi se 17,8 miliona motornih vozila, od kojih 14,1 miliona putničkih vozila, 1,7 miliona teretnih vozila (18), čija procenjeni godišnji troškovi za gorivo iznose 3.875 miliona funti za benzinske automobile i motocikle i 995 miliona funti za vozila pogonjena dizel motorima (16).

Industrija putničkih automoblia, teretnih vozila, autobusa i ostalih drumskih vozila ostvarila je 1979. godine prodaju u vrednosti od 11,78 milijardi funti sa radnom snagom od 778.600 zaposlenih. Brodogradnja je imala iste godine prodaju od 1,49 milijardi funti sa 173.100 zaposlenih (17).

Zbog povećanih cena nafte, 1980. godine troškovi goriva utrošenog tokom prosečnog veka automobila premašili su početnu vrednost vozila (14).

Godišnje se u V. Britaniji registruje nešto više od milion vozila, ali samo oko jedne četvrtine tog broja izlazi u istom periodu iz registracionog sistema.

3.2.2. Oblasti potencijalnih ušteda

Struktura gubitaka energije u vozilima (51,52) ukazala je da su motor i transmisija očigledni kandidati za poboljšanje, tj. smanjenje utroška energije, tim pre što se praktično sve uštede iz ove grupe odnose na proizvode naftnog porekla.

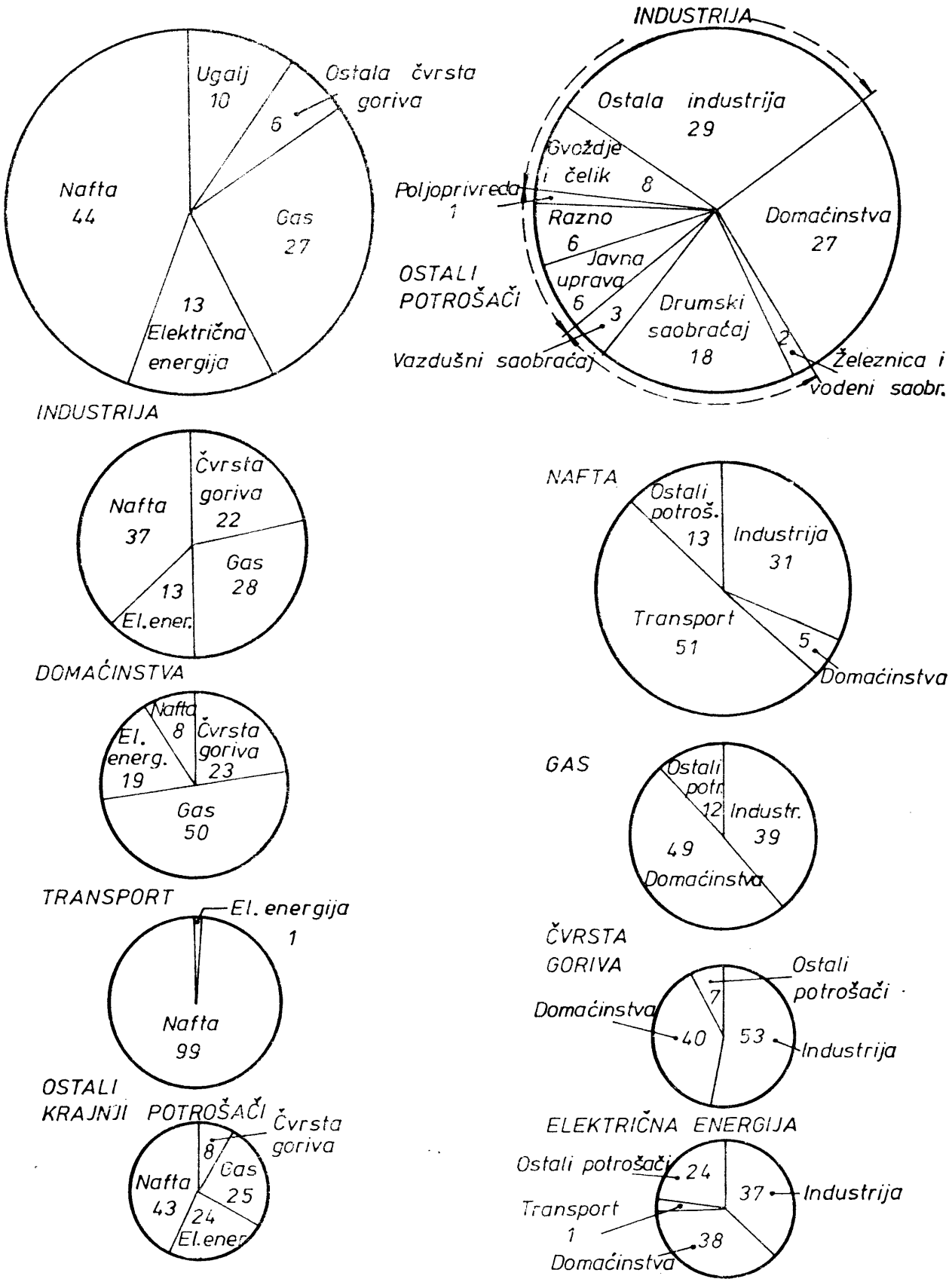
Gubici energije u transportnom sektoru nastaju ne samo zbog termodinamičkih ograničenja u kružnim procesima, već takođe i zbog trenja, habanja i neefikasnog zaptivanja. Sa finansijskog, tj. ne-energetskog stanovišta, indirektne uštede su takođe važne i možda još značajnije nego direktne uštede do kojih dolazi zbog smanjenog trenja. Naprimer, veća pouzdanost i poboljšani triboloski uslovi smanjili bi otpad, popravke i održavanje i doprineli povećanju upotrebljivosti vozila.

3.2.3. Grupa 1: uštede ostvarljive bez IR rada

Studija je pokazala da ima mnogo slučajeva u kojima ispravan triboloski dizajn i iskustvo mogu da minimiziraju habanje komponenata i na taj način dovedu do izvesnih primarnih, ali još više do značajnih sekundarnih i tercijarnih ušteda energije, i to bez ikakvog ulaganja u IR aktivnosti.

Hist i Herendin (20) procenjuju da se 2,6% ukupnih troškova za energiju u SAD troši na opravke, održavanje i zamenu delova motornih vozila.

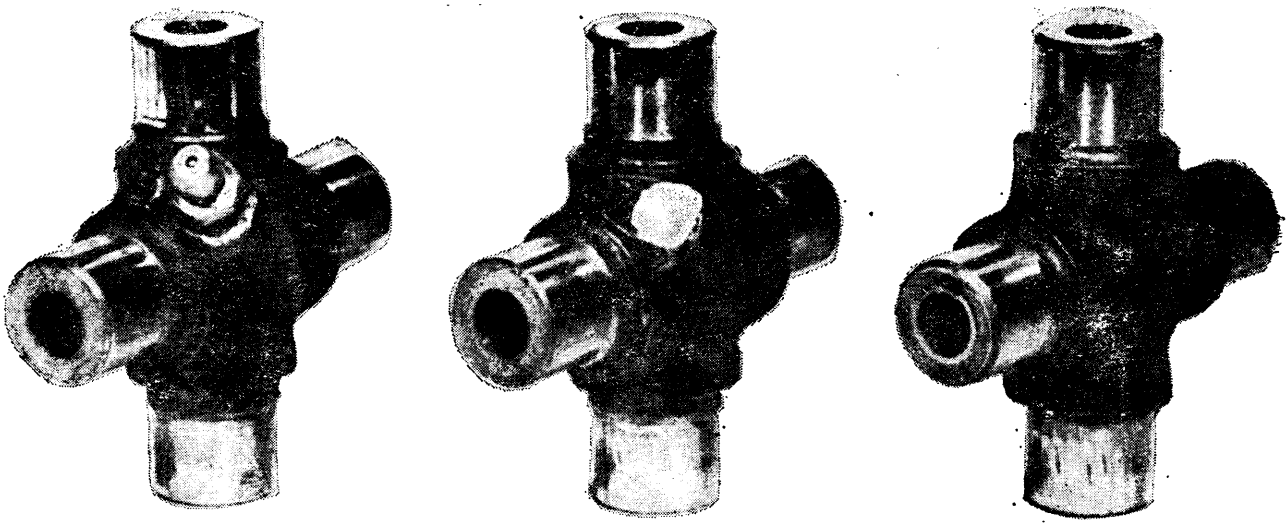
Do triboloških gubitaka dolazi ne samo zbog neprimenjivanja postojećih znanja i tehnologije, već su često ti gubici prouzrokovani ili potpomognuti konstrukcijom, bilo zbog smanjivanja prozivodnih troškova, bilo zbog »eliminisanja« naknadnih podmazivanja, ili iz drugih razloga. Dobar primer je krst kardanskog zgloba, za čiju je proizvodnju i u najjednostavnijem obliku potrebno dosta energije, a sadrži i nikl koji je visokoenergetski materijal. Za razliku od svog podmazivanog prethodnika koji je trajao koliko i vozi-



Slika 6. — Potrošnja energije krajnjih korisnika u 1979. (na bazi isporučene toplote); procentualni udeli po sektorima i oblicima energije (6)

lo u koje je ugrađen, sadašnja verzija krsta sa svojim punjenjem specijalnog maziva koje se ne može dopunjavati, ima ograničen vek od oko dve do tri godine. Kao rezervni deo on pruža izvanredne finansijske koristi proizvođaču, prodaji i servisima, ali je rasipnik materijala i energije (slika 7).

U praktičnim ne-energetskim monetarnim jedinicama, to bi moglo da znači smanjenje servisnih računa za opravke i održavanje prosečnog porodičnog automobila od preko 50 funti godišnje (cene iz 1980.) uz smanjenje briga i neraspoloženja povezanih sa takvim troškovima.



Originalna konstrukcija

Druga varijanta: zadržan otvor za podmazivanje, ali bez mazalice (obojen belo)

Treća varijanta: (sadašnja) bez otvora za podmazivanje

Slika 7. — Krst kardanskog zgloba

Nažalost, sa energetskog stanovišta, moderna motorna vozila imaju mnogo sličnih primera, uključujući habanje do koga dolazi zbog smanjenja zahtevane tvrdoće materijala, itd. Činjenica je da vrhunska bregasta vratila, spojke i kočnice često ne moraju biti zamenjena zbog drugih razloga osim pohabanosti.

Motorna vozila su napravljena od mnogo materijala, uključujući čelik, gvožđe, bakar, aluminijum, gumu, plastiku, staklo, a ovi često sadrže legirajuće elemente kao što su nikl, hrom, kobalt, mangan, kalaj itd. Najveći broj ovih materijala dobija se iz rude, posle čega se oblikuje i obrađuje rezanjem. Zatim se transportuje u fabriku gde se vrši montaža vozila. Svaki od ovih koraka troši energiju.

Posle komparativno kratkog veka koji u mnogim slučajevima iznosi samo 1000 radnih časova, za automobil su potrebni rezervni delovi kao što su spojka, kočnice, gume, kolenasto vratilo itd. Sadržaj energije najvećeg broja proizvedenih delova u opštem slučaju leži između 5 i 20% od cene proizvoda (21). Ukupna cena proizvoda motorne industrije 1980. gdoine bila je oko 11,8 milijardi funti. Ako uzmemo gornja dva procenta, dobijamo troškove energije između 0,59 i 2,3 milijardi funti. Vek trajanja motora i transmisije je retko kraći od 1000 radnih sati, ali i retko duži od 10.000 sati, tj. između 80.000 i 800.000 kilometara, odn. između pet i sedamnaset godina. Postojeća tribološka tehnologija je u stanju da produži minimalni vek na 2.000 do 4.000 sati ne utičući značajnije na cenu. Prema tome, mere koje bi se pozabavile ovakvim habanjima i tribološkim havarijama koje nisu neizbežne, a moguće je da su i izazvane konstrukcijom, a koje su povezane sa energijom, materijalima, obradom deformacijom i rezanjem, održavanjem i upotrebom materijala mogle bi u V. Britaniji da dovedu do ušteda sa procenjenim sadržajem energije od 79 do 140 miliona funti godišnje.

3.2.4. Grupa 2: Uštede koje se mogu dobiti pomoću srednjoročnih IR projekata

Na osnovu raspoloživih podataka, te uštede spadaju u četiri glavne oblasti:

(a) klipni prstenovi i cilindri,
(b) transmisije,
(c) maziva i viskometrija,
(d) poboljšani termodinamički ciklusi, koji zauzimaju istaknuto mesto u Američkom izveštaju (1), a ovde se pominju samo zbog poređenja.

(a) Klipni prstenovi i cilindri. Rezultati Američkog izveštaja (1) pokazuju da trenje i slabo zaptivanje čine 25—50% ukupnih mehaničkih gubitaka u motorima vozila. Da bi se smanjili ovi znatni gubici potreban je IR rad na materijalima klipnih prstenova, prevlakama, brzinama habanja i analitičkim modelima režima podmazivanja.

Gubici u kontaktu klipnog prstena i zida cilindra čine 12% od snage tipičnog automobilskog motora, izmerene na kočnici, i mogu biti prouzrokovani trenjem, produvavanjem, histerezom i ostalim relativno dobro poznatim fenomenima u tom kontaktu, kao što su geometrija prstena, njihov broj, napon, metod montaže itd. Do sličnih zaključaka došli su i nemački istraživači. Posle diskusija sa vodećim stručnjacima na ovom polju, uključujući i termodinamičare, smatramo da je u V. Britaniji moguće smanjenje ovih gubitaka od 12 do 19 procenata, što je ekvivalentno uštedi od 33 miliona funti godišnje.

Procenjena cena jednog takvog IR programa bila bi oko 400.000 funti godišnje tokom perioda od tri do četiri godine. Ova brojka uzima u obzir da u V. Britaniji već postoji najveći deo neophodne eksperimentalne opreme.

(b) *Transmisije.* Jedno od ograničenja klasičnog klipnog motora je to što mora da radi na brzinama koje se ne poklapaju sa optimalnom efikasnošću, iz razloga zadovoljenja zahteva opterećenja. Transmisija koja bi na svom izlazu davala obrtaje od nule do maksimalne brzine, dozvoljavajući istovremeno motoru da sve vreme radi na brzinama koje se približavaju optimumu, znatno bi popravila stepen korisnosti motora, odn. stepen iskorišćenja goriva.

Takav sistem je poznat pod skraćenicom CVT (kontinualno promenljiva transmisija) i predstavlja predmet istraživanja već nekoliko godina. On omogućava da motor radi uvek u blizini svoje maksimalne efikasnosti, a dozvoljava i primenu sistema za akumuliranje energije kočenja. Američko isrtaživanje poklonilo je posebnu pažnju ovome problemu, tvrdeći da bi razvoj i široka primena CVT sistema poboljšala ekonomičnost iskorišćenja automobilskog goriva za 25 do 30%, kao i da bi se dodatna poboljšanja dobila sprezanjem CVT sa regeneratorom kočione energije sa zamajcem, u kom slučaju bi se mogla ostvariti dobit od 50 do 80% u ekonomičnosti iskorišćenja goriva. Ušteda goriva ovog nivoa u automobilskom saobraćaju V. Britanije iznosila bi od 2,43 do 3,8 milijardi funti godišnje. Ova studija pokazuje da takve uštede nisu praktično moguće, u svakom slučaju ne bez značajnog dugoročnog IR napora u oblasti tribologije i drugim oblastim inženjerstva.

Međutim, studija je pokazala da se značajne uštede mogu postići triboloških poboljšanjima u oblasti transmisija, kao i da se u V. Britaniji već radi na nekoliko projekata koji dosta obećavaju. Među njima se nalaze višestepeni menjači, blokirajuće spojke, modifikovana CVT, kao i druge inovacije (45). Postoji razumna verovatnoća da će ovi razvojni programi ostvariti željene rezultate u narednih sedam godina, čime bi se ostvarile uštede snage od 10—15%, odn. 487—730 miliona funti godišnje.

Međutim, takva poboljšanja će se ugraditi samo u nova vozila, verovatno brže u privredna nego u privatna vozila. Zato se može očekivati da će ne više od 25% takvih vozila imati koristi po isteku perioda od sedam godina, što je ekvivalentno sa uštedama goriva od 123—182 miliona tona godišnje. Devedeset procenata preostalih ušteda moglo bi se očekivati tokom narednih deset do petnaest godina. Istraživačko-razvojne aktivnosti bi se pozabavile novim materijalima koji bi morali da izdrže ponovljene fluktuacije visokog pritiska, korozivne atmosfere, tangentne napore, piting usled zamora, reologiju vučnih maziva, uključujući visokoelastične i relaksacione efekte, efekte generisanja toplote različitih mazivnih prevlaka, kvalitet površine, konfiguracije, itd. Red veličine potrebnih istraživačkih napora mogao bi biti oko jednog miliona funti godišnje, tokom perioda od četiri godine.

(c) *Maziva i viskometrija.* Smanjenja potrošnje goriva mogu se dobiti smanjenjem unutrašnjeg trenja maziva i pogonskih fluida, korišćenjem maziva male viskoznosti za motor i transmisiju, razvojem aditiva sa malim trenjem i anti-habajućim osobinama, kao i identifikacijom specifičnih oblasti motora gde nastaju gubici energije zbog trenja i viskoznih efekata (53).

Ulja za upotrebu u novim tipovima transmisija morala bi da zadovolje nove elastohidrodinamičke zahteve i dinamiku fluidnih slojeva. Postojeći fluidi morali bi da se modifikuju da bi izdržali ekstremno visoke pritiske i temperature u pogonskim kontaktima i da bi se mogli koristiti u dužim vremenskim intervalma ne prouzrokujući eroziju i habanje vitalnih delova i ne podležući hemijskoj degradaciji.

Procenjene uštede u ovoj tački imaju red veličine od 97—146 miliona funti godišnje, što je ekvivalentno uštedi goriva od 2—2,5%. I u ovom slučaju procene se razlikuju od odgovarajućih američkih procena koje iznose skoro 200 miliona barela godišnje, ili 9,2% ukupne potrošnje goriva. Ne verujemo da je ovaj red veličine dostižan ni u predviđenom periodu, a ni bez značajnih dostignuća u drugim oblastima.

U radu profesora Barca, vodećeg nemačkog tribologa, (50), sugeriše se da je kroz poboljšanja u oblasti maziva za motore i transmisije, kao i viskometrije, praktično moguće ostvariti sledeće uštede:

Program A	*Program B*	*Program C*
(Uglavnom mala kola i kratki putevi)	(srednji putevi)	(uglavnom srednja i velika kola i dugi putevi)
1,3—5%	1,2—4%	1,0—3,6%

On je takođe izrazio mišljene da se američke procene možda odnose na specijalan slučaj, ali da u opštem slučaju nije moguće ostvariti uštede tog reda veličine.

Procenjujemo da bi IR program kojim bi se ostvarile razumne dostižne uštede od 2—2,5% u V. Britaniji koštao oko 533.000 funti godišnje tokom perioda od tri godine, uzimajući u obzir postojanje značajne količine eksperimentalne opreme.

(d) *Poboljšani toplotni ciklusi.* To su bile glavne uštede u Američkom izveštaju u oblasti transporta. Oni su takođe cilj termodinamičara već dugi niz godina. Imajući u vidu da je koeficijent korisnog dejstva benzinskog motora 20—22% a dizel motora 33—37%, izgleda da postoji prostor za poboljšanja, posebno ako se uzmu u obzir savremena dostignuća u oblastima termo-hemijske obrade, oksida, keramike, karbida i intermetalnih kontakata, usavršena maziva, itd.

Oko jedne trećine energije goriva gubi se u klasičnom motoru predajom toplote kroz zidove cilindara rashladnoj vodi. Usavršeni toplotni ciklusi povećali bi termodinamički stepen korisnosti. U graničnom slučaju, kada bi se sistem za hlađenje motora eliminisao, a cilindri izolovali, proizvedena energija bi se odvodila spregnutim turbo-agregatom, usled čega bi se efikasnost klipnog motora znatno poboljšala. Temperature zidova cilindara od 540°C stvorile bi velike probleme tribološke prirode, koji bi morali da se razreše.

Međutim, uprkos izveštajima da je takav adijabatski motor radio u SAD tokom perioda od 100 sati ,autori smatraju da su američka očekivanja i procenjene uštede neostvarljivi u praksi bez značajnog i skupog dugoročnog istraživanja u oblastima širim od tribologije, pa su zato izvan opsega ove studije. Zato se u ovome radu ne daju procene ušteda u ovoj oblasti.

3.2.5. Rezime ušteda i IR rada

Uštede iz grupe 1, ostvarljive primenom postojećih znanja i tehnologije u primarnim, sekundarnim i tercijarnim oblastima procenjuju se na 79—230 miliona funti godišnje.

Uštede iz grupe 2, ostvarljive kroz IR programe, ne uzimajući u obzir sekundarne i tercijarne uštede, mogu se prikazati kako sledi:

Oblast	*Godišnje uštede*	*Procenjeni IR troškovi*
Klipni prstenovi	33 miliona funti	400.000 funti x 3-4 godine
Transmisije	123—182 miliona funti	1 milion funti x 4 godine
Maziva	97—136 miliona funti	533.000 funti x 3 godine
Poboljšanja toplotnih ciklusa	neizvesne	neizvesni

Uštede i IR troškovi iz grupe 3 ne ulaze u okvir ove studije.

Napred navedene uštede praktično bi mogle da učine mala porodična kola sa potrošnjom od 2,7 l/100 km realno verovatnim, a uz izvesna termodinamička poboljšanja motora, apsolutno sigurnim.

3.3. Industrijski sektor

3.3.1. Opšti podaci

Industrija u V. Britaniji, uključujući crnu metalurgiju, troši 37% ukupne proizvodnje energije u toj zemlji, što iznosi 131,7 miliona tona ekvivalentnog uglja. Izvori te energije su nafta (37%), gas (28%), čvrsta goriva (22%) i elektricitet (13%). Troškovi energije izraženi preko ekvivalentnog uglja za svaku od gornjih grupa iznose 1,8 milijardi, 1,4 milijarde, 1,07 milijardi i 633,4 miliona funti, što daje ukupnu sumu od 4,9 milijardi funti godišnje (16).

U transportnom sektoru uštede energije pomoću tribologije mogu se postići u koncentrisanim oblastima. To nije slučaj sa industrijom, izuzimajući elektrane i turbine. Primene tribologije u industriji pokrivaju širok spektar, a njena generička priroda je stalno prisutna. Analizom tog širokog spektra primene identifikovana su dva sektora:

1. Uštede postignute poboljšanjem performansi opreme, u oblastima:
   (a) turbina i proizvodnje električne energije, i
   (b) prerađivačke i procesne industrije, uključujući oblikovanje metala.
2. Uštede, uglavnom sekundarne i tercijarne prirode, u industrijskim granama u kojima se gubici energije izazvani održavanjem mogu smanjiti primenom triboloških principa i iskustava.

3.3.2. Uštede kroz poboljšanje opreme: turbine za pogon generatora

Glavni izvor snage u proizvodnji električne energije je parna turbina. U Velikoj Britaniji u pogonu su 132 termoelektrane (41), a preovlađuje trend ugradnje sve većih turbina u nove elektrane. Oko jedne trećine agregata u V. Britaniji ima snagu veću od 300 MW.

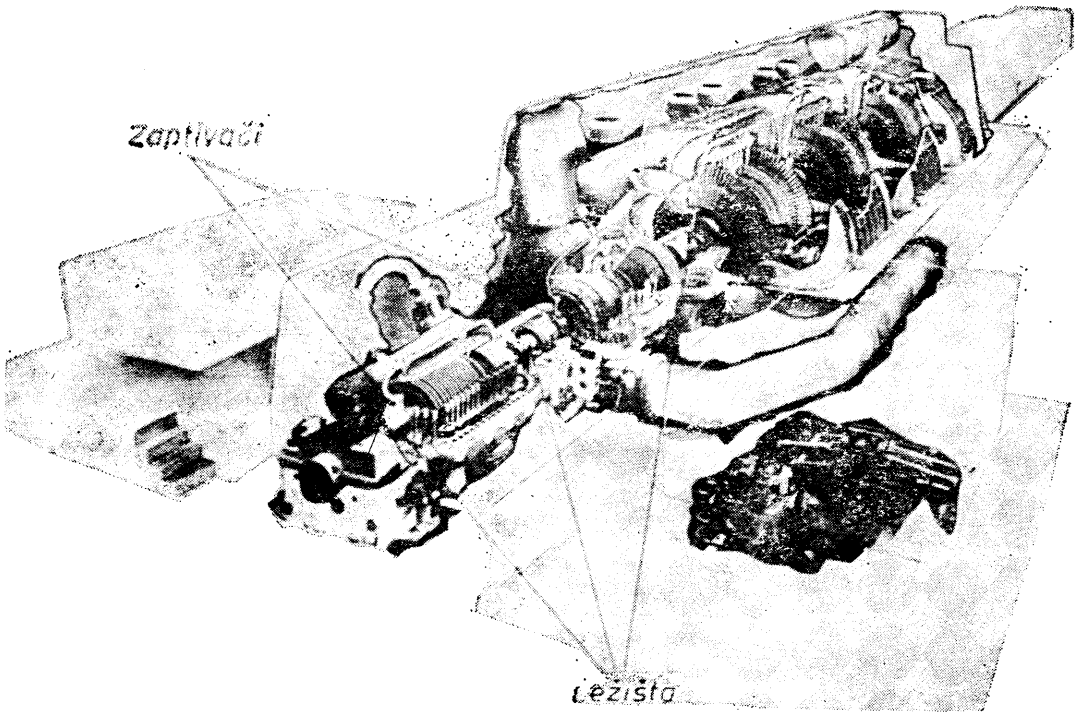
(a) Gubici energije u ležištima. Šezdeset tri turbo-alternatora u V. Britaniji imaju snagu od 500 MW ili više (41) i oslanjaju se na 12 do 14 ležišta (slika 8). Rezultati merenja pokazuju da se zbog triboloških razloga gubi 0,5 MW po ležištu (47), tj. oko 21 MW po agregatu. Smatramo da se kroz tribologiju ovi gubici mogu smanjiti za 15—20%. Ako se mašine koriste prosečno 6500 časova godišnje, procenjena ušteda energije u V. Britaniji iznosila bi između 22 i 29,5 miliona funti godišnje.

Smanjenje inercijskih i turbulentnih efekata, gubitaka izazvanih smicajnim naponima u turbulentnom strujanju, kao i mehanizma i uslova rada ležišta u turbulentnom režimu predstavljaju teme IR rada. Pored toga, poboljašni materijali za ležišta omogućili bi primenu kraćih ležišta. Procenjeni IR troškovi u trogodišnjem periodu izneli bi do 468.000 funti, uzimajući opet u obzir postojanje dela potrebne eksperimentalne opreme. Ovim uštedama trebalo bi dodati indirektne uštede pomenute u odeljku 2.2.2.

(b) Gubici zaptivanja. U ovu grupu spadaju »curenja« pored vrhova lopatica kroz labirintske zaptivače, kao i pored turbinskih stepenova. Procene gubitaka (17) idu od 2 do 4%, pri čemu starost postrojenja igra značajnu ulogu. Na bazi procene da se polovina gubitaka energije izazvanih curenjem može eliminisati, sa čim se stručnjaci slažu, u V. Britaniji se može ostvariti ušteda od 355,9 miliona tona ekvivalentnog uglja, odn. 17 miliona funti godišnje.

Slične uštede u turbomašinama koje se ne koriste direktno za proizvodnju električne energije udvostručile bi gornji iznos. Pošto je glavni gubitak energije curenje radnog fluida kroz zazore vratila prouzrokovane centrifugalnim silama, termalnim i mehaničkim deformacijama, komulativnim tolerancijama izrade, itd. verujemo da je IR naporima moguće razviti mašine koje bi ostvarile takve uštede.

(c) Zaptivači rotacionih pumpi. U Zapadnoj Nemačkoj je utvrđeno (6) da su ukupni gubici energije u rotacionim pumpama na agregatima snage 60.000 MW iznosili 1974. godine oko 4,5% od ukupne snage agregata. Pet do deset procenata od tih gubitaka otpada na curenje i trenje u zaptivačima, tj. oko 0,2—0,5% od ukupne snage gubi se na taj način. Za pokriće tih gubitaka troši se energija reda veličine $1{,}35 \cdot 10^6$ MWh, što je ekvivalentno sa 70 miliona funti godišnje.



Slika 8. — Tribološki gubici u parnom turbogeneratoru (1)

U V. Britaniji, koja je 1977. godine raspolagala sa kapacitetima snage 56.366 MW (18), ti gubici bi mogli iznositi oko 65 miliona funti godišnje. Ako bi se ostvarile uštede od 5% (konzervativni nemački BMFT izveštaj (6) sugeriše da je moguće ostvariti uštede od 10%), onda bi godišnja suma ušteda od 3,3 miliona funti godišnje u V. Britaniji predstavljala realističnu procenu potencijalnih ušteda energije zbog ovoga razloga.

Procenjeni troškovi IR rada usmerenog na štednju energije kroz smanjenje gubitaka zaptivanja iznosili bi 225.000 funti tokom perioda od tri godine.

3.3.3. Uštede kroz poboljšanje performansi opreme: prerađivačke i procesne grane industrije

(a) Smanjenje trenja. U V. Britaniji se za pogon mašina godišnje troši nekih 45.000 miliona kWh električne energije (2), a procenjuje se da se oko trećine te energije troši na savladivanje trenja koje se može izbeći (16). Ima mnogo primera koji pokazuju kako se primenom ispravnih tribioloških principa i iskustava mogu postići značajna smanjenja trenja u pogonskim mašinama, a samim tim i uštede energije. Navodimo ovde kao ilustraciju primer hladnog valjaoničkog stana sa pet valjaka u kome je zamena hidrodinamički podmazivanih kliznih ležajeva valjčastim sa podmazivanjem ugljanom maglom dovela do smanjenja energije apsorbovane trenjem od 15 na 5 odsto, tj. do ukupne uštede snage od 840,7 kW, ili 1,51 . 10^{10} kJ godišnje na bazi 15 smena nedeljno i koeficijenta iskorišćenja opreme od 80% (23).

Prethodni primer, kao i najveći deo ušteda koje bi se postigle smanjenjem trenja u pogonskim mašinama, spadaju u prvu grupu, tj. u uštede ostvarene primenom postojećih znanja i tehnologije, bez IR aktivnosti. Prema tome, smanjenje ovih, triboloških izazvanih gubitaka dovelo bi do primarnih ušteda u prerađivačkoj industriji od 37,5 miliona funti, računajući po ceni od 2,28 penija za kWh električne energije.

Novi tipovi ležišta, kao što su magnetska (24), mogli bi još da povećaju ove uštede, ali spadaju u treću grupu — dugoročnih ušteda.

(b) Prevlake, metalurgija sintera i slični procesi. Postoje značajne praznine u znanju iz oblasti mehanizma podmazivanja čvrstim prevlakama, kao što su polimeri, voskovi, stearati, fosfati, grafit i sl. U obradi rezanjem odstranjuje se suvišni materijal koji — sa stanovišta energije i materijala — ne bi ni trebalo da se nalazi na tim mestima. U nekim slučajevima, tokom mašinske obrade odstranjuje se i 90% otkovaka. Ako bi se delovi mogli još u obradi deformisati tako da budu bliski konačnom obliku, ostvarile bi se značajne sekundarne i tercijarne uštede energije. Iz tih razloga treba pokloniti pažnju metodama tačnog oblikovanja, livenja, tehnologije sinterovanja, itd. Međutim, na raspolaganju nema statističkih podataka koji bi pokazali gde nastaju gubici energije i materijala i u kojim pravcima bi trebalo delovati radi popravljanja situacije.

(c) Sredstva za hlađenje i podmazivanje (SHP), habanje alata i rezanje metala. Tribološki faktori često ograničavaju iskorišćenje mašine alatke. Svako smanjenje habanja alata, bez obzira da li je postignuto poboljšanjem materijala, novim prevlakama, poboljšanim sastavima SHP i njihovim dovođenjem na mesto rezanja, dovešće do ušteda energije čiji ukupni iznos može da bude značajan. U Evropi i SAD je demonstrirano da, ako bi se brzine rezanja povećale iznad postojećih preporučenih vrednosti, otpori rezanja bi značajno opali, struktura obrađene površine bi se popravila, a efikasnost iskorišćenja alata porasla, tj. došlo bi do uštede energije.

Isprobani i ispitani matematički modeli razvijeni za mašinska maziva mogli bi da nađu primenu u oblasti maziva za oblikovanje metala. Postoje kompleksni modeli maziva za valjanje i duboko izvlačenje koji bi mogli da se pokažu korisnim za predviđanje debljine sloja maziva i nosećih osobina u uslovima velikih brzina i opterećenja.

Potencijalne energetske uštede u oblasti obrade metala rezanjem ispitivali su Merčant, Sirig (27) i drugi (37). Zaključeno je da se u proseku može uštedeti 1,25—2,5% upotrebljene energije. Autori ove studije smatraju da su ovo konzervativne procene i sasvim ostvarljive u V. Britaniji.

(d) Obrada metala deformacijom. Ova oblast takođe uključuje veliki broj operacija i predstavlja dobar primer generičke prirode tribologije i njene kompleksnosti jer obuhvata hidrodinamiku i elastohidrodinamiku, fazne promene u materijalima, molekularne fenomene itd.

Procesi kao što su toplo i hladno oblikovanje su oblasti značajnih potencijalnih ušteda pomoću tribologije. Naprimer, postoje podaci o smanjenju frikcionih gubitaka energije do 35% pri korišćenju ulja za valjanje sa većim viskozitetom na hladnim valjcima, kao i o smanjenju pogonske snage za 15% pri primeni maziva u toplom valjanju (35). Dodatak ovome čine uštede od 9% u gorivu za peći za međuzagrevanje ingota koje se smatraju mogućim ako bi se primenilo tribološki efikasnije valjanje.

Čičeli i Poplavaki (35) procenjuju da se u industriji čelika u SAD, samo u toplom i hladnom valjanju, može uštedeti ekvivalent od 3,6 miliona barela nafte, čemu odgovara 6,75 miliona funti u istom industrijskom sektoru V. Britanije. Prelaz sa vrelog na toplo oblikovanje može dalje značajno da poboljša uštedu energije.

Sve u svemu, u oblasti oblikovanja i deformisanja metala ima veoma mnogo primera koji demonstriraju kako primena triboloških principa i iskustava može da dovede do značajnih ušteda energije, ali je potrebno mnogo napora i obrazovanja da bi se te uštede postigle.

(e) Uštede. Analizom raspoloživih podataka dolazi se do zaključka da uštede energije u obradi metala rezanjem, deformisanjem, oblikovanjem i valjanjem koje se u V. Britaniji mogu ostvariti pomoću tribologije leže između 70 i 140 miliona funti godišnje. Međutim, konkretnija studija ovog širokog polja verovatno bi predskazala znatno veće iznose potencijalnih ušteda.

(f) IR potrebe. Spektar potencijalnih ušteda energije primenom tribologije u prerađivačkoj i procesnoj industriji veoma je širok. Za razliku od transportnog sektora i turbina u industrijskom sektoru, uštede koje obuhvataju energiju samo su mali deo ukupnih ušteda koje se mogu ostvariti na osnovu rezultata IR (istraživačko-razvojnog) napora u tribologiji. Uštede u održavanju, izgubljenoj proizvodnji, materijalima, rezervnim delovima, kapitalnim investicijama, i druge u opštem slučaju znatno su veće nego uštede energije.

Tako veliki broj mogućih koristi nije dozvolio da se u ovoj studiji izvrši identifikacija IR troškova koji bi se odnosili konkretno na uštede energije. Međutim, izgleda da je autorima Američke studije (1) stajalo na raspolaganju znatno više relevantnih informacija, što im je omogućilo da dođu do procene IR napora u ovoj oblasti. Na bazi njihovih rezultata, ekvivalentni i prilagođeni IR troškovi u vezi ušteda energije u prerađivačkoj i procesnoj industriji V. Britanije primenom tribologije iznosili bi oko 3,7 miliona funti (po cenama iz 1980.) tokom perioda od pet godina.

Gornja suma je mnogo manja od odgovarajućih troškova izabranih IR projekata iz Zapadnonemačke studije (detalji u dodatku 3). Međutim, nemački IR predlozi su usmereni ne samo na uštede energije, već na sve uštede koje se mogu ostvariti pomoću tribologije, a njihov zbir je znatno većeg reda veličine od dela usmerenog na uštedu energije.

3.3.4. Sekundarne i tercijarne uštede energije u metalurgiji i drugim granama industrije u oblasti održavanja

(a) Metalurgija. Tribološki gubici izazvani habanjem u metalurgiji su značajni i obično se smatra da učestvuju sa 45—50% u troškovima održavanja sa visokim sadržajima energije i materijala (6), iako postoje podaci da ti gubici iznose 60% u industriji gvožđa i čelika (44). Metalurgija se često smatra »tribološkim ponorom« (1).

Ukupni troškovi održavanja u metalurgiji V. Britanije, koja je 1979. godine imala proizvodnju od oko 21 milion tona (u čemu je BSC učestvovao sa 17,5 miliona tona), procenjeni su na 750 miliona funti, od čega 50% otpada na direktne materijale.

Gubici prouzrokovani tribološkim razlozima, uglavnom habanjem, naročito su ozbiljni u tzv. teškom delu ove industrijske grane, tj. u pripremi rude, proizvodnji sirovog gvožđa i koksa, livenju i primarnom valjanju, gde se značajne uštede mogu ostvariti primenom postojećih triboloških znanja, kao i IR radom. Nemački BMFT izveštaj (6) izdvaja visoke peći, pogone za sinterovanje, kontiualno livenje i valjaoničke stanove kao oblasti velikih potencijalnih ušteda ostvarivih primenom triboloških znanja, uz dodatak IR ulaganja visoke isplativosti.

Na bazi proizvodnje iz 1979. godine i odgovarajućih troškova održavanja smatramo da se primenom tribologije i srodnih metoda u metalurgiji V. Britanije mogu ostvariti izvesne primarne, ali uglavnom sekundarne i tercijarne uštede u iznosu od 17,25—18,75 miliona funti godišnje.

(b) Ostale industrijske grane. Triboloski uzroci habanja u rudarstvu takođe su veoma ozbiljni, opadajući rapidno u smeru industrije kamena, gline i stakla, papira i srodnih proizvoda, kao i hemijske industrije. I zaista, sadržaj energije u tribološkom održavanju u većini grana lake industrije je veoma mali. Procenjuje se da on u celokupnoj preostaloj industriji iznosi oko 40% od odgovarajuće vrednosti u metalurgiji (u novčanim jedinicama).

Ukupna procena ušteda energije koje se pomoću tribologije mogu postići u rudarstvu i svim ostalim granama industrije u Velikoj Britaniji ima red veličine od 6,5—7,3 miliona funti godišnje. Prema tome, ukupne procenjene uštede energije koje bi se mogle postići smanjenjem održavanja, uglavnom u granama industrije sa dosta održavanja, iznose 23,75—26,1 miliona funti godišnje.

(c) IR zahtevi. Mnoge uštede se mogu postići primenom postojećih znanja, dok je IR rad uglavnom potreban u oblastima visokih gubitaka izazvanih habanjem. IR rad iniciran BMFT izveštajem u sektoru gvožđa i čelika koncentrisan je u oblastima visokih peći i pogona za sinterovanje, sa ekvivalentnim troškovima (svedenim na cene iz 1980. godine) u iznosu od 1,8 miliona funti tokom perioda od četiri godine. Ukupni IR troškovi za metalurgiju Zapadne Nemačke procenjuju se na 6 miliona funti (svedeno na 1980. godinu), takođe tokom perioda od četiri godine.

U oblasti o kojoj je reč, procenjeni troškovi visoko isplativog IR rada u V. Britaniji bili bi reda veličine 180.000 funti godišnje tokom perioda od 4 godine, od čega 120.000 funti otpada na metalursku industriju, sa naglaskom na »teškom delu«, tj. od rude do proizvodnje čelika.

3.3.5. Zbirni pregled direktnih ušteda energije ostvarivih poboljšanjem performansi opreme i održavanja

(a) Uštede poboljšanjem performansi: proizvodnje elektriciteta i turbine	42,3—49,8 m. funti/god.
(b) Uštede poboljšanjem performansi: prerađivačka i procesna industrija	107,5—140 m. funti/god.
(c) Sekundarne i tercijarne uštede energije u metalurgiji i drugim granama industrije poboljšanim održavanjem	24—26 m. funti/god.

3.3.6. Zbirni pregled IR potreba

(a) Proizvodnja elektriciteta i turbine	693.000 funti tokom perioda od 3 godine
(b) Prerađivačka i procesna industrija	
(i) Smanjenje trenja u pogonskim mašinama	100.000 funti tokom perioda od 2 godine
(ii) Rezanje, oblikovanje, prerada i valjanje materijala	3.693 miliona funti tokom perioda od 5 godina
(iii) Održavanje	720.000 funti tokom perioda od 4 godine
	4.413.000 funti
Ukupno:	5.105.000 funti, tj. 5,1 milion tokom perioda od 5 godina

3.4. Domaćinstva

3.4.1. Opšte napomene

Preovlađujući primarni gubici energije u ovoj oblasti su termalnog tipa i nastaju pretežno zbog nedovoljne izolacije. To je dovelo do istraživanja potencijalnih ušteda ostvarivih pomoću tribologije iz kojih je izostavljena potrošnja energije u domaćinstvima. Ako je reč o primarnim uštedama energije, autori se sa tim slažu. Međutim, ako se rasmatraju sekundarne i tercijarne uštede energije, domaćinstva su od posebne važnosti, naročito zato što najveći deo tih ušteda spada u prvu grupu, tj. u uštede ostvarljive primenom poznatih tehnologija i znanja.

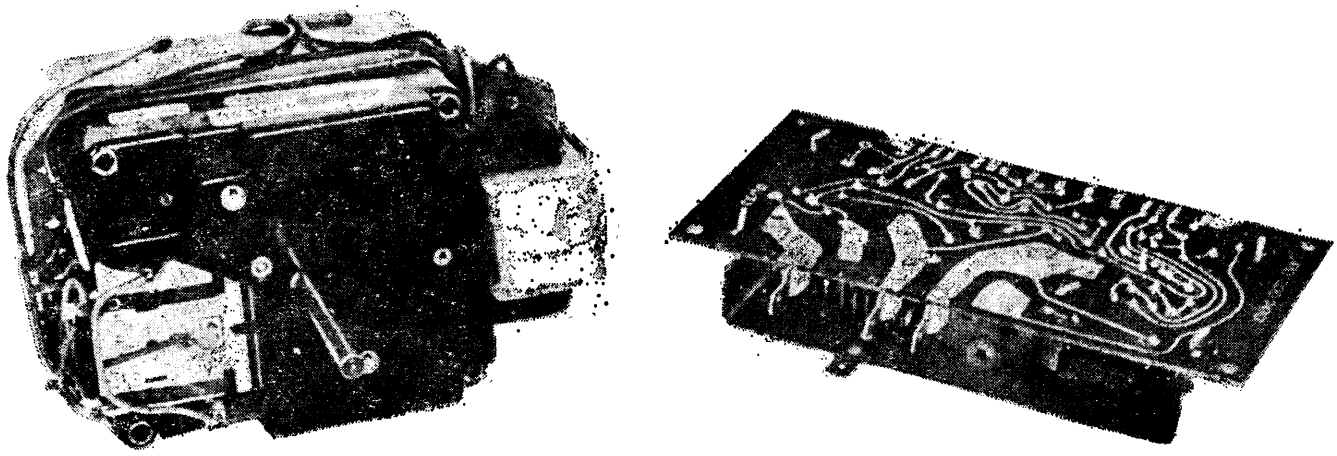
Konstrukcija trajnih potrošnih dobara na osnovu koncepta kratkog veka, koja se praktikuje u sve širim razmerama, ne uzima u obzir rastuće cene i nestašicu energije i sirovina, kao ni triboloku tehnologiju koja je u stanju da produži vek mnogih proizvoda.

Tipični primeri komponenata kratkog veka mogu se naći u jednoj popularnoj marki mašine za pranje rublja i automatskom centrifugalnom sušaču. Programator (slika 9, levo) za tu mašinu košta 28 funti (1980.), a motorni modul (slika 9, desno) oko 25 funti (1980.). Kvarovi su veoma česti i u opštem slučaju neophodna je zamena obeju jedinica, koja je komplikovana, pa su zato troškovi radnog vremena visoki. Triboloski razlog kvarova je prenos metala sa kontakta na kontakt. On obično počinje na programatoru, usled čega na motorni modul dolazi pun mrežni napon jer na programatoru ne postoji osigurač. Konstrukcija je takva da je nemoguće demontirati programator radi zamene kontakata, a takođe nema mogućnosti za zamenu pojedinačnih komponenata na motornom modulu. To znači da veoma jeftine standardne elektronske komponente koje se pokvare zbog »ugrađenih« triboloških slabosti ne mogu lako da se zamene, čak i ako bi to neko želeo. Međutim, očigledno je da takva želja ne postoji, jer se šema veze ne objavljuje, a proizvođač savetuje servisnoj službi da zameni ceo modul.

Radni vek bez kvarova mnogih mašina za pranje i slične namene opao je od poslednjeg rata na pet godina, a čak i manje. U svetu sa eskalirajućim cenama energije, nastavljanje sa praksom »ugradnje« takvih triboloških slabosti, zajedno sa praktičnom nemogućnošću popravke rezultujućih kvarova, osim zamenom cele jedinice, predstavlja sa nacionalnog stanovišta ekonomsko i socijalno štetočinstvo. Takvo štetočinstvo nije ograničeno samo na mašine za pranje veša, kojih je 1979. godine u V. Britaniji prodato 1,3 miliona komada, i na kojima je sedam »proizvođača« ostvarilo promet od 168 miliona funti (48).

Na bazi ukupnog sadržaja energije od samo 10 odsto, poboljšanjem konstrukcije — primenom postojećih znanja, a poželjno i uz pomoć novog tipa Britanskog standarda — koja bi bila u stanju da smanji habanje i time izazvane efekte za 8 do 12 odsto, dobio bi se direktan rezultat u vidu sekundarnih i tercijarnih ušteda energije, kao i indirektnih ušteda, reda 80—120 miliona funti godišnje.

U praktičnim ne-energetskim novčanim jedinicama to bi moglo da znači uštedu od 10—15 funti godišnje (cene iz 1980.) samo na troškovima održavanja i servisnim uslugama u svakom domaćinstvu koje koristi automatske mašine za pranje rublja i posuđa, mašine za sušenje rublja, itd.



Slika 9. — Električne jedinice automatske mašine za pranje veša koje se menjaju zbog triboloških razloga

3.5. Zbirni pregled procenjenih ušteda

Primarne, sekundarne i tercijarne uštede energije pomoću tribologije koje se odnose na 87 procenata britanskih potrošača energije (ne računajući javnu administraciju sa 6%, poljoprivredu sa 1%, i ostalo sa 6%) iznose:

(a) Transportni sektor:	
Uštede iz prve grupe	79—140 m. funti/god.
Uštede iz druge grupe	253—361 m. funti/god.
(b) Industrijski sektor:	
Uštede iz prve i druge grupe	173—253 m. funti/god.
(c) Domaćinstva	
Uštede iz prve grupe	80—120 m. funti/god.
	585—774 m. funti/god.
Umanjenje: Faktor preklapanja od 20% (pošto sve uštede nisu aditivne, mora se primeniti faktor preklapanja, čiji red veličine prema Američkom izveštaju iznosi oko 20%)	117—174 m. funti/god.
Ukupne procenjene uštede (posle korekcije zbog preklapanja)	468—700 m. funti/god.

Procenjeni IR troškovi u izabranim oblastima:

(a) Transport	7,2 miliona funti
(b) Industrija	5,1 miliona funti
Ukupno	12,5 miliona funti tokom perioda od 5 god.

4. NALAZI I PREPORUKE

4.1. Nalazi

4.1.1. Glavni nalazi

1. Dokazni materijal razmatran tokom izrade ove tehnoekonomske studije doveo je do zaključka da primena triboloških principa i iskustava može u Velikoj Britaniji da obezbedi uštede energije u značajnim iznosima. U oblastima uzetim u obzir, koje, iako nekompletne, obuhvataju glavni deo od 87 procenata potrošača energije, procenjuje se da red veličine tih ušteda iznosi 468—700 miliona funti godišnje, pošto se odbije preklapanje od 20 procenata.

   Na transportni sektor otpada 56% od gornje sume, ali se u tom sektoru mogu očekivati dopunske uštede reda 350—900 miliona funti (1980.) u narednim godinama kada sadašnja vozila budu zamenjena novim, opremljenim energetski efikasnijim transmisijama i drugim delovima.

2. Smatramo da se uštede iz prve tačke mogu ostvariti u periodu od sedam godina, i to:

   (a) primenom postojećih triboloških znanja i tehnologije, od kojih su neki najednostavnijeg tipa, i
   (b) srednjeročnim IR radom u oblastima visoke isplativosti, za koji se potrebni resursi procenjuju na 12,3 miliona funti tokom perioda od 5 godina.

   Spektar mogućih, a značajnih ušteda energije pomoću tribologije prostire se od jednostavne prevencije i minimizacije habanja »prouzrokovanog ili potpomognutog konstrukcijom« pa sve do primene rezultata visoke tehnologije, ostvarenih kompleksnim IR naporima.

3. Postoji značajna razlika između naših procena ušteda i iznosa od 1,5 milijardi funti, što predstavlja britanski ekvivalent ušteda preuzetih iz Američkog izveštaja »Strategija za konzervaciju energije pomoću tribologije« (1). Verovatno objašnjenje glavnog dela ove razlike mogla bi biti činjenica da su u američke procene ušle i uštede ostvarljive dugoročnim IR radom, — koje u ovoj studiji nisu razmatrane — posebno ako se uzme u obzir da se neke od njih neće realizovati u obliku konkretnih ekonomskih iznosa ni u periodu od sedam do dvadeset godina. Zato se britanske procene mogu smatrati realističnijim pokazateljem ušteda pomoću tribologije u kratko — i srednjoročnim periodima u V. Britaniji.

4. Postoji nedostatak svesti o ulozi tribologije u oblasti konzervacije energije. Suprotno opštoj svesti o termalnim faktorima, ni proizvođači, ni korsinici opreme, ni vlada, a ni stručna tela nisu u potpunosti identifikovala ulogu koju tribologija može da igra u štednji energije (kao i u ekonomji uopšte). Nasuprot tome stoje značajne uštede energije koje se mogu ostvariti ne samo na račun smanjenog habanja i posledica koje iz tog habanja proističu.

5. Međutim, izuzimajući slučajeve u kojima je ušteda energije glavni cilj, napr. transmisije motornh vozila, ležišta turbina, itd., tema ove studje se ne bi smela rasmatrati izolovano. Zajedno sa uštedama materijala, ona se pre javlja kao integralni deo projekata uštede energije, ili onih koji se bave svim uštedama pomoću tribologije.

6. Koristi od direktnih ušteda energije smanjenjem trenja, iako se obično lako mogu identifikovati, često predstavljaju samo mali deo ukupnih potencijalnih ušteda energije koje se mogu ostvariti pomoću tribologije. Energija uštedena time što se ne moraju izrađivati rezervni delovi (sekundarne uštede), a naročito uštede materijala koji bi se upotrebili za izradu tih delova (tercijarne uštede), i druge prednosti, napr. veća efikasnost i kompaktnije mašine koje su rezultat uzimanja u obzir triboloških faktora, često će prevazići primarne uštede.

7. Pošto je tribologija generička tehnologija, tj. tehnologija koja stvara nacionalne koristi velikog reda veličine, ali koje su po definiciji raspoređene, često sa malim iznosima, po širokoj oblasti potrošača energije, i koje mogu biti male za pojedine firme ili industrijske grane, država ima primarne i stalne obaveze u oblastima motivacije, obrazovanja, obuke i obaveštavanja. Ako se ova dužnost izvrši, može se postići najveći deo ušteda energije i srodnih ušteda pomoću tribologije.

   Britanska vlada je osnovala tri centra za tribologiju, tj. Nacionalni centar za trbiologiju u Risliju, Industrijski centar za tribologiju u Lidsu, i Triboloski centar Svonsi. Svi ovi centri su nezavisni, rade na bazi profita i sposobni su da izvrše strategijske zadatke u ovoj oblasti, ali njihova vezanost za komercijalnu iskoristivost sprečava, a u najmanju ruku ozbiljno ograničava, da preuzmu zadatke od nacionalne vrednosti i značaja. Smatramo da rezervisanost BMFT izveštaja u vezi ovoga pitanja sadrži izvestan stepen realnosti. Američki COGENT centri će takođe imati funkcije u ovoj oblasti, i biće finansirani državnim subvencijama kako bi sve grane industije imale koristi od njihovih rezultata.

8. Neki od raširenih postupaka »habanja izazvanog ili potpomognutog konstrukcijom« zbog kojih dolazi do preranog zamenjivanja pohabanog dela, ali i celog sklopa ili podsklopa, predstavljaju sa stanovišta energije i materijala ekstremno razbacivanje, a u mnogim slučajevima mogu se smatrati ekonomskim i društvenim štetočinstvom

4.1.2. Ostali komentari

1. Potencijalne uštede u manjim britanskim grupama potrošača energije, kao što su poljoprivreda (1%) i ostali (6%) nisu uzete u obzir u ovoj situaciji. Tribološka znanja i iskustva, međutim, morala bi biti u stanju da postignu uštede u ovim oblastima, naročito u sektoru poljoprivredne mehanizacije, u kome radi 519.000 traktora, 57.800 kombajna i 54.100 sušača (18), i u kome habanje i trošenje imaju istaknuto mesto.

2. Troškovi IR rada trebalo bi smatrati samo orijentacionim, i u opštem slučaju u studiji su navedeni samo oni koji garantuju visok stepen isplativosti, a ne i potrebe za celu oblast. Razlika između troškova IR rada na univerzitetima i u industriji je znatna, pa ova studija uglavnom navodi troškove koji važe za univerzitete, uzimajući u obzir poznato postojanje eksperimentalne opreme i laboratorije. Sa druge strane, mora se uzeti u obzir da primena rezultata IR rada može lako dodati faktor od 10 do 100 stvarnim troškovima IR rada. Uprkos tome, uzimajući sve gornje faktore u obzir, predloženi iznosi za ulaganje u IR aktivnosti sa ciljem uštede energije u napred tretiranim oblastima, postići će povoljan nivo isplativosti u poređenju sa ostalim oblicima investiranja u V. Britaniji.

3. Novčani ekvivalent od 2 funte za MJ energije može se smatrati previše konzervativnim. To je učinjeno namerno, jer su se autori pri izradi ove studije trudili da dobiju najniže moguće procene ušteda, koje su saglasne sa realnošću. Sa druge strane, cene energije neprekidno rastu, tako da su u svakom slučaju procenjene uštede energije suviše male.

4. Postoji potreba za uvođenjem statistike koja bi olakšala određivanje ušteda energije pomoću tribologije, čak i ako takvi podaci ne budu dovoljno tačni za naučne svrhe.

5. U oblasti generičke tehnologije tribologije, poteškoće u razdvajanju ušteda energije od ušteda materijala naročito su izražene u slučaju habanja. Zato je verovatno da procene potencijalnih ušteda energije u V. Britaniji sadrže nešto veći udeo ušteda materijala nego odgovarajuće procene u studiji »Strategija za uštedu energije pomoću tribologije«, a takođe i dodatni deo indirektnih ušteda.

4.1.3. Zbirni pregled nalaza

1. Prihvatajući napred navedene nesavršenosti i izostavljanje ušteda koje bi se ostvarile dugoročnim istraživanjima, smatramo dokazanim da je tribologija u stanju da doprinese godišnjoj uštedi energije iznosom reda veličine 468—700 miliona funti.

2. Najveći deo tih ušteda može se ostvariti primenom postojećih znanja i tehnologije, motivacijom, obrazovanjem i obukom, kao i informisanjem, a ostatak srednjoročnim IR aktivnostima sa procenjenim ulaganjima od 12,3 miliona funti u periodu od pet godina, pri čemu IR rad treba generalno da bude ograničen na oblasti sa visokom isplativošću.

3. Iako naše procene ušteda ne dostižu ekvivalentne iznose bazirane na Američkom izveštaju, koji uključuje dugoročna istraživanja i uštede koje iz njih proističu, nacionalna strategija ušteda energije pomoću tribologije ne bi smela da izostavi potencijalno visoke uštede koje bi se mogle ostvariti poboljšanjem tehnologije kroz dugoročan i uporan IR rad.

4.1.4. Konačna napomena

Praktično govoreći, sve ovo bi mogla da dovede do pojave malog porodičnog automobila sa potrošnjom od 2,7 l/100 km (pri normalnoj vožnji), smanjenja troškova opravki i održavanja za više od 50 funti godišnje po automobilu, kao i smanjenja troškova opravki i održavanja u domaćinstvu opremljenom mašinom za pranje rublja, mašinom za pranje sudova, itd. za 10 do 15 funti godišnje

4.4. Preporuke

4.2.1. Oblast industrije

1. Industrija treba da učini svestan napor kako bi osigurala da ljudi odgovorni za konstrukciju, proizvodnju, i rukovanje opremom i mašinama budu obrazovani u domenu energetskih i materijalnih aspekata tribologije. U takvim poduhvatima mogle bi da učestvuju organizacije kao što su CBI (Konferencija britanske industrije), sindikati i druge na dobrobit industrije i svih zaposlenih u njoj.

2. Industriju bi trebalo podsticati da usmeri svoje IR napore ka oblastima u kojima se mogu ostvariti velike uštede energije, a naročito u IR aktivnosti u transportnom sektoru, na primer na energetski efikasnije transmisije i druga sredstva koja bi znatno smanjila današnje velike gubitke energije.

3. Trebalo bi pripremiti nove Britanske standarde koji bi obuhvatili širok opseg industrijskih i kućnih proizvoda, i uzeli u obzir tribološke faktore uštede energije, naročito one koji spadaju u primarnu i sekundarnu grupu. Ti standardi bi takođe trebalo da zabrane »konstrukcijom izazvano ili potpomognuto« habanje.

4.2.2. Oblast obrazovanja i obuke

1. Tela odgovorna za obrazovanje u oblasti konzervacije energije trebalo bi da obezbede uključivanje tribologije u sve odgovarajuće obrazovne aktivnosti.

2. Potrebno je finansirati program obrazovanja i obuke sa ciljem postizanja tribološke stručnosti na nivoima zanatlija, tehničara i tehnologa sa naglaskom na aspektima uštede energije pomoću tribologije. Program obuke koji bi sadržao te aspekte trebalo bi definisati za tehničke koledže i ostale organizacije koje se bave obukom (srednje škole — prim. prev.).

4.2.3. Oblast istraživanja i razvoja

1. Naučno-istraživački savet (SRC) bi trebalo da razmotri proširenje svog vrednog finansiranja IR rada u tribologiji (36) na oblast konzervacije energije. Izvestan broj IR aktinvosti navedenih u ovoj studiji smatramo posebno pogodnim za novi prilaz od strane SRC.

2. Isplative IR oblasti trebalo bi da budu identifikovane od strane stručnih institucija u zajednici sa industrijom i telima kao što je Međuministarski energetski komitet za nauku i tehnologiju (Klarkov komitet). SRC i ostali trebalo bi da budu spremni da finansiraju IR programe štednje energije pomoću tribologije, naročito u oblastima navedenim u ovoj studiji i Američkom i Nemačkom izveštaju.

4.2.4. Oblast stručnih udruženja

Stručne institucije, a posebno Institucija mašinskih inženjera i Institut za energiju i njihovi komiteti koji rade u oblastima tribologije, konzervacije energije i industrije trebalo bi da organizuju niz simpozijuma i konferencija usmerenih ka industriji i obrazovnim institucijama, na temu različitih aspekata štednje energije pomoću tribologije.

4.2.5. Oblast države

1. U cilju ocenjivanja značaja i primenljivosti ove teme u industriji kao i pripreme britanske industrije za dugoročnu, recimo, petogodišnju strategiju primene rezultata razvoja, odgovarajuće ministarstvo bi trebalo da finansira nekoliko »okruglih stolova« američkog tipa, koje bi organizovao neki od centara za tribologiju ili neka druga institucija, i na kojima bi se ustanovilo stanje i zahtevi za štednju materijala i energije pomoću tribologije, a iz čega bi proizašla strategija za uštedu materijala i energije pomoću tribologije. Imajući u vidu nacionalnu važnost tih »okruglih stolova« i potrebu za sveobuhvatnom zastupljenošću, preporučujemo da učešće na njima bude besplatno.

2. Vlada bi trebalo da pozove industriju da uzme udela u studijama koje bi vodile ka zajedničkim istraživačkim projektima u oblastima u kojima se za najkraće vreme mogu ostvariti značajne uštede energije i sa njima povezane ekonomske uštede na nacionalnom nivou, sve pomoću razvoja i/ili primene tribloških principa i iskustava.

3. Vlada bi trebalo da organizuje ustanovljenje i distribuciju statističkih podataka koji bi omogućili ne samo njenim agencijama, već naročito industriji i drugima da ustanove ekonomske posledice i aspekte konzervacije povezane sa uštedama energije pomoću tribologije, kao i akcije koje bi trebalo preduzeti da se ti ciljevi ostvare.

5. ZAKLJUČCI

1. U tehno-ekonomskoj studiji koja je predmet ovoga rada stvorena je struktura istraživanja koja je omogućila identifikaciju i utvrđivanje ušteda energije pomoću tribologije. Nadamo se da će elementi te strukture biti korisni u daljem radu na ovome polju, bilo za dodavanje oblsati o kojima nije bilo reči u ovoj studiji, bilo za poboljšanje tačnosti procena.

2. Pokazano je da se primenom uglavnom poznatih tribloških znanja u zajednici sa izvesnim IR naporima u V. Britaniji mogu ostvariti uštede energije, kao i uštede povezane sa njima, reda 468—700 miliona funti godišnje. Takođe je pokazano da težište tih ušteda leži u transportnom sektoru, a ostale oblasti ušteda su metalurgija, prerađivačka industrija i proizvodnja električne energije. Date su preporuke kako ostvariti barem neke od tih ušteda. Njima se moraju dodati uštede u materijalima, održavanju, radnoj snazi i, naročito, izbegnuta stajanja mašina (elektrane, valjaonice, motorna vozila, mašine za pranje).

3. Autori veruju da su u praksi moguće za 25% veće uštede energije pomoću tribologije nego one navedene u studiji. Međutim, čak ako su i za 25 ili 50 procenata manje, imajući u vidu generalno mnogo veće dodatne uštede koje su neodvojivo povezane sa uštedama energije, iznos je još uvek dovoljno visok da opravda sve preporučene i druge odgovarajuće akcije od strane svih zainteresovanih.

6. POSTSKRIPTUM

24. januar 1981.

Posle predaje rukopisa ove studije u štampu, autori su dobili informaciju od sekretara savetodavnog komiteta za konzervaciju energije pomoću tribologije pri ASME (Američko udruženje mašinskih inženjera) da je u toku revizija Izveštaja ASME »Strategija za konzervaciju energije pomoću tribologije«, sa ciljem da se izveštaj dopuni i da se iz njega izostave izvesne potencijalne uštede koje bi se dobile na osnovu rezultata dugoročnih i »neizvesnih« istraživanja.

Preliminarne revidirane brojke pokazuju da bi ekvivalentni korigovani iznos za V. Britaniju bio oko 0,75 milijardi funti godišnje (cene iz 1980.), tj. bio bi reda veličine koji se približava konzervativno procenjenim britanskim iznosima iz ove studije koji leže između 468 i 700 miliona funti (cene iz 1980.), i koji ne uključuju 13 procenata potrošača energije (napr. sektor poljoprivredne mehanizacije).

ZAHVALNOST

U studiji ove vrste, autori se moraju osloniti na pomoć i saradnju mnogih ličnosti, pa se zato zahvaljuju svima onima iz industrije, istraživačkih organizacija i državne uprave koji su puno pomogli informacijama mnogih vrsta. Naročito se zahvaljujemo sledećim ličnostima:

Dr G. Alexander, Liverpool Polytechnic
Prof Dr Ing W. J. Bartz, Director, Technische Akademie Esslingen Fort-und Weiterbildungszentrum, W. Germany
Mr W. Bucknall, Senior Economist, Society of Manufacturers and Traders Limited
Dr Peter Burkhill, Thornton Research Centre, Shell International Limited
Mr A. E. Cichelli, Bethlehem Steel Corporation, USA
Dr F. J. P. Clarke, Research Director (Energy) and Mr K Maloney, Department of Energy

Mr J. Dodsworth, BL Technology Limited
Mr R. Evans, Department of Industry
Mr T. Garrett, Counsellor, Science and Technology, UK Embassy, Bonn
Mr George Halford, Chief Development Officer, The Ford Motor Company Limited
Dr Jörn Hansen, DFVLR, Cologne, West Germany
Mr Don Hays, General Motors Research Laboratory, USA

LITERATURA

(1) *Strategy for energy conservation through tribology,* ASME New York, Nov. 1977.
(2) *Lubrication (tribology) education and research,* (Jost Report),Department of Education and Science, HMSO, London, 1966.
(3) *The introduction of a new technology,* Department of Trade and Industry, HMSO 1973.
(4) GRAUE, G. *Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Tribologie,* (The Economic Importance of Tribology), Gesselschaft für Tribologie, Western Germany (unpublished), 1975.
(5) Final Report of the National Commission on Materials Policy to the Congress of the USA as reported at the Conservation of Materials Conference, Harwell, 26/27 March 1979. D. W. Ballard, Chairman of the Committee of the NCNP. Input from Federation of Materials Societies.
(6) Research Report T76—36 *Tribologie* (Code BMFT—FB—T76 36). Bundesministerium für Forschung und Technology (Federal Ministy of Research and Technology). West Germany, 1976.
(7) *Project 218 Tribologie,* German Society for Mineral Oil, Science and Coal Chemistry, Hamburg, West Germany, 1977.
(8) *Tribology—high losses due to friction and clear,* Federal Ministry of Research and Technology (BMFT) Newsletter (English Version), 3 June 1980, Bonn, FGR.
(9) HANSEN, J. BMFT Forderung Tribologie DFVLR Nach-chrichten (German Aerospace Agency's Bulletin) № 31, Nov. 1980.
(10) The President's industrial innovation activities, The White House Fact Sheet, White House Press Secretary, 31 Oct. 1979.
(11) Secretary announces fiscal 1981 Industrial innovation programs, *United States Department of Commerce News,* 4 Sept. 1980, and *Fact Sheets, Department of Commerce,* 4 Sept. 1980, pp. 1, 2, 5, 6, Department of Commerce, Washington DC.
(12) The tribologist's blue book. *Chart. Mech. Engr,* July 1966.
(13) BARNES, R. S. The energy involved in producting engineering materials. *Proc. Instn. Mech. Engers,* 1976, **190,** 153—162.
(14) ASHBY, M. J. and JONES, R. H. D. *Engineering Materials,* Pergamon Press, International Series on Materials Science and Technology, Vol. 34, 1980.
(15) *Digest of United Kingdom energy statistics,* Department of Energy, HMSO 1979.
(16) *Digest of United Kingdom eiergy statistics,* Department of Energy, HMSO, 1980.
(17) *Energy statistics year book supplement,* OECD Publication IEA, 1977.
(18) *The statesman's year book,* Newspaper Enterprises Association Incorp. 1979—80, USA.
(19) Private communication from Department of Transport, Swansea.
(20) HIRST and HERENDEEN, *Total energy demand for automobiles,* Society of Automotive Engineers, Publication N 730065, USA.
(21) SMITHSON, D. J. Energy savings in the UK iron and steel industry, *Energy World,* 1979.
(22) VEALE, J. Energy reduction in industrial manufacturing processes, Instituion of Mechanical Engineers Energy Committee. Private communication, Oct. 1980.
(23) WILSON, R. W. The contribution of the metallurgist to tribology. *J. ASLE,* May, 1980, **36,** 5, 263—269.
(24) WHITE, S. A dynamic programme. *New Scientist,* 3 July, 1975.
(25) WILSON, R. W. Investigation of failures. Metals and welding conference, California, USA, 1979.
(26) HAYES, D. General Motors Mechanical Engineering Laboratories, Warren, USA. Private communication.
(27) SEIREG, A. University of Wisconsin, as referred to in **(1).**
(28) *Research in tribology bearings,* A review published by the Science Research Council, Swindon, 1980.
(29) VOGELPOHL, G. Die Reibung ausriechend geschmierter Maschinenteile in Hinblick auf eine rationelle Energiewirtschaft. *Stahl und Eisen,* 1950, **70,** № 21, West Germany.
(30) BARTZ, W. J. Tribologie unde Schmierungstechnik. *VDI Nachrichten,* № 5, 1971, West Germany.
(31) JOST, H. P. Economic impact of tribology. Proceedings of the Mechanical Failures Prevention Symposium, 8—10 May 1974, US Department of Commerce, US Bureau of Standards.
(32) HOLLAND, J. Tribologie, Billion losses through friction and wear. *Fachberichte Hüttenpraxis Metallverabetung,* 1979, 732—733. West Germany (In German).
(33) MOORE, D. F. Tribology and energy savings. Tribology in Industry Conference and Exhibition, University of Leeds, September, 1980.
(34) MOORE, D. F. *Principles and applications of tribology,* Pergamon Press, Oxford, 1975.
(35) CICHELLI, A. E. and POPLAWAKI, J. V. Tribology and energy considerations in the rolling of steel. Bethlehem Steel Corporation, ASLE Annual Meeting 1980.
(36) PINKUS, O., DECKER, O. and WILCOCK D. F. How to save 5% of our energy *Mech. Engng,* Sept. 1977.
(37) *Energy consumption in manufacturing,* Conference Board, Ballinger Publishing Co., Cambridge, Mass, 1974.
(38) JOHNSON, R. L. Conservation of lubricants, materials and energy. Chapter 27 of ASLE Handbook, in preparation, American Society of Lubrication Engineers.
(39) *Evaluation of energy use,* The Watt Committee on Energy, Nov. 1977.
(a) JACQUES, J. K. Capital goods their energy costs.
(b) ALEXANDER, W. O. Total energy content and costs of some significant materials in relation to their properties and availability.
(40) HARRSI, P. The aims, methods and uses of energy. *Applied Energy,* 1978, 4.
(41) *CEGB statistical year book 1979—80.* Central Electricity Generating Board, London.
(42) *Wear Control Handbook,* ASME, New York, 1980.
(43) ROLIDE, S. M., WILCOCK, D. F. and CHANG, H. S. Energy conservation through fluid film lubrication technology. *Frontiers in research and design,* ASME, New York, 1979.
(44) WAHL, W. *Verschleissminderung im Hüttenwerk. Schmierungstechnik,* 1978, **9,** 6, GDR. Based on *Eisen und Stahl,* 1976, **96,** № 19.
(45) STUBBS, P. W. R. The development of a Perbury traction transmission for motor car applications. Century 2 International Power Transmission and Gear Conference, San Francisco, August 1980. *Trans. ASME, J Mech. Des.,* 1980.
(46) The fourth survey of machine tools and production equipment in Britain. *Metalworking Production,* London, 1977.
(47) MORTON, P. G. Measurements of the dynamic characteristics of a large sleeve bearing. *Trans. ASME* Paper 70-LUB-14/1971.
(48) Business Statistics Office, Deparment of Industry. Verbal communication, 1980.
(49) *Guide to short term statistics on manufacturing sales.* p 1001. Department of Industry Business Statistics Office, 1980.
(50) BARTZ, W. J. Gedanken zur Kraftstoffeinsparung durch reibungssenkende Motoren-und Getrieböle. Technical Academy, Esslingen, West Germany, 1980.
(51) PINKUS, O. and WILCOCKS, D. F., The role of tribology in energy conservation. ASLE Paper 78-AM-3A-1, 1978.
(52) McGEEHAM, J. A. Literature review of the effects of piston and ring friction and lubricating oil viscosity on fuel economy. SAE Paper 78-0673, 1978.
(53) LONSTRUP, T. F., BACHMAN H. E. and SMITH, C. R. Testing the fuel economy characteristics of engine oils. SAE Paper 79-0949, 1979.

DODATAK 1

Pregled rezimea američkog plana IR rada

Oblast rada	Vrsta energije	Potencijal. uštede energije: Procenat američke potrošnje	Milijardi dolara godišnje	Procenjeni IR troškovi mil. dolara	Koeficijent iskorišćenja
Drumski transport	Nafta	7,4	11	12,6	87
Industrijska oprema i procesi	Sve vrste	0,2	0,30	2,1	14
Proizvodnja el. energije	Sve vrste	0,5	0,75	5,2	14
Turbomašine	Sve vrste	2,8	4,2	3,7	113
UKUPNO		10,9	16,25	23,6	

Zahvalnica

Redakcija časopisa »Tribologija u Idustriji« zahvaljuje se autorima

Dr H. PETER DŽOSTU i Dr DŽ. SKOFILDU

na dozvoli prevođenja ovog rada na srpskohrvatski jezik i prezentiranja jugoslovenskoj javnosti.

Redakcija

POZIVAMO VAS NA PRETPLATU PUBLIKACIJE

Produktivnost i ekonomičnost u industriji prerade metala

Uplatu izvršiti na žiro račun: Mašinski fakultet u Kragujevcu 61700-603-495 SDK Kragujevac.

Cena publkacije: 600 din.

$$\text{Koef. iskorišćenja} = \frac{\text{uštede}}{10 \times \text{cena IR rada}}$$

Spisak glavnih zadataka

Glavni ciljevi koje bi trebalo dostići u gornje četiri oblasti rada su:

A. Drumski transport

- Kontinualno varijalibna transmisija (CVT): postići da automobilski motor stalno radi u blizini maksimalnog iskorišćenja i omogućiti upotrebu sistema za akumuliranje enegrije kočenja.
- Adijabatski dizel motor: eliminisati, ili bar minimizirati, potrebu za hlađenjem mootra i na taj način postići značajno poboljšanje iskorišćenja termodinamičkog ciklusa putem rekonstrukcije motora.
- Motorna i osovinska ulja male viskoznosti: uštedeti blizu 200 miliona barela nafte godišnje smanjenjem unutrašnjeg trenja.

B. Proizvodnja električne energije

- Ležišta sa malim trenjem: smanjiti visoke gubitke u velikim turbulentnim ležištma električnih agregata.
- Poboljšani zaptivači: smanjiti gubitke radnog fluida pored vrhova lopatica i kroz labirintske zaptivače.

C. Turbomašine

- Ciljevi iz prethodne tačke važe i ovde.
- Kotrljajuća ležišta za velike brzine (> 3 miliona DN): omogućiti konstrukciju kompaktnijih i efikasnijih turbina i kompresora.
- Ležišta sa procesnim fluidom: olakšati primenu procesnog fluida kao maziva, što je tema od rastućeg značaja u energetski štedljivim mašinama budućnosti.

D. Industrijske mašine i procesi

- Ublažavanje trenja i habanja: kada se ovome dodaju indirektne uštede u opremi i materijalima dolazi se do, za sada nepoznatog, ali svakako značajnog potencijala za povratak uloženih sredstava.

DODATAK 2

Procena IR projekta

Programska oblast	Tehnologija	Broj projekta	Naslov projekta
I Drumski transport	Prenosnici	P-1	Studija vučnog kontakta
		P-2	Reologija vučnih fluida
		P-3	Razvoj vučnih fluida
		P-4	Koncepti i konstrukcije vučnih prenosnika
		P-5	Aksijalno ležište za CVT
		P-6	Materijali za vučne prenosnike
		P-7	Razvoj i testiranje prototipa vučne CVT
	Klipni prstenovi	P-8	Analitički model podmazivanja prstenova
		P-9	Studije optimizacije klipnih prstenova
		P-10	Merenje gubitaka na klipnim prstenovima
		P-11	Materijal i prevlake za klipne prstenove
	Adijabatski dizel	P-12	Prevlake za ekstremne temperature
		P-13	Koncepti i tehnika podmazivanja na ekstremno visokim temperaturama
		P-14	Sistem podmazivanja adijabatskog dizela
		P-15	Klip koji pliva na gasu (za adjabatski dizel)
	Viskometrija	P-16	Maziva za automobilske motore I
		P-17	Maziva za automobilske motore II
		P-18	Maziva za automobilske motore III
II Proizvodnja električne energije	Turbulentna ležišta sa slabim trenjem	P-19	Ležišta podmazivana vodom (za centrale)
		P-20	Visoko-temperaturni materijali slični Babit-metalu
		P-21	Smanjenje gubitka snage u turbulentnim ležištima
		P-22	Mehanizmi turbulencije i inercije u hidrodinamičkim ležištima
	Zaptivanje gasova	P-23	Aktivno regulisanje koncentričnosti labirintskih zaptivača
III Turbomašine	Kotrljajući ležajevi: $DN > 3{,}0 \times 10^6$	P-24	Konstrukcija kaveza i podmazivanje malih kugličnih ležajeva za velike brzine
		P-25	Razvoj materijala za elemente kotrljajućih ležišta sa visokom otpornošću prema lomu
		P-26	Analiza i razvoj ležišta sa cilindričnim valjcima za 3,5 miliona DN operacija
		P-27	Ležišta sa koničnim valjcima za 3,5 miliona DN operacija
		P-28	Serijsko hibridno ležište
	Ležišta sa procesnim fluidom	P-29	Ležište hlađena rashladnim fluidom
		P-30	Ležišta za kompresore kiseonika
		P-31	Ležišni materijali u vidu folije
	Zaptivanje gasova	P-32	Potrošni vrhovi lopatica i kućišta
		P-33	Aktivno regulisanje zazora vrha lopatice
IV Industrijske mašine i procesi	Habanje	P-34	Mehanizam habanja stranim česticama
		P-35	Priručnik za sprečavanje habanja
	Obrada metala	P-36	Mehanizam valjanja metala
		P-37	Obrada metala
V Podrška		P-38	Dokumentacija energetsko-triboloških statistike
		P-39	Aplikacioni smpozijumi
		P-40	Savetodavni odbor

* Pored direktnih ušteda uključuje i očuvanje energije ostvareno poboljšanjima efikasnosti ciklusa i uštede energije u proizvodnji materijala i opreme

Procenjeni IR troškovi		Kriterijumi						
		A Potencijalne uštede			B	C	D	
hiljada dolara godišnje	godina	procentualna potrošnja u SAD	milion barela godišnje	tip goriva	tehnička ostvarljivost	ekonomska ostvarljivost	interesovanje javnosti i industrije	prioritet projekta
250 150 200 300 150 300 600	4 3 3 2 2 3 3	4,5	560	nafta	srednja	visoka	izražen	A
100 200 250 200	3 3 3 4	0,2	25	nafta	srednja srednja visoka srednja	visoka	izražen	A
200 200 200 150	4 3 3 3	3,0	390	nafta	slaba	srednja	srednji	A
375 500 100	2 2 3	1,8	220	nafta	srednja	srednja	srednji	A A B
200 100 200 100	4 3 2 2	0,1	12	sva osim nafte	visoka slaba visoka visoka	srednja visoka visoka visoka	slab izražen srednji srednji	B
100	4	0,13	15	sva osim nafte	srednja	srednja	srednja	B
150 150 125 150 100	3 3 3 4 3	0,5	60	nafta	visoka slaba srednja srednja visoka	srednja	srednji	B
100 300 200	3 2 4	0,1—1,0	12—120	sva	srednja	srednja	srednja	B
250 150	3 4	0,1	10	sva	srednja	srednja	srednja	B
100 50	5 3	1,3	160	sva	srednja	visoka	izražen	A
100 500	5 5	1,5—3,0	180—360	sva osim nafte	slaba	slaba	slab	C
50 30 100	6 6 6							A

DODATAK 3

Izvod iz Izveštaja Nemačkog federalnog ministarstva za istraživanja i tehnologiju BMFT-FB-76-38

Preporučeni kooperativni IR projekti

Grupa 1	Suvo trenje
Podgrupa 1.1	Trenje čvrstih tela
Podgrupa 1.2	Abrazivno habanje
Grupa 2	Trenje fluida
Podgrupa 2.1	Hidrodinamika
Podgrupa 2.2	Elastohidrodinamika
Grupa 3	Granično trenje
Grupa 4	Merenje i ispitivanja
Grupa 5	Materijali i maziva
Podgrupa 5.1	Materijali
Podgrupa 5.2	Maziva
Grupa 6	Proizvodni procesi
Grupa 7	Tribološki ispravno
Grupa 8	konstruisanje
	Održavanje

Svaka grupa preporučenih projekata sastoji se od uvoda, detaljne postavke problema, objašnjenja sadašnjeg stanja tehnologije i problema, očekivanih rezultata IR rada, izabrane IR projekte (detaljno) i, konačno, IR projekte čije se izvršenje za sada odlaže.

IR PROJEKTI IZVEŠTAJA BMFT, SA PROCENJENIM TROŠKOVIMA (6), IZRAŽENIM U MARKAMA I FUNTAMA STERLINGA

Procene uključuju deo troškova koje bi podnela industrija u slučajevima gde to dolazi u obzir

Grupa 1. Suvo trenje		U hiljadama DM (1975.)	funti (1980.)
Podgrupa 1.1. Suvo trenje			
Projekat 1.1/01	Kočnice i spojke	495	177
1.1/02	Ekstremni uslovi habanja	1445	518
1.1/03	Nagrizajuća korozija	2155	773
1.1/04	Nepodmazivana ležišta	2735	980
1.1/05	Električni kontakti	2400	860
1.1/06	Zahtevi za toplo i hladno valjanje	980	351
Izabrano IR projekata	6	10210	3659
Identifikovano ali odloženo	4		
Podgrupa 1.2. Abrazivno habanje			
Projekat 1.2/01	Vađenje uglja, uklj. lignit (podzemno i površinsko)	2700	968
1.2/02	Metalurgija gvožđa i čelika (sinter pogoni)	330	1182
1.2/03	Metalurgija gvožđa i čelika (visoke peći)	3150	1129
1.2/04	Mlinovi (ugalj i cement)	760	272
1.2/05	Plastični i sintetički materijali	1825	654
1.2/06	Erozivno habanje (kontaminiranim tečnostima ili gasovima)	110	394
1.2/07	Abrazivno i erozivno habanje	2915	1045
1.2/08	Sistemski pristup abrazivnom habanju	600	215
Izabrano IR projekata	8	16350	5859
Identifikovano, ali odloženo	7		

Grupa 2. Trenje fluida		U hiljadama DM (1975.)	funti (1980.)
Podgrupa 2.1. Hidrodinamika			
Projekat 2.1/01	Merenja u običnim ležištima	4450	161
2.1/02	Ležišta turbina	933	334
2.1/03	Ograničenja opterećenja	327	117
2.1/04	Deformacija ležišta	997	350
2.1/05	Zamor običnih ležišta	543	195
2.1/06	Kavitacija	501	180
2.1/07	Klipni prsten — cilindar	1030	369
2.1/08	Ležišta podmazivana gasom	132	47
Izabrano IR projekata	8	4893	1753
Identifikovano, ali odloženo	15		
Podgrupa 2.2. Elastohidrodinamika			
Projekat 2.2/01	Dinamička promena viskoznosti	265	95
2.2/02	Mikro EHD	685	245
2.2/03	Ne-izotermna EHD	495	177
2.2/04	Nestabilna EHD	605	218
2.2/05	EHD oblika zubaca	604	216
2.2/06	Otpornost kotrljanja	530	190
2.2/07	Mehanizam pitinga	165	59
2.2/08	Radijalni zaptivači	420	151
Izabrano IR projekata	8	3769	1351
Identifikovano, ali odloženo	10		

Grupa 3. Granično trenje		DM (1975.) U hiljadama	funti (1980.)
Projekat 3.4/01	Obična ležišta za konvejere	70	25
3.4/02	Viljuške za promenu stepena prenosa	200	72
3.4/03	Hidraulične spojnice	380	136
3.4/04	Orpema za sinhronizaciju	200	72
3.4/05	Obična ugljenična ležišta	210	75
3.4/06	Ležišta spojnica	600	215
3.4/07	Podmazivanje lanaca	330	118
3.4/08	Čvrsti aditivi za maziva	130	47
Izabrano IR projekata	8	2120	760
Identifikovano, ali odloženo	21		

Grupa 4. Postupci merenja i ispitivanja			
Projekat 4.4/01	Tribološki zahtevi	2170	778
4.4/02	Uslovi habanja u pokretnim mašinama	1095	392
4.4/03	Usklađivanje merenja	4210	1508
4.4/04	Eksperimentalna oprema	1350	484
4.4/05	Tehnika primene radioaktivnih izotopa	1160	416
4.4/06	Tehnika merenja hrapavosti	870	312
4.4/07	Kontaminacija	883	318
4.4/08	Planiranje i ocenjivanje	930	333

Izabrano IR projekata	8	12673	4541
Identifikovano, ali odloženo	11		

Grupa 5. Materijali i maziva

Podgrupa 5.1. Materijali

Projekat 5.1/01	Otpornost na kotrljanje	1690	606
5.1/02	Temperaturno otporni alatni čelici	473	169
5.1/03	Čelici za hladnu obradu	284	102
5.1/04	Nitridne prevlake	425	152
5.1/05	Boridne i karbidne prevlake	510	183
5.1/06	Prevlačenje u gasnim fazama	1260	453
5.1/07	Prevlake od raspršenih metala	610	219
5.1/08	Prskanje plazmom	553	198
5.1/09	Radno otvrdnuti slojevi	160	57
	Pretp.	200	72
5.1/10	Materijali za obična ležišta	1156	414
5.1/11	Prevlake od raspršenog čvrstog maziva	3040	1089
5.1/12	Rezne osobine legiranih čelika	400	143
	Pret.	400	143
5.1/13	Hladno oblikovanje (krupno)	400	143
5.1/14	Razne osobine austenitnih čelika	500	179
Izabrano IR projekata	14	12061	4322
Identifikovano, ali odloženo	6		

Podgrupa 5.2. Maziva

Projekat 5.2/01	Osobine pri hladnom startu	439	157
5.2/02	Viskoznost na visokoj temperaturi	120	43
5.2/03	Stabilnost pri razmazivanju	60	22
5.2/04	Potrošnja ulja	130	47
5.2/05	Anti-oksidatori	86	31
5.2/06	Dvostruki rafinati	90	32
5.2/07	Sintetička maziva	1400	501
5.2/08	Osobine penušavosti	128	46
Izabrano IR projekata	8	2453	879
Identifikovano, ali odloženo	20		

Grupa 6. Proizvodni procesi

Projekat 6.4/01	Metode ispitivanja osobina maziva	3838	1375
6.4/02	Poboljšanja maziva	479	172
	Pretp.	900	322
6.4/03	Toplo oblikovanje metala	2018	723
6.4/04	Hladno oblikovanje metala	1802	646
	Pretp.	300	108
6.4/05	Rezanje metala	1507	540
	Pretp.	600	215
6.4/06	Sečenje metala	569	204
	Pretp.	300	108
6.4/07	Proizvodnja i obrada stakla	537	192
Izabrano IR projekata	7	12850	4605
Identifikovano, ali odloženo	36		

Grupa 7. Triboloski ispravno konstruisanje

Projekat 7.4/01	Višestruka obična ležišta	730	262
7.4/02	Zaptivači	2152	772
7.4/03	Hidraulički konst. elementi	777	278
7.4/04	Magnetska ležišta	325	116
7.4/05	Puževi i pužni prenosnici	252	90
7.4/06	Deformacije kućišta zupčanika	390	140
7.4/07	Podesiva klizna i kotrlj. ležišta	360	129
7.4/08	Kretanje masti u kotrlj. ležištima	858	307
Izabrano IR projekata	8	5844	2094
Identifikovano, ali odloženo	11		

Grupa 8. Održavanje

Projekat 8.4/01	Održavanje: klasifikaconi sistem otpornosti na habanje	460	165
8.4/02	Distorzija cilindra: habanje tokom razrađivanja	500	179
8.4/03	Stolovi za valjanje i motalice	3050	1093
8.4/04	Kranska užad: vek habanja	280	100
8.4/05	Zupčaste spojnice	260	93
8.4/06	Dizel motori: vek i zaštita okoline	190	68
8.4/07	Predgrevanje ulja: maksimalno dozvoljene granice temperature	60	22
Izabrano IR projekata	7	4800	1720
Identifikovano, ali odloženo	12		

	DM	funti
UKUPNI ZBIR (videti Napomenu 1):	88023	31543

Napomena 1. Konverzija: U oktobru 1975. srednji kurs funte iznosio je 5,35 DM. Izvor: Engleska banka. Između oktobra 1975. i oktobra 1980. u V. Britaniji inflacija je iznosila 91%. Izvor: Centralna statistička služba.

Napomena 2. Za šest projekata iz prethodno navedenih grupa nedostajale su izvesne komponente cena, pa su morale biti pretpostavljenje (označene su sa Pretp.).

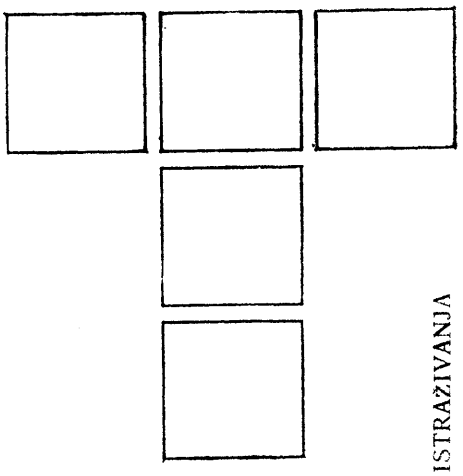
Napomena 3. Nemački izveštaj (6) sadrži detalje svakog projekta, uključujući ciljeve, metod pristupa i primenjenu organizaciju.

POSTSKRIPTUM
4. februar 1981.

Do dana kada je predavanje održano, BMFT je zaključilo ugovore za 98 projekata u vrednosti od 24 miliona maraka (od 35,5 miliona).

UDK 621.89(083.1):621.9.06

N. ORLIĆ



Neophodni ugovorni uslovi i zahtevi u pogledu tehničke dokumentacije o podmazivanju pri kupovini alatnih mašina*)

UVOD

Danas slobodno možemo reći da podmazivanje alatnih mašina i održavanje njihovih sistema podmazivanja, počinje sa sklapanjem ugovora. Ovo tim pre, što se zna da su alatne mašine često pojedinačni, ili po narudžbini, a najčešće maloserijski proizvodi, sa specijalnom problematikom uključivanja u industrijsku proizvodnju.

Velike radne organizacije u metaloprerađivačkoj industriji imaju alatne mašine iz različitih zemalja sveta. Broj ovih mašina po nameni, njihovim proizvođačima, kao i standardima prema kojima su rađeni je veliki.

Iz ovoga proističu sledeće negativnosti:

- ☐ veliki broj raznovrsnih originalnih maziva (često nalazimo u normalnoj upotrebi i po pedeset vrsta maziva u jednoj radnoj organizaciji;
- ☐ raznovrsnost u načinu prikazivanja Uputstva za podmazivanje, na primer prema: DIN 8659, NF E 60-201 i skoro svaki proizvođač alatnih mašina po svom nahođenju;
- ☐ raznovrsnost u načinu prikazivanja i značenja simboličnih oznaka maziva, naprimer prema: DIN 51502, NF E 60-200, NEN 23571, BS 4412 i njima slični nacionalni tj. državni standardi i njihovi sinonimi, kao i interne oznake proizvođača mašina i proizvođača maziva;
- ☐ raznovrsnost u načinu prikazivanja crteža za sisteme podmazivanja;
- ☐ veliki broj proizvođača, čiji su različiti sistemi podmazivanja ugrađeni na alatne mašine i u alatne mašine;
- ☐ ima slučajeva da tehnička dokumentacija za podmazivanje i sisteme podmazivanja ne odgovara stvarno izvedenom stanju na alatnim mašinama, itd.

Sa gledišta podmazivanja i održavanja sistema podmazivanja, napred izneto ima za posledicu da alatnim mašinama, dok su u garantnom roku, odnosno vremenu razrade, treba da pružimo najveću negu mi se bavimo problematikom koju je trebalo pre kupovine same mašine rešiti. O dodatnim troškovima i da ne govorimo.

Službe podmazivanja to pravdaju time da im je za uspešno sprovođenje u život planskog programa podmazivanja, neophodno da imaju svoju jednoobraznu, tj. standardnu dokumentaciju za podmazivanje. Ovo je sa gledišta pomenute službe opravdano, jer da to ne rade, moglo bi se desiti da saznaju za neke prenosnike snage sa mazivim punjenjima posle nekoliko godina, ili kad se na pomenutim prenosnicima dogode veliki kvarovi i dr.

Danas je cena maziva i radne snage u stalnom porastu. Dobra služba za podmazivanje, njena oprema, tehnička dokumentacija i dr. su relativno skupi, ali i pored toga dobra služba za podmazivanje se višestruko isplati radnoj organizaciji.

Odgovorni stručnjaci za pripremu dokumentacije za kupovinu alatnih mašina i rukovodioci za potpise ugovora od strane kupca, želeli su i ranijih godina da pomognu svojim službama podmazivanja, ali za to nisu imali odgovarajuće zakonske ni standardne podloge, iz ovih tehničkih oblasti i područja delatnosti.

S obzirom na nestašicu nafte i naftinih proizvoda, kupci alatnih mašina dovedeni su u situaciju da moraju ubuduće o tome voditi više računa pri potpisivanju ugovora. Da li će se za novokupljene mašine u narednom vremenu imati obezbeđena domaća maziva za alatne mašine? Ovaj rad im uglavnom to omogućava, jer se ugovorom (od strane kupca) uslovljava obavezna primena samo onih maziva, koja skoro sve zemlje moraju imati i pri težoj energetskoj krizi nego što je danas.

Zahvaljujući dugogodišnjoj uspešnoj saradnji na međunarodnom planu između Tehničkih komiteta za naftu i naftne proizvode — ISO/TC 28. i alatne mašine — ISO/TC 39, ostvarena je dugogodišnja želja koja je za mnoge pre jedne do pet godina predstavljala samo dugo željeni cilj. Postignuti dogovori u standardima ISO su u duhu Zakona o standardizaciji — Sl. SFRJ br. 38 od 1977. god. i oni se sa gledišta ove teme mogu označiti kao jedan od najznačajnijih napredaka ovog stoleća u oblasti tehnike podmazivanja.

Ovaj rad takođe ima za cilj, da podstakne na razmišljanje i aktivnost: radne organizacije; članove Saveza društava za primenu goriva i maziva Jugoslavije — JUGOMA; članove Jugoslovenskog udruženja za održavanje i organizaciju sredstava rada — YUMO; kao i nadležne iz standardne, normativne i zakonodavne delatnosti sa stanovišta tehničke dokumentacije, kvaliteta i zaštite potrošača u oblasti tehnike podmazivanja i održavanja alatnih i drugih proizvodnih mašina. Ovo iz razloga, jer se u nas oseća praznina iz standardno-zakonskih regulativa iz područja »Uslovi i zahtevi, koji moraju biti ispunjeni pri projektovanju, odnosno nabavci alatnih i drugih proizvodnih mašina« i tome slično, kao primer npr.: JUS za alatne mašine — Priručnici i tehnička dokumentacija.

UPUTSTVO ZA PODMAZIVANJE

Uputstvo za podmazivanje mora da odgovara stvarnom stanju alatne mašine, koja je predmet ugovora i da bude usklađeno sa najnovijim izdanjem ISO 5169, odnosno odgovarajućeg JUS-a.

---

* Referat na XIV Simpozijumu JUGOMA u Splitu, 22—24. oktobra 1980.

Na govornom jeziku kupca, jedan primerak Uputstva za podmazivanje biće u čvrstoj izvedbi postavljen na mašini. Drugi primerak ovog uputstva nalaziće se u Uputstvu za rukovanje i održavanje mašine. Uputstvo za podmazivanje, koje se postavlja na alatnu mašinu biće na metalnoj ploči, odnosno tablici sa žutom podlogom, crnom štampom i ilustrovano: planom, shemom, fotografijom, itd., sa primenom odgovarajućih simbola.

Kako se prikazuje Uputstvo za podmazivanje prema ovom standardu, vidi se na uzorku za primer Uputstvo za podmazivanje brusilice, koji kupac prilaže na svom govornom jeziku.

SIMBOLI ZAMENE MAZIVA

Simboli zamene maziva treba da budu sa žutom podlogom i crnom štampom, na metalnoj tablici odnosno pločici, dimenzije: 40 x 40 mm, postavljeni na mišini u čvrstoj izvedbi kod mesta intervencije. Na svakom simbolu zamene maziva, nalaziće se simbolične oznake sa sledećim sadržajem uputa intervencije:

- □ № . . . mesta intervencije iz Uputstva za podmazivanje mašine;
- □ simbol za vrstu intervencije prema ISO R 369, odnosno JUS M.GO.067 i oznaka maziva prema ISO 3498;
- □ simbol za vremenski interval prema ISO 5169 i časovi rada, koje odredi proizvođač mašine.

Kako se prikazuju simboli zamene maziva na alatnoj mašini, vidi se na primeru A u ISO 5169 od 1977. god., odnosno na primerima A, B i C u prilogu ovog referata.

MAZIVA ZA ALATNE MAŠINE

Sva maziva koja proizvođač mašine preporučuje za ugovornu mašinu, Uputstvom za podmazivanje i simbolima zamene maziva, moraju da budu prema najnovijem izdanju Klasifikacije maziva za alatne mašine — ISO 3498.

SISTEMI PODMAZIVANJA

Najviše se dozvoljava deset mesta sa pojedinačnim, odnosno ručnim podmazivanjem, na jednoj alatnoj mašini.

Svi ostali sistemi podmazivanja biće sa:

- □ sopstvenim pogonom, ili pogonom mašine, i
- □ automatskim sistemom, koji za slučaj kvara isključuje mašinu.

Pri tome se mora rukovaoc mašine obavestiti svetlosno, ili zvučno o mestu smetnje na odnosnom sistemu podmazivanja.

Prodavac mašine će u Uputstvu za rukovanje i održavanje mašine dostaviti kupcu prikazane sheme razvoda svih ugrađenih sistema podmazivanja, sa specifikacijom svih delova i sugestivnom listom rezervnih delova, kao i Uputstvo za održavanje ovih sistema.

Svi ugrađeni filteri, odnosno prečistači za ulje u mašini i na mašini moraju da budu pristupačni za lako održavanje i da imaju uočljive pokazivače stepna zaprljanosti.

Za sve zamenljive filterske elemente, odnosno uloške prečistača za ulje, kupac uzima za svako mesto ugradnje u mašini i na mašini po tri rezervna filterska elementa, odnosno uloška filtera, sa pripadajućim zaptivkama.

Prodavac garantuje da će sheme i ugrađeni sistemi podmazivanja za ugovornu mašinu biti usklađeni sa najnovijim izdanjem ISO 5170 i, ukoliko je potrebno, dopunjeni sa ISO 1219, ili sa odgovarajućim nacionalnim standardima, ili njihovim sinonimima, na primer: DIN 24271 deo 2.

Prema shemama proizvođača mašine i odgovarajućim standardima, izvršiće se funkcionalni i kvalitativni prijem svih ugrađenih sistema podmazivanja na mašini.

ZAKLJUČCI

Dobra tehnička dokumentacija, iz područja podmazivanja i sistema podmazivanja, je osnovni preduslov za dobar i siguran program organizacije rada službe podmazivanja.

Možemo smatrati, da je tehnička dokumentacija, odnosno ISO-standardi, koji su navedeni u ovom referatu za sada najprihvatljiviji, iz razloga, jer su ih usvojile mnoge zemlje pa i Jugoslavija. Na osnovu njih rade se prema principu usklađivanja nacionalni standardi, na primer: DIN 8659 deo 1 i deo 2 su uglavnom usklađeni sa ISO 5169 i ISO 3498, a ISO 5170 je sada DIN ISO 5170. Iz oblasti alatnih mašina (grana JUS-a M.GO.) u pripremi su u području delatnosti sledeći JUS-standardi:

- □ prikazivanje Uputstva za podmazivanje, i
- □ sistemi podmazivanja.

Uvođenjem u život navedene tehničke dokumentacije, radne organizacije mogu da očekuju smanjenje troškova održavanja i materijalnu dobit. Kako je ova dokumentacija novijeg vremena, to nemamo tačne pokazatelje o materijalnoj dobiti. Uvida radi, navešćemo neke literaturne pokazatelje, koji su ostvareni u radnim organizacijama, gde je dobra organizacija rada službe podmazivanja mašina i službe održavanja mašina:

- □ smanjenje broja maziva za preko 10%;
- □ duži vek mašina u eksploataciji za preko 20%;
- □ povećanje proizvodnje za oko 3%; i
- □ povećanje čistog prihoda za oko 4%.

Sa primenom standarda broj maziva za alatne mašine može se i za preko 50% smanjiti (vidi Maziva za alatne mašine DIN 8659 deo 2 od aprila 1980).

ZAHVALNICA

Za kritičke primedbe i konstruktivne predloge, stručnjacima iz ovog ili graničnih područja delatnosti, biću veoma zahvalan.

LITERATURA

1. — ISO 5169 — 1977 — Machine tool — Presentation of lubrication instruction
2. — ISO 3498 — 1979 — Lubricants for machine tool — Classification
3. — ISO 5170 — 1977 — Machine tool — Lubrication systems
4. — ISO 1219 — 1976 — Fluid power sistems and components — Graphic symbols
5. — JUS M.GO.067 (ISO/R 369 — 1964) — Simbolične oznake na mašinama alatkama i drugim proizvodnim mašinama — Osnovne oznake, 1969. god.
6. — BS 3642: Part 1 : 1971 — Symbols for machine tools — Part 1. General symbols
7. — Entwurf DIN 24271 Teil 2 — Zentralschmieranlagen — Graphische Simbole, 1979. god.
8. — Sl. list SFRJ broj 38 od 1977. god. — Zakon o standardizaciji
9. — DIN ISO 5170 — Werkzeugmaschinen — Schmieranlagen, 1980. god.
10. — DIN 8659 Teil 1 — Werkzeugmaschinen — Schemierung von Werkzeugmaschinen — Schmieranleitungen, 1980. god.
11. — DIN 8659 Teil 2 — Werkzeugmaschinen — Schmierung von Werkzeugmaschinen — Schmierstoffauswahl für spanende Werkzeugmaschinen, 1980. god.
12. — EMIL REJEC: Terotehnologija — Suvremena organizacija održavanja sredstava, »Informator« — Zagreb, 1974. god.
13. — MIODRAG MITRAŠINOVIĆ: Iz inostrane prakse — Posledice nepravilnog podmazivanja, časopis: Tehnika podmazivanja i primena goriva (Godina V, 1966., broj 2)

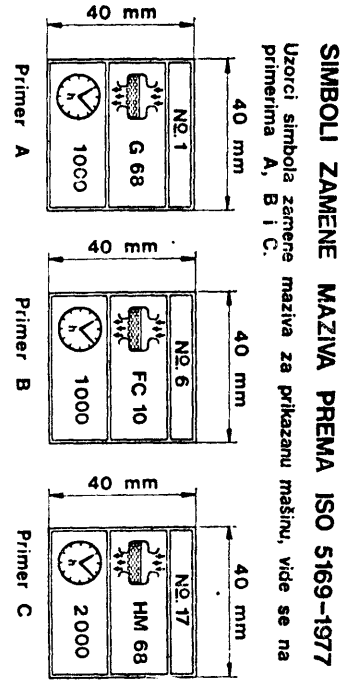
Prilog: 1. Uputstvo za podmazivanje brusilice.
2. Simboli zamene maziva za prikazanu mašinu.

UPUTSTVO ZA PODMAZIVANJE

Naziv mašine: BRUSILICA ZA OKRUGLO SPOLJNO I UNUTARNJE BRUŠENJE **Proizvođač: . . . . . Tip: . . .**

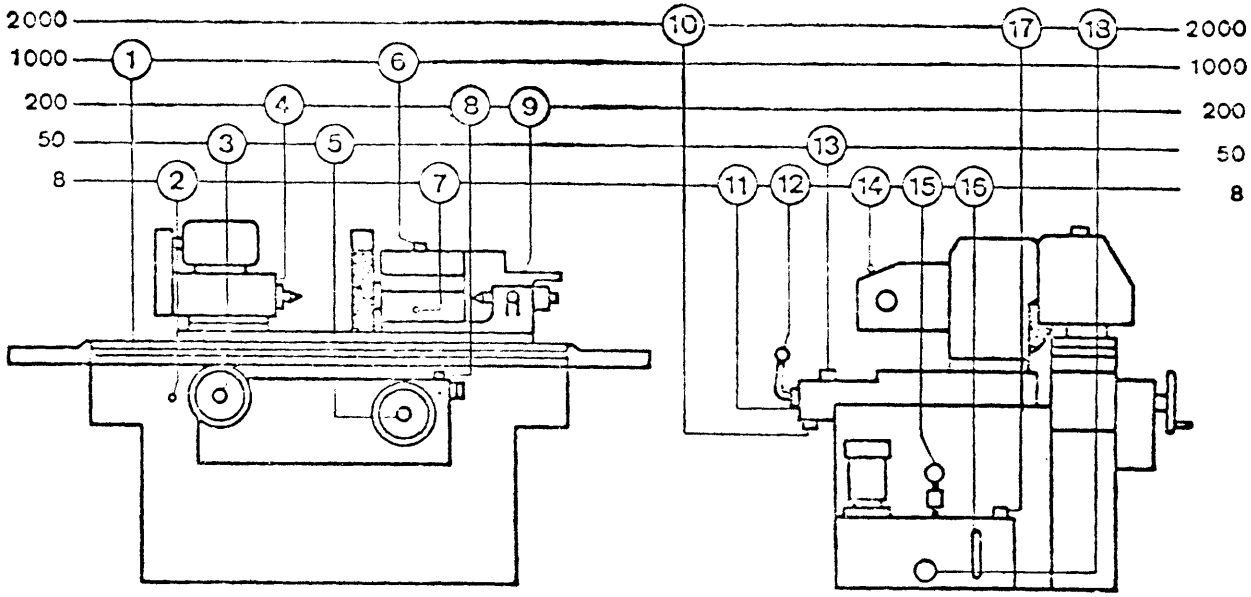
SIMBOLI ZAMENE MAZIVA PREMA ISO 5169-1977

Uzorci simbola zamene maziva za prikazanu mašinu, vide se na primerima A, B i C.



PS. SIMBOLI ZAMENE MAZIVA NA ALATNIM MAŠINAMA su deo područja SIMBOLA PODMAZIVANJA NA ALATNIM MAŠINAMA. Na prikazanim primerima A, B i C, oznake maziva su prema ISO 3498-1979.

Časova rada



PAŽNJA! OČISTITI SVAKO MESTO PRE PODMAZIVANJA

Mesto podmazivanja		Klizne vođice stola		Ručni posmak stola	Radno vreteno	Ručni posmak tocila	Vreteno za spoljno brušenje		Fini posmak tocila	Nosač šiljka	Klizne vođice brusnih saonica				Vreteno za unutarnje brušenje	Hidraulični sistem			
Mesto intervencije №		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Vrsta intervencije \ Simbol intervencije																bar			
Kontrolisati	(h)															8			
Kontrolisati i ako treba dopuniti do označenog nivoa	(h)		8					8				8					8		
Pokrenuti rucicu	(h)												8						
Dopuniti	(h)			50	200	50			200	200				50	8				
Očistiti i/ili zameniti	(h)										2000								2000
Izprazniti i napuniti	(h)	1000					1000											2000	
Oznaka maziva prema ISO 3498-1979		G 68		G 68	XM 2	G 68	FC 10		G 68	G 68	G 68				FD 5	HM 68			
Oznaka maziva prema JUS B.H																			
Količina punjenja	(l)	2		0,3	0,1	0,3	1,5		0,1	0,1	4				0,2	75			

Usklađeno prema ISO 5169-1977