

tribologija u industriji

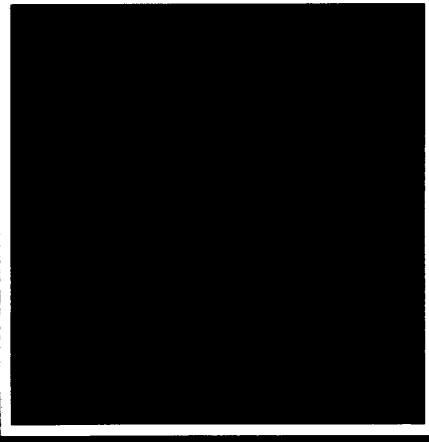
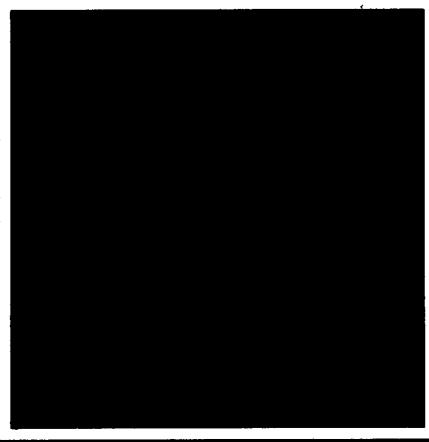
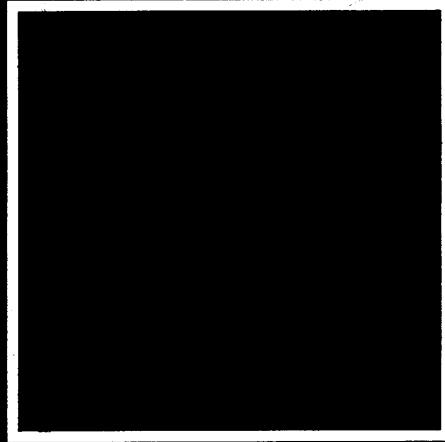
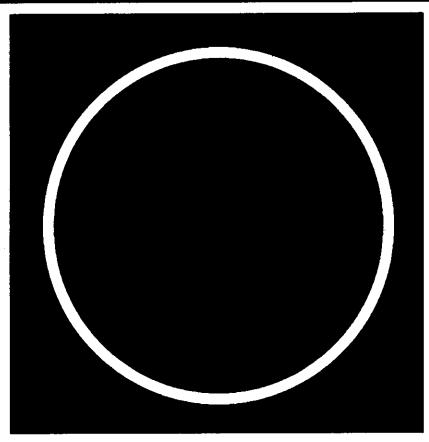
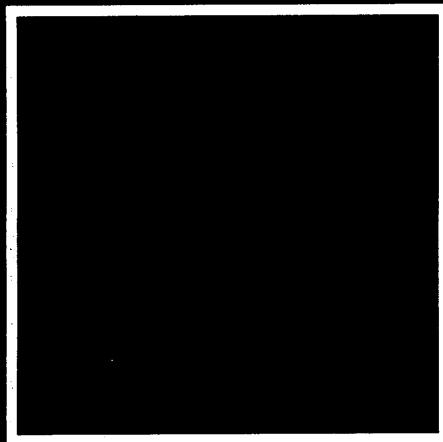
tribology in industry ◇ трибология в промышленности

YU ISSN 03551 - 1642

GODINA XVI

JUN 1994

2



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

tribologija u industriji

tribology in industry ◊ трибология в промышленности

sadržaj ◊ contents ◊ содержание

UVODNIK INTRODUCTION ВВЕДЕНИЕ	B. IVKOVIĆ: Tribološka kampanja - da ili ne ? ◊ Tribology Action Campaign in Yugoslavia - Yes or No ? ◊ Трибологическая кампания в Югославии - да или нет?	35
ISTRAŽIVANJA RESEARCH ИССЛЕДОВАНИЯ	B. IVKOVIĆ: PQ Index as a Measure of the Tribological Properties of Materials ◊ PQ indeks kao mera triboloških svojstava materijala ◊ PQ - индекс в качестве критерия оценки трибологических свойств материала	37
	D. TEMELJKOVSKI, D. VUKIĆEVIĆ, P. POPOVIĆ: Prilog istraživanju triboloških svojstava obloga dodatne sigurnosne kočnice na mehaničkim krivajnim presama ◊ Contribution to Investigation of Tribological Characteristics of Coating of The Auxiliary Safety Brake on Mechanical Crank - Shaft Presses ◊ К исследованию трибологических свойств накладок вспомогательного тормоза безопасности на механических кривошипных прессах	41
	R. JEČMENICA, R. ĆIRIĆ, V. DROBNJAK: Uticaj parametara zavarivanja trenjem Č.7680 i Č.1730 na karakter plastične deformacije slojeva u blizini ravni trenja ◊ Influence of Friction Welding Parameters of Č.7680 and Č.1730 on Character of Plastic Deformation of Layers Close to Friction Plane ◊ Влияние параметров сварки трением Č.7680 и Č.1730 на характер пластичной деформации слоёв в зоне плоскости трения	46
	D. ADAMOVIĆ, M. BABIĆ, B. JEREMIĆ: Uticaj bombardovanja površine snopom čeličnih kuglica na parametre hraptavosti ◊ Influence of Shot-peening with Steel Balls Stream on Roughness Parameters ◊ Влияние дробеструйной обработки стальной дробью на шероховатость поверхности	52
	B. JEREMIĆ, Z. RADOJEVIĆ, S. BACKOVIĆ - JEREMIĆ, N. MILIĆ: Izbor kriterijuma za ocenu nivoa tehnologije održavanja ◊ Criterions Selection of Maintenance Technology Level Evaluation ◊ Выбор критериев оценки уровня технологии обслуживания	57
ZA NEPOSREDNU PRAKSU FOR DIRECT PRACTICE ДЛЯ ПРАКТИКИ	V. KOLB: Dalji razvoj specifikacija automotivnih sredstava za podmazivanje - izgledi u ovoj deceniji	61
KNJIGE I ČASOPISI BOOKS AND JOURNALS КНИГИ И ЖУРНАЛЫ	66
NAUČNI SKUPOVI SCIENTIFIC MEETINGS НАУЧНЫЕ СОБРАНИЯ	68

Tribološka kampanja - da ili ne ?

U 1992 godini počela je, u velikoj Britaniji, dugo očekivana tribološka kampanja čiji je osnovni cilj da u nacionalnim razmerama pokrene "rat protiv trenja i habanja" u industriji i transportu, odnosno da primenom postojećih triboloških znanja doprinese smanjenju troškova, povećanju konkurentnosti proizvoda na tržištu i podigne nivo tehnologije proizvodnih procesa i sa ekološkog aspekta.

Potreba za organizovanjem tribološke kampanje na nacionalnom nivou obrazložena je i sledećim činjenicama:

- ▶ 75% industrijskih sistema "bacaju novac u kanal"
- ▶ Procesi trenja i habanja u proizvodnoj opremi troše novac. Nedovoljno efikasno upravljanje procesima trenja i habanja povećava trošenje novca u ove svrhe.
- ▶ Velika Britanija troši godišnje oko 13 milijardi USD na održavanje samo proizvodne opreme.
- ▶ Zbog pojave kritične pohabnosti elemenata proizvodne maštine jedan deo vremena ne proizvode.
- ▶ U ovom trenutku oko 50% maština u Britanskoj industriji

zahteva posebnu pažnju da bi funkcionalne efikasno.

- ▶ Tribologija kao nauka o trenju, habanju i podmazivanju je izuzetno praktična i visoko profitabilna u primeni.
- ▶ Primena triboloških znanja u vrednosti od 1.500 USD (vrednost ulaganja u tribološka rešenja) obezbeđuje uštedu od 60.000 USD. Prosečan odnos između onoga što se uloži o onoga što se dobije iznosi 1:40.
- ▶ Primenom tribologije smanjuju se troškovi energije, povećava se pouzdanost proizvodnih procesa, smanjuju troškovi održavanja, smanjuje zagadjenje okoline (ekološki aspekt) i povećava konkurenčna sposobnost industrijskih sistema.
- ▶ Tribologija nagrađuje. Primenom tribologije štedi se godišnje oko 2 milijarde dolara u Britanskoj industriji.

Tribološka kampanja organizovana je sa prethodno pripremljenim materijalima koji omogućavaju organizovanje seminara u trajanju od jednog do tri dana i posetama fabrikama radi pomoći u identifikovanju problema koji mogu da se reše postojećim tribološkim znanjima. Takođe su predhodno pripremljeni Registar

triboloških konsultanata, Publikacija o referencama iz oblasti tribologije, Video kaseta sa osnovnim principima na kojima se zasniva primena tribologije i izbranim slučajevima iz prakse i drugi materijali koji doprinose podizanju nivoa triboloških znanja zapošljenih u industrijskim sistemima.

Prve informacije o organizovanju Tribološke kampanje u Velikoj Britaniji, koje je autor ovog uvodnika dobio još 1991. godine kao dopisni član Internacionalnog komiteta za tribologiju, dale su ideju da se u okviru Jugoslovenskog društva za tribologiju počne sa pripremom materijala za organizovanje sličnog pokreta i u našoj zemlji. Nažalost, situacija u našoj zemlji u protekle tri godine nije bila pogodna za akcije ove vrste u širim razmerama. Aktivnosti u oblasti tribologije u našoj zemlji nisu, međutim, prestale u prkos i međunarodnoj blokadi i ratnim zbivanjima na prostorima bivše Jugoslavije. Veze sa naučnim institucijama i organizacijama u svetu, koje se bave tribologijom, nisu prekinute, a učešće naših tribologa na internacionalnim simpozijumima i kongresima bilo je zadovoljavajuće kako u pogledu broja saopštenih radova tako i sa gledišta njihovog kvaliteta i

naučnog nivoa. U međuvremenu je organizovan i Balkanski komitet za tribologiju (1993. u Sofiji), za vreme održavanja Prve Balkanske konferencije o tribologiji, u čijem je osnivanju naše tribološko društvo bilo veoma aktivno.

Program obnove domaće industrije, koji je počeo sa prestankom inflacije odnosno uvođenjem novog dinara, mora biti zasnovan na smanjenju troškova svih vrsta, pre svega, u procesu proizvodnje. Ako se zna da se najveći deo energije u, na primer, industriji prerade metala troši na savladavanje trenja (60-70%), a da deo troškova obrade, koji nastaje zbog habanja alata i elemenata mašina u procesu proizvodnje, nije, po pravilu, manji od 50% od ukupnih troškova obrade, onda je jasno da bez uvođenja triboloških znanja u savremene proizvodne procese i u našoj industriji nije moguće očekivati značajnije rezultate na smanjenju ukupnih troškova proizvodnje.

Mogućnosti za smanjenje troškova proizvodnje i podizanje nivoa tehnologije u domaćoj industriji kroz primenu tribologije ima više. Velike mogućnosti nalaze se, prema do sada izvršenim analizama, u oblasti poslovanja sa sredstvima za hlađenje i podmazivanje i to ne samo onih koje se koriste u obradnim procesima (emulzije, rastvori, čista ulja za rezanje) već i svih drugih maziva koja predstavljuju obavezni treći element tribomehaničkih sistema svih vrsta. Već sam obilazak prostora na kojima se skladište sredstva za hlađenje i podmazivanje u domaćim fabrikama i letimično sagledavanje tehnologije poslovanja sa njima (korišćenje uređaja za pripremu, distribuciju, regeneraciju i sl.) ukazuju na ogromne mogućnosti i neophodnost pozitivnih promena postojećeg stanja. Tribološkim rešenjima se u ovoj oblasti može najbrže podići nivo tehnologije proizvodnih procesa, doprineti značajnom smanjenju troškova

proizvodnje i smanjiti zagadenje okoline ovom vrstom materijala.

Da bi se organizovala tribološka kampanja u našoj zemlji i otvorio proces primene triboloških znanja u industriji i transportu u znatno većoj meri nego danas, neophodno je ubrzati rad na pripremi odgovarajućih materijala i okupiti jedan broj institucija i pojedinaca, koji u ovoj oblasti raspolažu sa dovoljno znanja i informacija.

Akcija za pripremu tribološke kampanje u našoj zemlji vodiće Jugoslovensko društvo za tribologiju, a očekuje se i priključenje drugih zainteresovanih naučnih i stručnih asocijacija iz naće zemlje. Poziv za saradnju na ovom poslu od izuzetnog značaja za našu industriju i zemlju u celini biće upućen odgovarajućim institucijama i pojedincima u drugoj polovini ove godine.

Tribology Action Campaign in Yugoslavia - Yes or No ?

Program of rebuilding the domestic industry, which started with stopping of inflation, namely with introducing the new dinar, must be founded on decrease of costs of all kinds, before all, in the production process. If one knows that the large part of energy is being consumed in industrial systems on overcoming the friction, and that the largest part of machining costs is the consequence of wear of tools and numerous machine elements, then it is clear that, without organized campaign to lower friction and slow down the wear process in tribomechanic systems, it is not possible to expect more significant results in decreasing the manufacturing costs. The question is being asked whether we should still wait with organizing the tribological campaign in our country, as it was already done in Great Britain, in order to produce conditions for larger application of tribological knowledge in industry, or we should start with this task immediately, without taking into account the political situation in former Yugoslavian territories?

Трибологическая кампания в Югославии - да или нет?

Програма возобновления отечественной промышленности, начавшаяся с внедрением нового динара и прекращением инфляции, требует срочного снижения всех видов расходов, а прежде всего в процессах производства. Учитывая большую часть энергии, потребляемой промышленными системами, расходуемой на преодоление трения, и чрезмерное изнашивание инструментов и других деталей машин, не трудно сообразить, что без организованной борьбы за предупреждение и снижение трения и изнашивания в трибомеханических системах невозможно ожидать более значительного снижения расходов производства. Всё же вопрос - ждать ли нам ещё с организованием трибологической кампании, подобной той, которую организовали в Великобритании, чтобы существующие трибологические знания применить в промышленности, или приступить к этому делу сразу, не ссылаясь на болгарскую обстановку в бывших югославских странах.

B. IVKOVIĆ, D. JEŠIĆ, B. TADIĆ

PQ Index as a Measure of the Tribological Properties of Materials*

1. INTRODUCTION

Tribological properties of materials can be determined either by measuring the friction force in the contact zone, or by measuring the magnitude of wear of the critical element of the tribomechanical system. The value of the friction force, as well as the value of wear of one or both elements of the tribomechanical system after certain time of contact duration, depend upon numerous factors that define the conditions under which the contact is realized (normal force, sliding velocity, type of lubricant, etc.). Tribological properties of materials, that are determined by the value of friction force or the wear magnitude of the critical element of tribomechanical system after the certain time of contact duration, are relative. They depend on the conditions under which the contact between elements of the tribomechanical system is realized. By comparison, for instance, of tribological properties of two materials, different results can be obtained, depending on that whether the tribological properties were determined by measuring the friction force or by measuring the magnitude of wear of an element of the tribomechanical system. Also, the conditions of contact realization have significant influence on relations of tribological properties of two materials.

The laboratory methods of measuring tribological properties are usually based on application of tribometers "Pin on Disk" and "Pin and Disk", but also other types. The modern dynamometers that are built into the tribometers enable, with adequate instrumentation, precise and reliable measurement of the normal force and the friction force, i.e., the friction coefficient.

For measuring the wear of either pin or disk, after the certain time of contact duration, numerous methods are

used, which are based on measuring their dimensions (length of pin or diameter of disk, for example), or traces which the wear process leaves on the contact surfaces of the triboelements. Reliability and accuracy of these measurements are relatively small if the time of contact durations not long. When the larger wear of the triboelements (pin or disk) occurs, the reliability of measurement is increased.

In the research program whose primary goal was to determine the tribological properties of the group of nodular cast irons bettered by isothermal and classical procedures, the wear measurements were realized on the PQ 2000 Particle Quantifier (produced by the SWANSEA TRIBOLOGY CENTRE). As the measure of the wear of disks was PQ index.

2. THE EXPERIMENTAL PROCEDURE

Experimental investigations were conducted on the "Pin and Disk" tribometer TPD-93 (produced by the Laboratory of Metal Cutting and Tribology - Mechanical Engineering faculty, Kragujevac) with contact geometry presented in Figure 1. The line contact was realized in the all experimental operations.

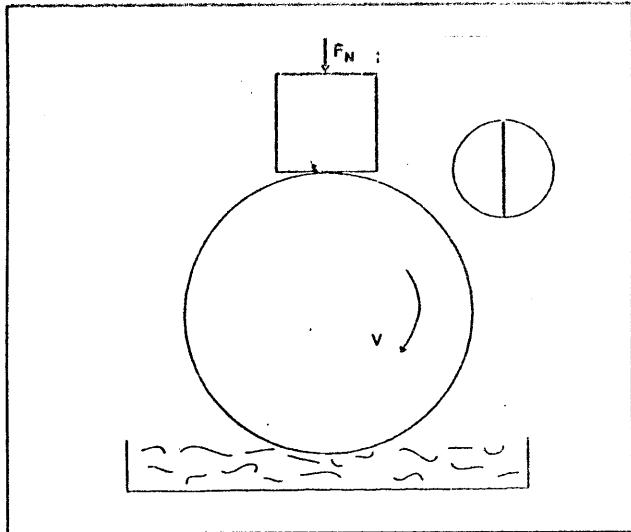
The wear products (mass loss of disk) in the sample of lubricant were measured by the PQ index on the PQ 2000 Particle Quantifier.

For the measurement of normal and friction force transducer, based on the strain gauges, are available. The structure of monitoring technique for this measuring contains Amplifier and Recorder.

In all the experimental operations the used Pin was made of carbon steel. Disks were made of both types of nodular

Prof. dr Branko Ivković, dipl. ing.,
Mr Branko Tadić, dipl. ing., Mašinski fakultet, Kragujevac
Dušan Ješić, dipl. ing., Zanatooprema, Rijeka

* Rad prihvaćen na Trećoj internacionalnoj konferenciji
o tribologiji TRIBOS'94, Buenos Aires, Argentina,
avgust 1994



*Fig. 1. Contact geometry
Geometrija kontakta
Геометрия контакта*

cast iron with diameters of 68 mm and width of 8 mm. Disks were thermally treated by isothermal and classical procedures. The Table 1 shows chemical compositions and hardness of cast iron NL500 and NL700 bettered by classical procedure.

Table 1. The chemical composition of nodular cast iron NL500 and NL700

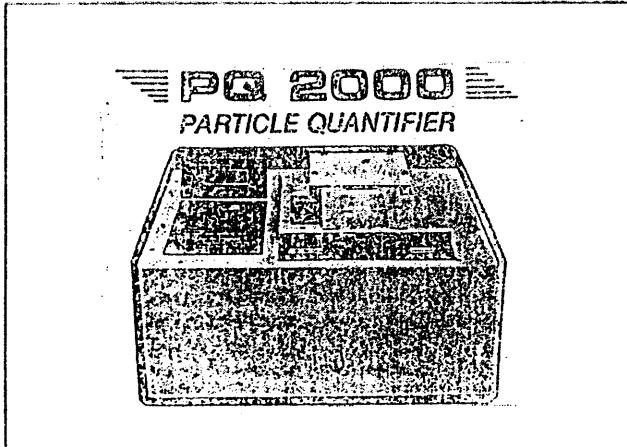
Material	Chemical composition in %							Tp in °C/ t in min	HV ₅
	C	Si	Mn	Mg	P	S	Cu		
NL 500	3.85	2.9	0.076	0.035				520/60	342
NL 700	3.76	2.35	0.51		0.02	0.004	1.48		320

Lubrication in all the experimental operations was realized by passing of the lower part of disk through the oil bath, in which there was always the same quantity (2-3 ml) of the POLAR 32K oil. The oil was changed at the same time as the disk and then taken oil with the wear product was put into the special containers. The total quantity of oil from one experimental operation, after mix, is sorted out in two sample "A" and "B". The wear product amount is not, generally, the same in the both samples of oil.

In all the experimental operations the used normal force was 20 daN ($F_N=20 \text{ daN}$) and the sliding speed was 1.3 m/s ($v=1.3 \text{ m/s}$).

Time of contact duration in all experimental operation was the same (30 min.). The friction force was measured at the beginning and at the end of the contact realization ($t=1 \text{ min.}$, $t_k=29 \text{ min.}$).

Determination of the disk wear after the contact duration of $t=30 \text{ min.}$ was realized by measuring of the PQ index on the PQ 2000 Particle Quantifier, by placing the



*Fig. 2. Instrument for PQ index measurement
Instrument za merenje PQ indeksa
Прибор для измерения PQ индекса*

both samples of oil (A and B) in special measuring containers (Figure 2).

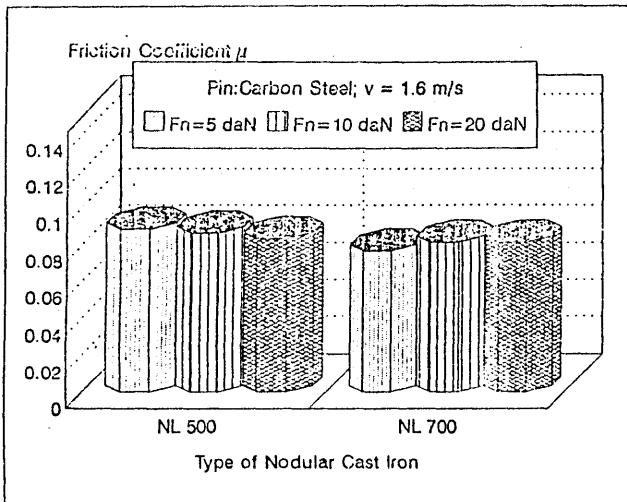
Measuring of the PQ indices on one sample of oil which contained the wear products was performed on average of 2×10 times, since the total amount of oil was divided into two containers (A and B).

3. THE EXPERIMENTAL RESULTS

Results of measurements of the friction force within the frame of the realized research program also show that the influence of the thermal treatment of disks made of different type of nodular cast irons on the value of friction coefficient is not very strong. In Figure 3 is presented a part results of measurements of the friction coefficient obtained during sliding of disks made of two sort of nodular cast irons along the pin surface made of carbon steel. The both disks were bettered by the classical procedure.

From the aspect of the friction force, i.e. the friction coefficient during sliding, the influence of a type of nodular cast irons on their tribological characteristics is not so big. From the aspect of the energy consumption for overcoming the friction in the tribomechanical systems, tribological characteristics of one of its elements made of nodular cast iron are very little dependent on its sort.

Results of measurements of the PQ indices, as a representative of the quantity of the wear products produced during the realization of contact between the pin and the



*Fig. 3. Contact zone loading influence on friction coefficient
Uticaj opterećenja zone kontakta na koeficijent trenja
Воздействие на нагрузки зоны контакта на
коэффициент трения*

disk for the period of 30 minutes, show, however, that the intensity of wear of disks made of the both kind of nodular cast irons is greatly different.

The value of this PQ index is directly proportional to the quantity of the wear products that is contained in the sample of oil used for lubrication of the contact zone during the sliding of disk along the pin.

$$PQ = K \cdot Q$$

Q is the quantity of the wear products per mg of oil produced during sliding of one element of the tribomechanical system over the other for " t " minutes. K is constant parameter dependent on the many variables of contact condition (sliding speed, normal force, type of oil etc.).

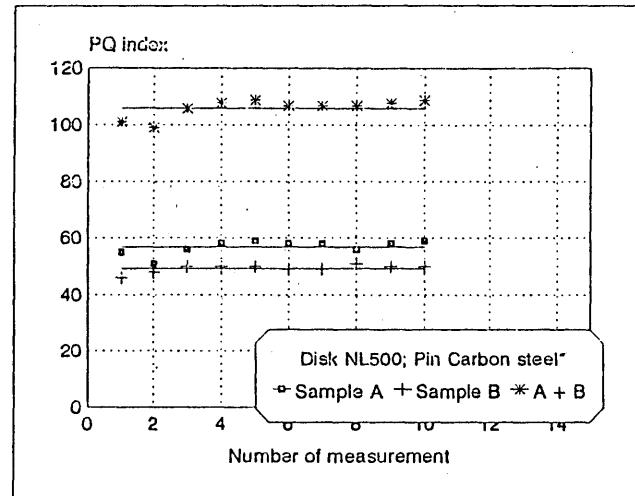
The values of the PQ indices, by which the tribological propitious of both kind of nodular cast iron (NL500 and NL700), are compared, are the average values obtained from ten measurements.

Table 2 shows series statistics of PQ indices measurements obtained through experimental program realized.

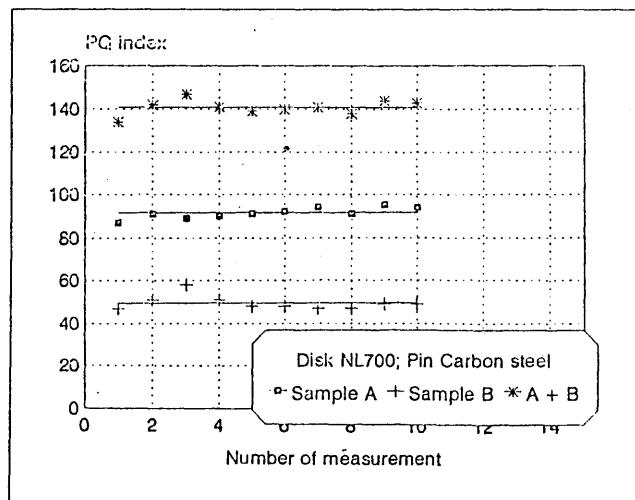
Table 2 The series statistics of PQ indices measurement

Series	Sample "A"		Sample "B"		A + B	
	NL 500	NL 700	NL500	NL700	NL500	NL 7Q0
Minimum value	51	87	46	47	99	134
Maximum value	59	95	51	58	109	147
Average	56.8	91.4	49.3	49.7	106.1	140.9
Median	58	94	50	50	48.5	107
Standard deviation	2.315167	2.332381	1.345362	3.170173	3.207809	3.36006
Correlation coefficient	0.631596	0.85084	0.659893	-0.34593	0.732603	0.264220

In Figure 4 and 5 are presented the results of 10 measurements of the PQ indices for oils used for lubrication of disks, one of which was made of NL500 and the other made of NL700. There are two samples of oil with wear products of disk in every experimental operation (samples A and B for both kind of nodular cast iron).



*Fig. 4. PQ index measurements results for sample A
Rezultati merenja PQ indeksa, uzorak A
Результаты измерения PQ индекса для образца А*



*Fig. 5. PQ index measurements results for sample B
Rezultati merenja PQ indeksa, uzorak B
Результаты измерения PQ индекса для образца Б*

In Figure 6 there are shown the average values of PQ indices obtained by measurements of both samples of oil used for lubrication in the all experimental operations.

Comparison of tribological characteristics of two different materials (two kind of nodular cast iron, for instance), based on values of PQ indices, is possible by PQ indices for total quantity of lubrication oil used in one experimental operation (the average values of PQ indices for both samples A and B).

4. CONCLUSION

Results obtained in the this investigation have confirmed, before all, that tribological characteristics of materials are relative, and that they depend a great deal on the chosen criterion for their determination. By comparing the tribological properties of two kinds of nodular cast irons, for instance, expressed by the friction coefficients, it came up with conclusion that there is no big difference between them. Difference in tribological properties of the same materials is, however, very big if the tribological properties are defined by the wear of disks, and it is a result of the certain of contact duration.

The PQ index, as a parameter of wear can be used as a relative value by which the resistance or intensity of wear of different materials can be compared, i.e., by which their tribological properties are compared from the aspect of wear. Reliability of measurements of the PQ indices depend on the number of measurements, and it is satisfactory enough with 10 repeated measurements.

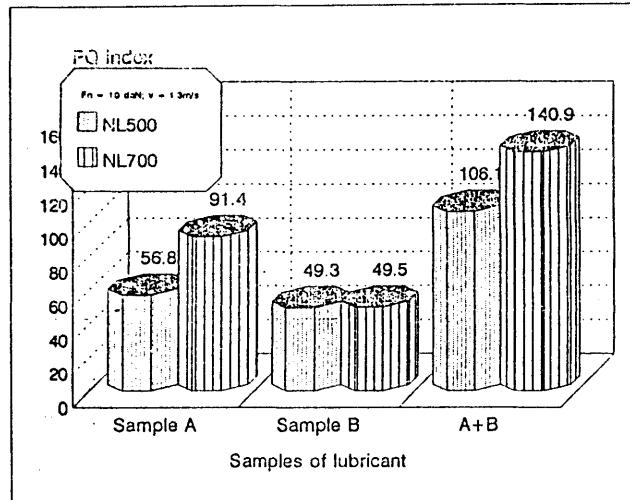


Fig. 6. PQ index medium value
Средња вредност PQ индекса
Среднее значение PQ индекса

BIBLIOGRAPHY

- [1.] Ivković B., Ješić D., Milić N., Tribological Characteristics of a Material: Identification and Measurement Problems, FRICTION AND WEAR, 1993, Volume 14, N 4, p. 712-717. Academy of Sciences of Belarus.
- [2.] Ivković B., Tadić B., Karović D., The Tribological Properties of Coated Cutting Tools and Machining Costs, EUROTRIB'93, September 1993, Budapest
- [3.] Ivković B., Tadić B., Ješić D., Friction and Wear in The Sliding Contact Between Steel and Nodular Cast Iron, BALKANTRIB'93, October 1993, Sofia.
- [4.] Ivković B., Ješić D., Tadić B., Tribological Characteristics of Nodular Cast Iron, INTERTRIBO'93, August 1993, Bratislava

PQ indeks kao mera triboloških svojstava materijala

Tribološke karakteristike materijala koje su određene veličinom sile trenja ili habanja kritičnog elementa tribomehaničkog sistema su relativne i zavise od vremena trajanja kontakta. Tribološke karakteristike zavise i od uslova pod kojima se kontakt između elemenata tribomehaničkog sistema ostvaruje. Uporedenjem, npr., triboloških karakteristika dva materijala različiti rezultati mogu biti dobijeni u zavisnosti od toga da li se u procesu ispitivanja mere sile trenja ili parametar habanja.

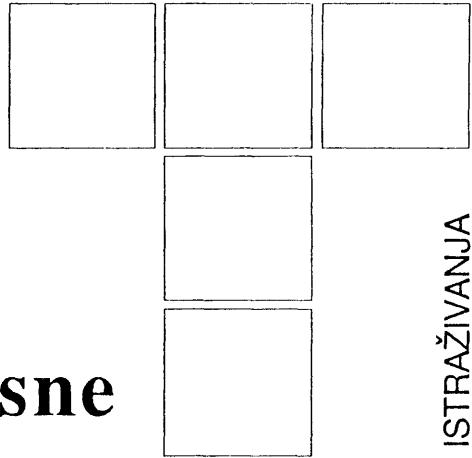
U istraživačkom programu čiji je cilj bio određivanje triboloških svojstava grupe nodularnih livova poboljšanih izotermačnim i klasičnim postupkom, habanje je mereno preko PQ indeksa na PQ 2000 Particle Quantifier. U ovom radu prezentirani su rezultati merenja triboloških karakteristika dve vrste nodularnog liva poboljšanih klasičnim postupkom.

PQ - индекс в качестве критерия оценки трибологических свойств материала

Трибологические характеристики материала, определяемые величинами сил трения или изнашивания критического элемента трибологической системы относительные и зависят от времени продолжения контакта. Трибологические характеристики определяются и условиями осуществления контакта элементов трибомеханической системы. При сравнении, например, трибологических характеристик двух материалов, различия в результатах могут быть обусловлены и тем, что при исследовании измеряются силы трения или параметр изнашивания.

При исследованиях, проводимых с целью определения трибологических свойств групп подулярных чугунов улучшенных изотермальным и классическим способами, изнашивание измеряли через PQ индекс на PQ 2000 Particle Quantifier. В работе изложены результаты измерения трибологических характеристик двух сортов нодулярного литья, улучшенных классическим способом.

**D. TEMELJKOVSKI, D. VUKIĆEVIĆ,
P. POPOVIĆ**



ISTRAŽIVANJA

Prilog istraživanju triboloških svojstava obloga dodatne sigurnosne kočnice na mehaničkim krivajnim presama

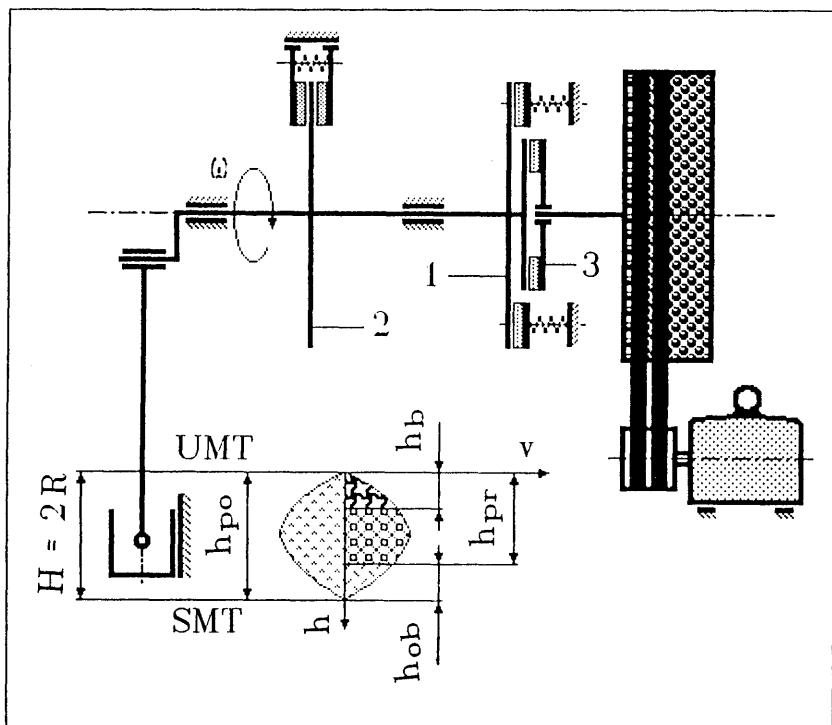
1. UVOD

Poznato je da se od pojave mehaničkih krivajnih presa, nameće problem zaštite opslužioca ovih mašina od povrede, jer po svom koncepcijском rešenju predstavljaju stalni izvor opasnosti pri manipulaciji obradkom od strane radnika u njenom radnom prostoru. Ovo je naročito izraženo u pojedinačnom režimu rada, kada dođe do pojave tzv. "duplog radnog ciklusa", koji predstavlja nenajavljeni iznenadenje za rukovaoca mašinom. Pojava duplog radnog ciklusa je neočekivana i iznenadujuća, jer su mnogobrojni uzročnici koji do njega dovode i najčešće se ne mogu predvideti.

Kao posledica težnje rešavanju ovog problema, ostvareni su različiti zaštitni sistemi, kao što su: zaštitni kavezzi, fotoćelije, itd., odnosno zaštitni sistemi koji ogradiju radni prostor prese u periodu odvijanja tehnološkog procesa, kako se ruke opslužioca u tom periodu ne bi mogle naći u njemu. Međutim, osnovni nedostatak ovakvih zaštitnih sistema je zamaranje radnika i smanjenje broja radnih ciklusa u jedinici vremena.

Savremeno koncepcijsko rešenje zaštitnog sistema, prikazano na slici 2., koje otklanja pomenute nedostatke, predstavlja pogonski mehanizam ovih mašina sa dve frikcione kočnice, i to:

- jednom glavnom i
- drugom dodatnom, odnosno sigurnosnom kočnicom.



*Slika 1. Pogonski sistem sa dve kočnice: 1 - glavna; 2 - pomoćna i 3 - spojnica
Power drive system with two brakes: 1 - main, 2 - auxiliary, 3 - clutch
Двухтормозная система привода:
1-главный тормоз; 2-вспомогательный; 3-цепление*

Doc. dr Dragan Temeljkovski, dipl. ing.

Prof. dr Dušanka Vukićević, dipl. ing.

Prof. dr Predrag Popović, dipl. ing.

Mašinski fakultet u Nišu.

Uloga glavne kočnice je da se posle svakog obavljenog radnog ciklusa izvršnog dela prese (u pojedinačnom režimu rada prese), isti zaustavi i drži u početnom položaju - unutrašnja mrtva tačka (UMT) - sve do davanja komande od strane opslužioca za početak izvršenja sledećeg radnog ciklusa.

Osnovne funkcije, pak, dodatne (sigurnosne) kočnice su:

- da u slučaju otkazivanja dejstva, iz bilo kojih razloga, glavne kočnice, stupi u dejstvo i spreči pojavu "duplog hoda" izvršnog dela prese i
- da spreči aktiviranje prese sve dok se glavna kočnica ne dovede u ispravno stanje.

2. IZBOR DODATNE KOČNICE

Radi razmatranja problema izbora dodatne kočnice, na slici 2. pod a. prikazan je prost mehanizam krivaje, na kome su označeni:

► karakteristični položaji tačke A

A_0 - početni položaj,

A_1 - položaj koji odgovara momentu početka dejstva glavne kočnice,

A_2 - početak dejstva dodatne kočnice,

A_3 - položaj graničnika - davača - koji isključuje mogućnost aktiviranja prese ako glavna kočnica ne funkcioniše,

A_b - krajnji dozvoljeni položaj pritiskivača u odnosu na početni sa stanovišta bezbednosti opslužioca i

A_4 - odgovara momentu zaustavljanja kinematičkog dela pogonskog mehanizma sa izvršnim delom, kada je njihovo zaustavljanje obavila samo dodatna kočnica, odnosno kada glavna kočnica uopšte nije dejstovala;

► karakteristični uglovi krivaje krivajnog mehanizma (φ) u odnosu na pravac kretanja izvršnog dela mašine:

φ_1 - ugao zakočenja glavne kočnice,

φ_2 - ugao zakočenja dodatne kočnice kada glavna kočnica ne dejstvuje,

φ_b - ugao koji odgovara bezbednosnom hodu izvršnog dela mašine,

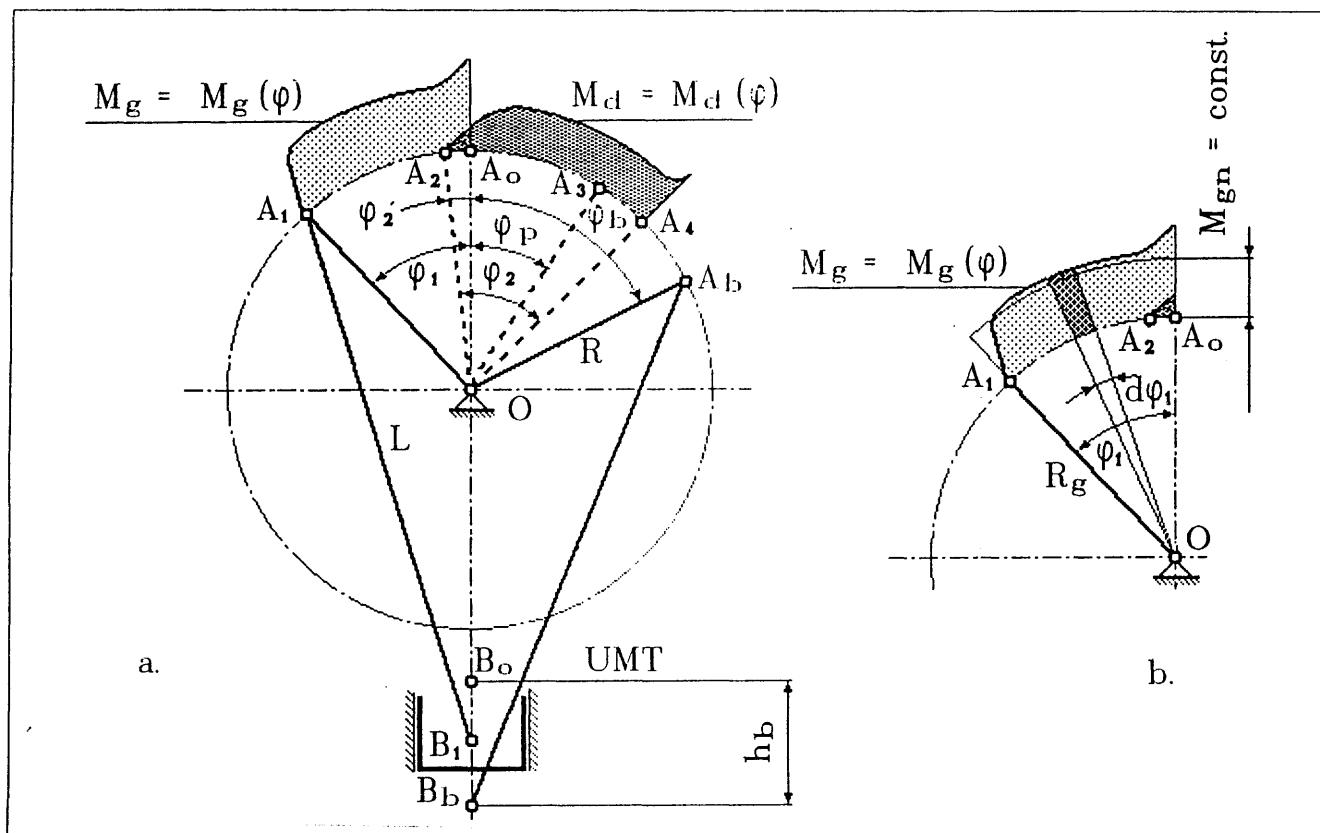
φ_p - ugao postavljanja davača sistema za sprečavanja mogućnosti aktiviranja prese i

φ'_2 - ugao početka dejstva dodatne kočnice;

► bezbednosni hod izvršnog dela mašine (h_b).

Polazeći od stvarnog zakona promene kočionog momenata glavne kočnice (M_g) u funkciji promene ugla (φ) položaja krivaje krivajnog mehanizma, prikazanog na slici 3. pod b., može se napisati da je elementarna energija utrošena na zaustavljanje pokretnih delova:

$$dW_g = F_{tg} \cdot ds = F_{tg} \cdot R_g \cdot d\varphi = \\ = \mu_g \cdot F_{Ng} \cdot R_g \cdot d\varphi = M_g \cdot d\varphi \quad (1)$$



Slika 2. Prost mehanizam krivaje sa glavnom i dodatnom kočnicom

Simple mechanism of crank shaft with main and auxiliary brake

Простой механизм кривошипa с главным и вспомогательным тормозами

odnosno ukupna energija utrošena na zaustavljanje kinematičkog dela pogonskog mehanizma sa izvršnim delom prese:

$$W_g = \int_0^{\varphi_1} M_g(\varphi) \cdot d\varphi = M_{gn} \cdot \varphi_1 \quad (2)$$

Analogno se može napisati i za dodatnu kočnicu:

$$dW = F_{td} \cdot ds = F_{td} \cdot R_d \cdot d\varphi = \mu_d \cdot F_{Nd} \cdot R_d \cdot d\varphi = M_d \cdot d\varphi \quad (3)$$

odnosno:

$$W_d = \int_0^{\varphi_1} M_d(\varphi) \cdot d\varphi = M_{dn} \cdot \varphi_1 \quad (4)$$

gde su: $M_g(\varphi)$ ($M_d(\varphi)$) - zakon promene kočionog momenta glavne (dodatne) kočnice;

F_{tg} (F_{td}) - sila trenja na oblogama glavne (dodatne) kočnice;

F_{ng} , (F_{nd}) - normalna sila na frikcionoj površini glavne (dodatne) kočnice;

μ_g (μ_d) - koeficijent trenja na frikcionoj površini glavne kočnice;

ds - elementaran put kočenja glavne

$$(dodatne) kočnice: d_s = R_g \cdot \frac{d\varphi}{ds} = R_d \cdot d\varphi$$

R_g (R_d) - prečnik frikcionog diska glavne (dodatne) kočnice;

W_g (W_d) - utrošena energija glavne(dodatne)

kočnice na zaustavljanje pokretnih delova i

M_{gn} (M_{dn}) - nominalni moment glavne (dodatne)kočnice.

Iz uslova da dodatna kočnica mora da zaustavi pokretnе delove ako otkaže glavna kočnica, proizilazi da mora biti:

$$W_g = W_d \quad (5)$$

Ovaj uslov, definisan izrazom (5) je postavljen pod predpostavkom da je kinetička energija pokretnih elemenata koji se zaustavljaju u položaju krivaje krivnjog mehanizma definisanog tačkom A₁ jednaka kinetičkoj energiji u tački A₂, što uzevši rigorozno tačno ne odgovara istini.

Naime, na slici 3. su prikazani zakoni promene ugaone brzine u funkciji promene ugla krivave krivnjog mehanizma pri rafalnom režimu rada, i to:

- bez obrade materijala i
- sa obradom.

Iz slike proizlazi da postoji razlika između vrednosti ugaonih brzina u tački A₁ i tački A₂, tj. da je u opštem slučaju:

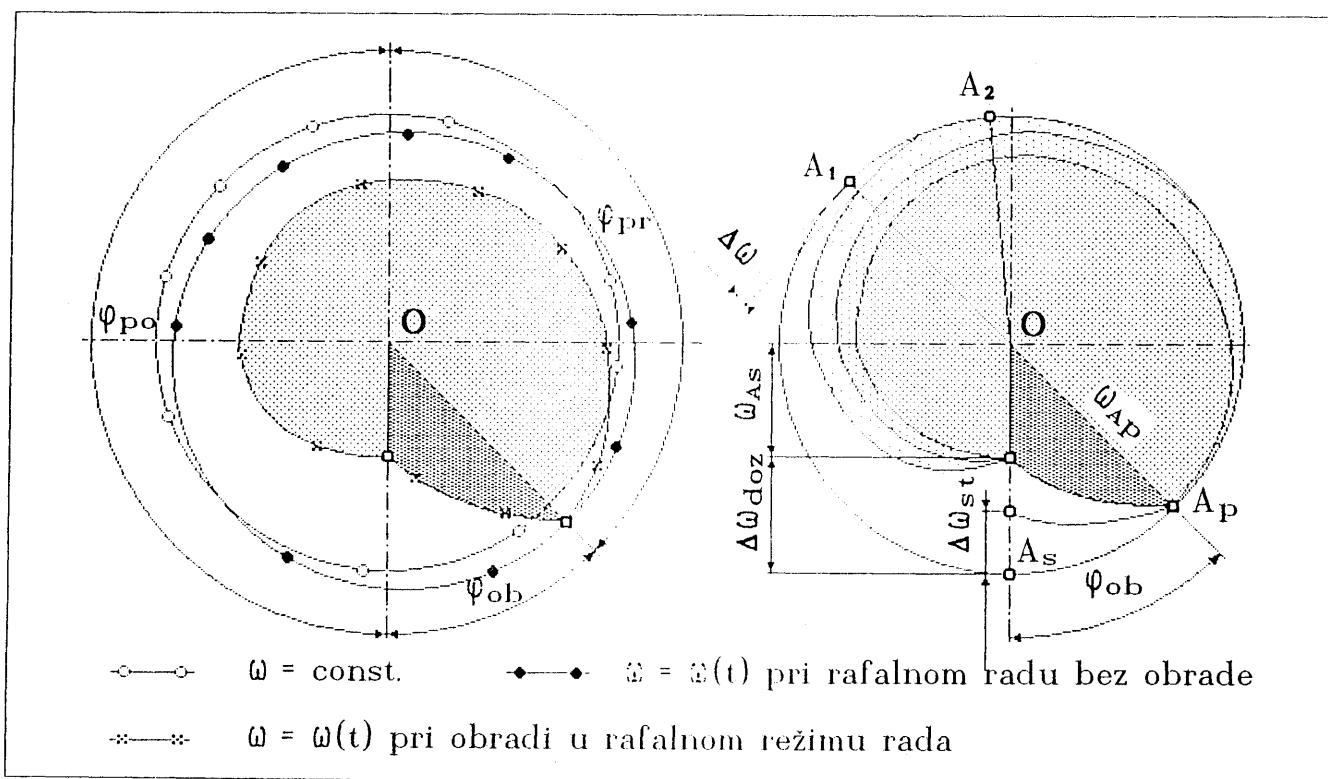
$$\Delta\omega = \omega_{A1} - \omega_{A2} \quad (6)$$

pri čemu vrednost $\Delta\omega$ može biti:

$$\Delta\omega > 0;$$

$$\Delta\omega = 0 \text{ ili}$$

$$\Delta\omega < 0$$



Slika 3. Zakoni promene ugaone brzine
Angular velocity variation law
Закон изменения угловой скорости

što zavisi od:

- odnosa snage motora i momenta inercije zamajca i
- od mase podižućih elemenata (pritiskivača, alata, i dr.).

Međutim, bez obzira na izneto, $\Delta\omega$ je takvog reda veličine da se inženjerskim proračunima slobodno može pretpostaviti da je $\Delta\omega=0$, pa uslov definisan izrazom (5) praktično važi.

Zamenom izraza (1) i (3), uz uvođenje parametara:

$$\text{dinamičkog} \quad f_F = \frac{F_{Ng}}{F_{Nd}}$$

$$\text{kinematičkog} \quad f_\phi = \frac{\varphi_1}{\varphi_2}$$

$$\text{dimenzijskog} \quad f_R = \frac{R_g}{R_d}$$

$$\text{tribološkog} \quad f_\mu = \frac{\mu_g}{\mu_d}$$

dobija se relacija:

$$f_\mu = \frac{1}{f_F \cdot f_\phi \cdot f_R} \quad (7)$$

Pri ovome, zavisno od vrednosti tribološkog parametra, postoje dva prilaza u rešavanju dodatne kočnice, i to:

- I varijanta, $f_\mu = 1$, obloge glavne i dodatne kočnice su od istog materijala i

- II varijanta, $f_\mu \neq 1$, obloge glavne i dodatne kočnice su od raznorodnih materijala.

Na osnovu izraza (7) formiran je nomogram prikazan na slici 4. koji korisno može poslužiti projektantima pri definisanju meritornih parametara glavne i dodatne kočnice. Naime, pri ovome se pošlo od postavke da frikcione obloge glavne i dodatne kočnice nisu od istog materijala, odnosno da su im različiti kofecijenti trenja.

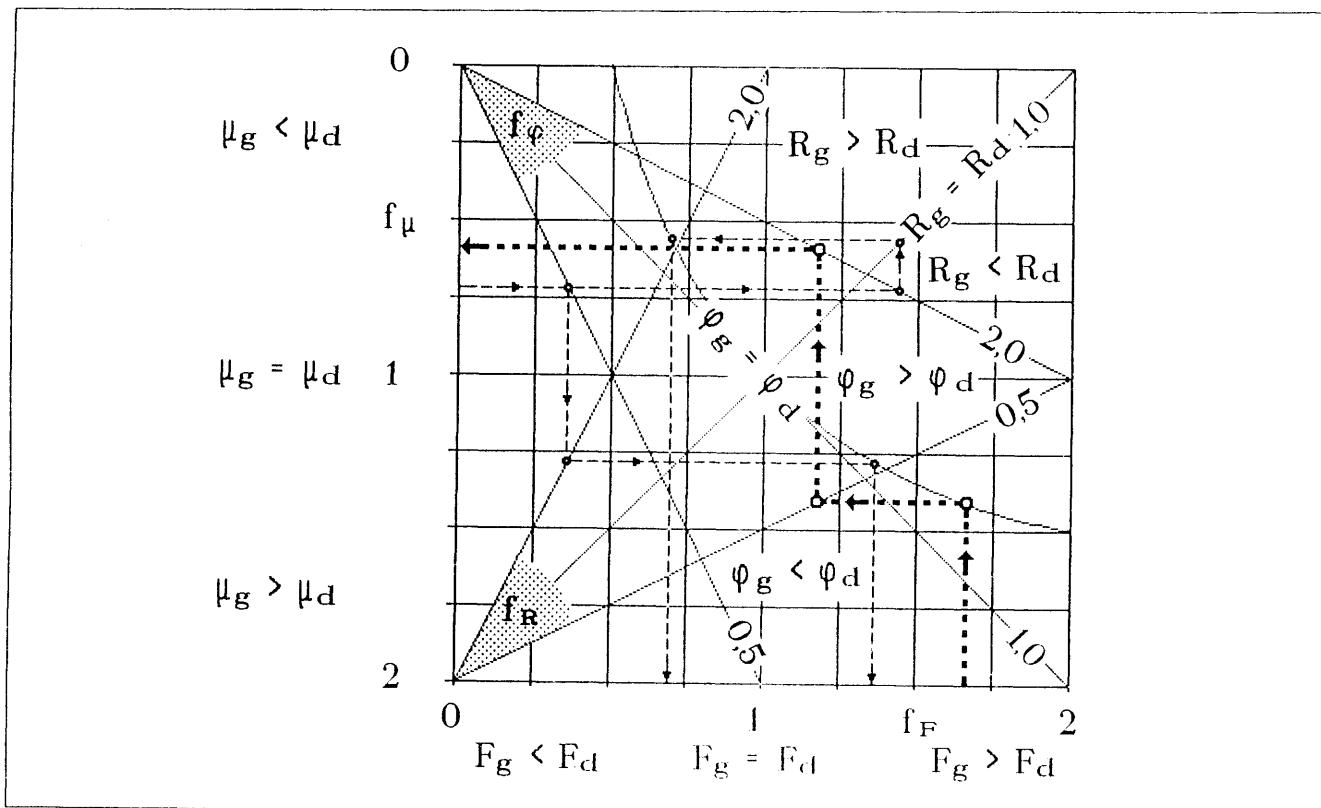
Na nomogramu su prikazana dva slučaja, i to:

- prvi slučaj da su definisani dinamički, kinematički i geometrijski parametri, a traži se vrednost tribološkog parametra (deblje isprekidana izvučena linija), čime se uslovjavaju tribološke karakteristike obloge glavne i dodatne kočnice i
- drugi slučaj da su poznata tribološka svojstva obloga glavne i dodatne kočnice, odnosno vrednost tribološkog parametra, a biraju se vrednosti ostalih parametara u zavisnosti od omeđenosti projektansko - konstruktorskih uslova (tanko isprekidane linije).

3. ZAKLJUČAK

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

- Definisanjem izraza (7) i svega što u vezi sa njim proizilazi vidi se da obloga glavne i dodatne kočnice ne moraju biti od istog materijala, odnosno identičnih triboloških svojstava.



Slika 4. - Nomogram $f_\mu = f(f_F, f_\phi, f_R)$
 Nomogram $f_\mu = f(f_F, f_\phi, f_R)$
 Номограма $f_\mu = f(f_F, f_\phi, f_R)$

- ▶ Izborom raznorodnih materijala za obloge dodatne i glavne kočnice ostvaruju se daleko veće mogućnosti optimizacije konstruktorskog sklopa koji čine glavna i dodatna kočnica.
- ▶ S obzirom na uslove rada proizilazi da materijal obloga dodatne kočnice može imati i manju otpornost na habanje, što nije slučaj sa materijalom koji se koristi za obloge glavne kočnice.

LITERATURA

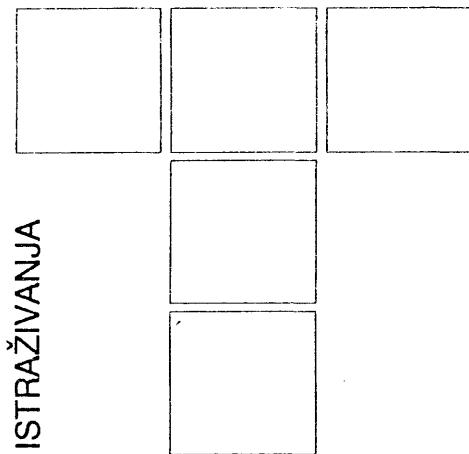
- [1.] P. V. Popović: Prilog razmatranju problema dodatne sigurnosne kočnice na mehaničkim krivajnim presama, Časopis "Obrada deformisanjem u mašinstvu", god. 13, 1-2, Novi Sad, 1988.
- [2.] P. V. Popović, D. S. Domazet: Određivanje bitnih svojstva mehaničkih presa eksperimentalnim ispitivanjima, Zbornik radova XVIII savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Niš, 1984.
- [3.] Izveštaj za ispitivanje ekscentarske prese "Jelšograd" - EPS - 63, Institut Mašinskog fakulteta u Nišu, 1984.

Contribution to Investigation of Tribological Characteristics of Coating of The Auxiliary Safety Brake on Mechanical Crank - Shaft Presses

The problem of protecting a worker from hurting himself at work on mechanical presses is known and has resulted in the creation of many safety systems including the one based on two frictional brakes - the main one and an additional safety one. Starting from the frictions of these two brakes and their operation this paper discusses the tribological and other properties of their functional coatings.

К исследованию трибологических свойств накладок вспомагательного тормоза безопасности на механических кривошипных прессах

Необходимость защиты рабочих, работающих на механических прессах проблема давно известная. Она обусловила создание различных защитных систем одной из которых является система с двумя фрикционными тормозами - главным тормозом и добавочным тормозом безопасности. Исходя из функции работы этих двух тормозов авторы настоящей работы анализируют трибологические и другие свойства их фрикционных накладок.



R. JEČMENICA, R. ĆIRIĆ, V. DROBNJAK

Uticaj parametara zavarivanja trenjem Č.7680 i Č.1730 na karakter plastične deformacije slojeva u blizini ravni trenja*

1. UVOD

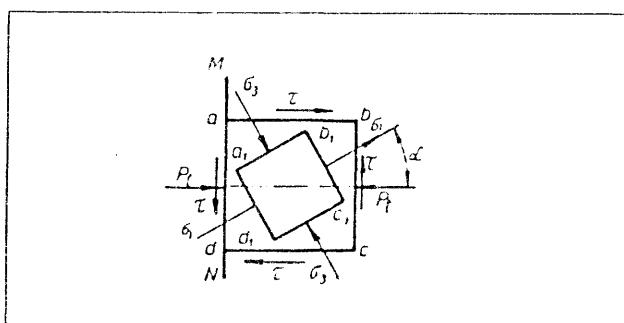
Zavarivanje trenjem (ZT) spada u grupu postupaka zavarivanja pritiskom. U fazi trenja topla plastična deformacija u mikrozapreminama dovodi do povećanja površine kontakta. Pored toga, tečenje mikrozapremine metala iz ravni kontakta u radijalnom, aksijalnom i tangencijalnom pravcu omogućava istiskivanje oksida i drugih nečistoća iz ravni trenja. U fazi sabijanja plastično tečenje metala u mikrozapreminama u radijalnom i aksijalnom pravcu, pod dejstvom odabranog pritiska na dostignutoj temperaturi, omogućava približavanje površina osnovnih materijala (OM) na rastojanje reda veličine parametra kristalne rešetke i formiranje metalne veze. Dominirajuću ulogu u fazi trenja u energetskom bilansu ima toplota razvijena pri deformaciji uvijanjem, koja dovodi do smicanja mikroneravnina, raskidanja atomskih veza, otkidanja čestica metala i prenošenja istih na drugi metal [1].

Deformacija mehanizmom puzanja u energetskom bilansu učestvuje sa svega 2 - 3%, jer je mali udeo mehaničkog rada, utrošenog na istiskivanje metala iz površine kontakta.

2. ANALIZA NAPONSKOG STANJA PROCESA TOPLE PLASTIČNE DEFORMACIJE

Uloga tangencijalnih sila trenja na kontaktu je utvrđena analizom napona na elementarnom kvadratu $abcd$, slika 1 [2]. Uzduž ose šipke, strane ad i bc , deluje aksijalni pritisak P_t , a po strani ad tangencijalni napon τ izazvan klizanjem površina. Po zakonu parnosti tangencijalni naponi iste veličine, ali drugog smera, deluju i duž ostale tri strane. Pri analizi je zanemareno dejstvo napona koji potiču od susednih elemenata, raspoređenih u radijalnom pravcu.

Merenjem vrednosti P_t i τ nađen je položaj glavnih površina i veličina glavnih napona. Glavne površine su u



Sl. 1 Šema naponskog stanja u kontaktном sloju
Scheme of stress state in the contact layer
Схема напрежённого состояния в контактном слое

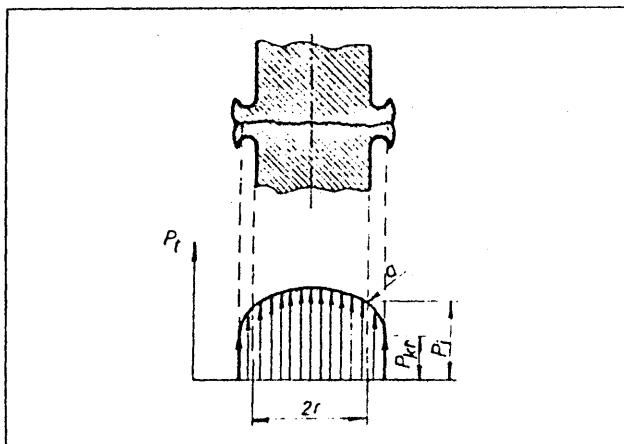
Prof. dr Ratimir Ječmenica, dipl. ing.
Tehnički fakultet, Čačak
Mr Radovan Ćirić, dipl. ing., FRA Čačak
Dr Velimir Drobnjak, dipl. ing., FRA, Čačak

odnosu na početni položaj zaokrenute za ugao α . Na njima su tangencijalni naponi nula, dok su normalni naponi σ_1 i σ_2 glavni naponi.

Ako se odnos srednjih tangencijalnih i normalnih naponi označi sa F , može se formirati izraz za ekvivalentni napon u obliku:

$$\sigma = P_t \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot F^2}$$

iz koga se vidi da ekvivalentni napon izaziva plastičnu deformaciju i da je veći od zadanog aksijalnog napona P_t . Pošto vrednost ekvivalentnih naponi zavisi od tangencijalnih naponi, na koje utiče broj obrta, može se zaključiti da manja brzina obrtanja povećava ekvivalentni napon.



Sl. 2 Šema raspodele pritiska po preseku okruglih uzoraka [1]
Scheme of pressure distribution in the round sample cross section [1]
Схема распределения давления на разрезе образцов [1]

Prema [1] normalni naponi u zonama bližim obimu su mali i sa smanjenjem čvrstoće usled zagrevanja teže nuli. Da bi se izbegla pojava neprovara po obimu, potreban je veći stepen deformacije, kako bi se zona sa malim normalnim naponima, u kojoj se javlja neprovar, našla van početnog prečnika šipke, vidi sliku 2.

Pri zavarivanju trenjem (ZT), zbog velike brzine deformacije i uticaja okonih hladnih slojeva na osobine uske zone plastičnog metala, dolazi do povećanja otpora metala prema plastičnoj deformaciji [3]. Pri zavarivanju sa manjim brzinama trenja deformacija se odigrava po većoj dubini, usled čega se oslobađa veća količina toplotne nego pri zavarivanju sa većim brzinama trenja, ali su maksimalne temperature u spoju niže. Utvrđeno je [3] da su pri zavarivanju malim brzinama trenja tangencijalne deformacije znatno veće od radijalnih. Takođe, dokazano je da se u nekim slučajevima najveći stepen plastične

deformacije ne postiže na čeonim površinama osnovnih materijala, već se, zbog navarivanja jednog osnovnog materijala na drugi u fazi trenja, najveći stepen plastične deformacije ostvaruje u unutrašnjosti jednog od osnovnih materijala. Prema [4] pri zavarivanju trenjem osnovnih materijala čije se toplotno-fizičke karakteristike i otpor prema plastičnoj deformaciji razlikuju, ili pri zavarivanju trenjem istih materijala, ali različitog prečnika, ravan trenja se u toku faze trenja pomera u unutrašnjost uzorka sa nižim ukupnim otporom prema plastičnoj deformaciji na dostignutoj temperaturi (kod istih osnovnih materijala - prema uzorku manjeg prečnika), nastavlja da se pomera zbog nesimetrične raspodele temperature i prestaje da se pomera kada se postigne simetrična raspodela temperature sa obe strane ravni trenja.

Pri zavarivanju trenjem šipki istih prečnika visokolegiranih sa nisko legiranim čelikom dolazi do navarivanja visokolegiranog na drugi osnovni materijal (u visokolegiranom čeliku su izmerene više temperature i niži M_f). Kada debljina navarenog sloja dostigne gornju graničnu vrednost, gubi se uticaj veće toplotne provodljivosti manje legiranog osnovnog materijala, dobija se simetrična raspodela temperature u odnosu na ravan trenja, i problem se svodi na slučaj zavarivanja trenjem istih osnovnih materijala, istih prečnika. Pri zavarivanju trenjem istih osnovnih materijala, ali različitih prečnika, dolazi do navarivanja metala sa manjeg na veći prečnik, i ravan trenja se pomera u unutrašnjost manjeg prečnika. Smatra se da se deformacija lakše odvija u osnovnom materijalu manjeg prečnika, čiji ceo presek učestvuje u trenju, s obzirom da u oblasti većeg prečnika hladni periferni slojevi sprečavaju isticanje metala iz centralnih delova.

Pri zavarivanju trenjem visokolegiranog čelika manjeg prečnika sa niskolegiranim čelikom većeg prečnika granična debljina navarenog sloja visoko- na nisko-legirani čelik je znatno veća nego kada su prečnici oba osnovna materijala isti, a nešto malo veća nego pri zavarivanju trenjem šipki različitih prečnika od visokolegiranog čelika. U slučaju zavarivanja trenjem šipki manjeg prečnika od niskolegiranog čelika sa debljim šipkama visokolegiranog čelika, do izvesne razlike u prečnicima dominira uticaj niže toplotne provodljivosti visokolegiranog čelika, koji se navaruje na drugi osnovni materijal, dok sa daljim povećanjem prečnika debljeg osnovnog materijala dominira uticaj razlike prečnika, dolazi do navarivanja niskolegiranog na visokolegiranu čelik, pa se ravan trenja pomera u niskolegiranu čelik. Rezultati dobijeni u radu [4] su pokazali da se granična debljina navarenog sloja povećava sa produženjem vremena trenja i povećanjem razlike u prečnicima osnovnih materijala, a smanjuje se povećanjem broja obrtaja i pritiska trenja.

3. USLOVI EKSPERIMENTALNIH ISPITIVANJA

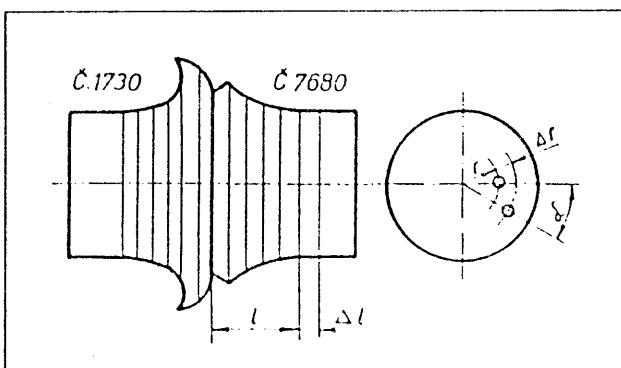
Osnovni cilj eksperimentalnih ispitivanja bio je da se izmeri stepen plastične deformacije ova osnovna materijala (Č.7680 i Č.1730) pri različitim režimima zavarivanja trenjem u fazi sabijanja. Odnosno, da se pri konstantnom $V_s=2.5$ [sek], i $n=2850$ [ob/min] utvrdi veza između parametara zavarivanja V_t , P_t i P_s i parametra plastične deformacije.

Za eksperimente su korišćeni uzorci u koje su u uzdužno izbušene otvore prečnika $\phi 0.7$ [mm], na različitim rastojanjima od ose obrtanja, uvučeni provodnici istog prečnika. U toku zavarivanja zajedno sa osnovnim materijalom deformisali su se i navedeni provodnici. Posle zavarivanja sa ova osnovna materijala skidani su tanki slojevi metala, zatim je mereno radijalno i tangencijalno pomeranje otvora (provodnika) u odnosu na položaj pre zavarivanja, vidi sliku 3. Ovom metodom određena su pomeranja do udaljenja 0.5 ± 0.2 [mm] od linije spoja. Merenje pomeranja u zonama bližim liniji spoja nije bilo moguće zbog visoke deformacije pri kontaktnih slojeva metala.

Skretanje provodnika između susednih ravnih (poprečnih preseka šipki) međusobno udaljenih 0.5 mm je određeno

Tabela 1: Uticaj pritiska trenja i sabijanja na radijalno pomeranje otvora (provodnika) pri zavarivanju trenjem sa $V_t=10$ s [mm]

Pritisak /MPa/		Č.7680, r=2.5 mm				Č.7680, r=4 mm				Č.1730, r=2.5 mm				Č.1730, r=4 mm			
		Udaljenje od linije spoja mm															
Pt	Ps	0.5	1	1.5	2	0.5	1	1.5	2	0.5	1	1.5	2	0.5	1	1.5	2
70	-	0.50	0.25	0.15	0.10	1.10	0.80	0.20	0.10	0.70	0.50	0.30	0.20	1.60	0.70	0.40	0.30
80	-	0.60	0.40	0.15	0.10	1.25	0.70	0.15	0.10	1.60	0.90	0.15	0.10	1.70	0.85	0.40	0.30
80	160	0.75	0.25	0.20	0.15	0.85	0.80	0.30	0.20	1.05	0.65	0.40	0.25	U blizini linije spoja zbog velikog tečenja metala došlo je do nastanka prslina između izbušenog otvora i obima šipke			
80	180	0.80	0.35	0.20	0.15	0.90	0.65	0.35	0.25	1.35	0.70	0.40	0.30				
80	210	0.85	0.35	0.20	0.15	1.20	0.70	0.35	0.20	1.40	0.70	0.40	0.15				



Sl. 3. Šematski prikaz slojevitog skidanja metala sa uzoraka i merenja koordinata otvora-provodnika posle deformacije
 Δl [mm] - debљina skidanih slojeva, odnosno rastojanje između merenih ravnih, l [mm] - udaljenje mernih ravnih od linije spoja

Schematic representation of layers of metal removal from sample and measurements of the whole-conductor-coordinates after deformation

(Δl [mm] - the removed layers thickness, i.e., distance between measured planes, l [mm] - the distance of the measurements plane from the joint line)

Изображение слоев снимаемых с образца и измерение координат отверстия-проводника после деформации Δl [мм] - толщина снимаемых слоев металла, т.е. расстояние между измеряемыми плоскостями, l [мм] - отклонение измеряемой плоскости от линии соединения

Tabela 2: Uticaj pritiska trenja i pritiska sabijanja na tangencijalna pomeranja provodnika (otvora) pri zavarivanju trenjem sa $V_t=10$ s [mm]

Pritisak /MPa/		Č.7680,r=2.5 mm				Č.7680,r=4 mm				Č.1730,r=2.5 mm				Č.1730,r=4 mm			
		Udaljenje od linije spoja mm															
Pt	Ps	0.5	1	1.5	2	0.5	1	1.5	2	0.5	1	1.5	2	0.5	1	1.5	2
70	-	0.17	0.13	0.10	0.07	0.25	0.17	0.14	0.10	0.21	0.15	0.12	0.07	0.30	0.22	0.12	0.09
80	-	0.23	0.18	0.11	0.08	0.33	0.25	0.18	0.12	0.26	0.19	0.15	0.08	0.45	0.30	0.16	0.10
80	160	0.20	0.15	0.12	0.08	0.25	0.18	0.14	0.08	0.21	0.19	0.11	0.05	U blizini linije spoja zbog velikog tečenja metala došlo je do nastanka prslina između izbušenog otvora i obima šipke			
80	180	0.17	0.14	0.12	0.08	0.23	0.16	0.11	0.08	0.18	0.14	0.10	0.07				
80	210	0.17	0.12	0.10	0.06	0.23	0.15	0.10	0.06	0.18	0.12	0.09	0.06				

u radijalnom pravcu preko prirasta prečnika Δr , a u tangencijalnom pravcu preko prirasta luka $Ds = r \cdot \Delta\alpha$, gde je $\Delta\alpha$ - prijast ugla skretanja provodnika na dužini $\Delta l = 0.5 [mm]$.

Ukupno relativno skretanje izračunato je prema sledećoj relaciji:

$$\gamma = \operatorname{tg} \beta = \frac{\sqrt{(\Delta r)^2 + (\Delta s)^2}}{\Delta l}$$

Vrednosti relativnog izduženja (ϵ) i brzine deformacije $\dot{\epsilon}$ odredene su preko sledećih relacija:

$$\epsilon = (\gamma + \sqrt{1 + \gamma^2})^{1-k}$$

Tabela 3: Parametri plastične deformacije na udaljenju 0.5 mm od linije spoja

Režim zavarivanja		Srednje skraćenje u fazi trenja [mm/s]	Č.7680						Č. 1730					
			rupa na r=2.5 mm			rupa na r=4 mm			rupa na r=2.5 mm			rupa na r=4 mm		
			γ	ϵ	$\epsilon, s-1$	γ	ϵ	$\epsilon, s-1$	γ	ϵ	$\epsilon, s-1$	γ	ϵ	$\epsilon, s-1$
1.5	-	0.23 (0.3)	0.35	0.19	0.09	0.49	0.26	0.12	0.46	0.25	0.14	1.08	0.60	0.36
1.5	210	0.23 (0.3)	0.43	0.23	-	0.54	0.29	-	0.54	0.29	-	1.54	0.77	-
4	-	0.125 (0.287)	0.50	0.27	0.07	0.96	0.54	0.13	1.82	0.97	0.56	2.30	1.19	0.68
4	210	0.125 (0.287)	0.74	0.41	-	1.85	0.98	-	1.43	0.78	-	1.14	0.63	-
7	-	0.157 (0.43)	0.88	0.49	0.15	1.34	0.72	0.22	2.62	1.32	1.14	2.98	1.47	1.27
7	210	0.157 (0.43)	1.04	0.57	-	2.46	1.26	-	3.02	1.48	-	3.44	1.65	-
10	-	0.15 (0.41)	1.28	0.70	0.21	2.58	1.3	0.39	3.24	1.57	1.29	3.52	1.68	1.37
10	160	0.15 (0.41)	1.54	0.84	-	1.76	0.94	-	2.14	1.10	-	-	-	-
10	180	0.15 (0.41)	1.58	0.86	-	1.86	0.99	-	2.72	1.28	-	-	-	-
10	210	0.15 (0.41)	1.72	0.92	-	2.44	1.25	-	2.82	1.41	-	-	-	-
13.5	-	0.175 (0.45)	1.68	0.90	0.31	1.54	0.82	0.28	3.6	1.70	1.53	-	-	-
13.5	210	0.175 (0.45)	1.82	0.97	-	1.86	0.99	-	2.82	1.41	-	-	-	-
17	-	0.20 (0.47)	1.44	0.79	0.32	2.88	1.43	0.57	2.86	1.43	1.35	-	-	-
17	210	0.20 (0.47)	1.44	0.79	-	2.88	1.43	-	2.86	1.43	-	-	-	-

Napomene:

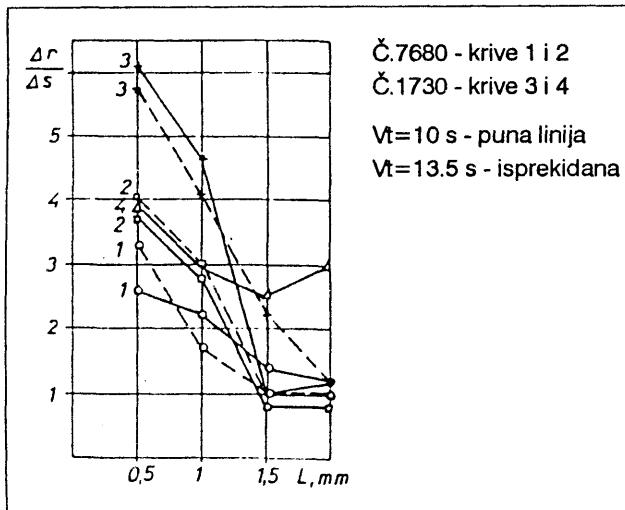
- Srednje skraćenje Č.7680 u [mm/s] dato je van zagradu, dok za Č.1730 dato u zagradama,
- Zavarivanje trenjem obavljeno je sa $P_t = 80 \text{ MPa}$

Tabela 4: Parametri plastične deformacije u toku faze trenja pri zavarivanju trenjem sa $P_t = 80 \text{ MPa}$ u zavisnosti od vremena trenja V_t i početnog udaljenja od ose šipke (r)

V_t [s]	Udaljenje od spoja posle TZ [mm]	Č.7680 r=2.5 mm			Č.7680 r=4 mm			Č. 1730 r=2.5 mm			Č. 1730 r=4 mm		
		0.5	1.28	0.7	0.21	2.58	1.3	0.29	3.24	1.57	1.29	3.52	1.68
10	1	0.87	0.48	0.14	1.48	0.73	0.22	1.84	0.98	0.8	1.8	0.96	0.79
	1.5	0.37	0.2	0.06	0.47	0.25	0.07	0.42	0.23	0.19	0.86	0.48	0.43
	2	0.25	0.13	0.04	0.31	0.17	0.05	0.25	0.13	0.04	0.62	0.3	0.24
	0.5	1.68	0.9	0.31	3.08	1.51	0.53	3.6	1.7	1.53	-	-	-
13.5	1	0.81	0.45	0.15	1.68	0.9	0.32	2.06	1.09	0.99	-	-	-
	1.5	0.41	0.22	0.08	0.54	0.29	0.1	0.88	0.49	0.44	-	-	-
	2	0.28	0.15	0.05	0.41	0.22	0.08	0.37	0.2	0.18	-	-	-

$$\epsilon' = \frac{\Delta \epsilon}{V}$$

gde je: γ - relativno smicanje, jednako tangensu ugla smicanja,
 k - koeficijent deformacije smicanja ($k = -1$),
 ϵ - relativno izduženje,
 ϵ' - brzina deformisanja, s-1,
 $\Delta\epsilon$ - prirast relativne deformacije po dužini,
 V - vreme skraćenja uzorka za veličinu Δl ,
 $V = \Delta l / t$,
 i - brzina skraćivanja ispitivanog uzorka u toku faze trenja pri zavarivanju u [mm/sek].



Sl. 4. Odnosi radikalnog i tangencijalnog pomeranja tački prethodno udaljenih od ose obrtanja 2.5 mm (krive 1 i 3) odnosno 4 mm (krive 2 i 4)

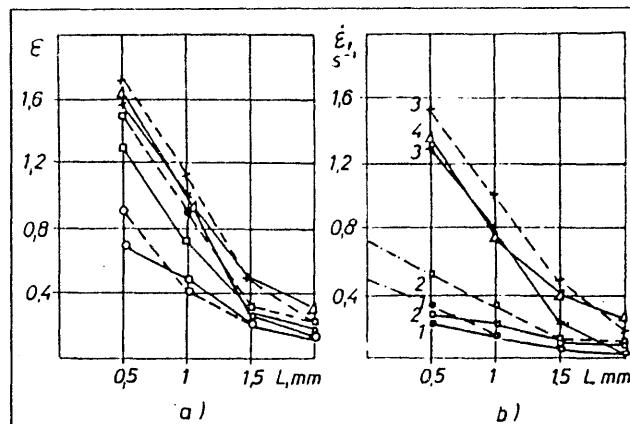
Ratios of radial and tangential displacement of points previously moved from the rotation axis for 2.5 mm - curves 1 and 2, and points moved for 4.0 mm - curves 3 and 4

Соотношение радиального и тангенциального перемещений точек предварительно отклоненных от оси вращения на 2.5 мм (кривые 1 и 2) и точек отклоненных от оси на 4.0 мм (кривые 2 и 4)

4. REZULTATI EKSPERIMENTA I NJIHOVA ANALIZA

Vrednosti izmerenih radikalnih i tangencijalnih pomeranja prikazane su u tabelama 1 i 2, njihov odnos na slici 4, a izračunate vrednosti parametara plastične deformacije u tabelama 3 i 4 i na slici 5.

Radikalna i tangencijalna pomeranja metala u mernim tačkama povećavaju se sa približavanjem liniji spoja i povećanjem P_t i V_t (do 13.5 s) i P_s , kao i početnog udaljenja otvora (provodnika) od ose obrtanja. U svim slučajevima pomeranja mernih tačaka u Č.1730 su veća nego kod čelika Č.7680, izuzev u osi šipke, gde na udaljenju 0.5 mm i više od linije spoja nije utvrđeno skretanje metalnih vlakana u makrozapreminama. Radikalna pomeranja mernih tački kod oba osnovna materijala, pri-



Č.7680 - krive 1 i 2 Č.1730 - krive 3 i 4
 $V_t=10$ s - puna $V_t=13.5$ s - isprekidana linija

sl. 5. Stepen deformacije (a) i brzina deformacije (b) u tačkama prethodno udaljenim od ose obrtanja 2.5 mm (krive 1 i 3) odnosno 4 mm (krive 2 i 4)

Level of deformation (a) and deformation rate (b) in points previously moved from the rotation axis for 2.5 mm - curves 1 and 2, and in points moved for 4.0 mm - curves 3 and 4

Степень деформации (а) и скорость деформирования (б) в точках предварительно отклоненных от оси вращения на 2.5 мм (кривые 1 и 2) и точек отклоненных от оси вращения на 4.0 мм (кривые 2 и 4)

svim režimima zavarivanja trenjem, su veća od tangencijalnih. Kod čelika Č.7680 sa povećanjem udaljenja od ose obrtanja odnos $\Delta r/\Delta s$ raste, a kod čelika Č.1730 ovaj odnos opada. Veća radikalna pomeranja (u odnosu na tangencijalnu) su verovatno posledica zavarivanja trenjem sa velikim brojem obrtaja (2850 ob/min), što smanjuje uvijanje metala po dubini, pa se deformacija odvija u tanjem sloju metala. Pored toga, zbog malog prečnika osnovnog materijala (10 mm), tečenje metala u radikalnom pravcu je bilo olakšano.

Stepen i brzina deformacije rastu sa povećanjem V_t i početnog udaljenja merne tačke od ose obrtanja i sa približavanjem liniji spoja, i veći su kod Č.1730 u odnosu na čelik Č.7680. U slojevima udaljenim od linije spoja za 0.5 do 1 mm relativni stepen plastične deformacije je visok, tako da kod čelika Č.1730 dostiže vrednost oko 1.7.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata merenja plastične deformacije može se zaključiti da se pri konstantnim naponskim uslovima zadatim od maštine (P_b , P_s) sa povećanjem V_t do 13.5 s uglavnom rastu vrednosti parametara plastične deformacije (Δr , Δs , γ , ϵ , ϵ'). Pri vremenima trenja dužim od 13.5 s proces ulazi u takozvanu kvazistacionarnu fazu trenja u kojoj se temperaturno - deformacioni uslovi bitnije ne menjaju.

LITERATURA

- [1] V. I. Vilj: Svarka metalov trenijem, Mašinostroenie, Moskva, 1970.,
- [2] S. A. Sergin i dr.: Vlijanje skorosti vraćenja na prodoljnuju osadku prisvarke stalej trenjem, Svaročnoe proizvodstvo, 2/76.,
- [3] S. A. Seregin i dr.: Stepen plastičeskoj deformaci pri svarke matalov trenjem, Svaročnoe proizvodstvo, 8/76.,
- [4] K. Fkakusu, T. Satoh: Travelling Phenomenal of Rotational plane during Friction Welding, IIW Doc. III-806/85.

- [5] R. Ćirić, Prilog analizi osobina trenjem zavarenih spojeva Č.7680 sa Č.1730, Magistarski rad, TMF, Beograd, 1988.,
- [6] R. Ječmenica, Ispitivanje triboloških karakteristika zavojnih burgija dobijenih tehnologijama glodanja, brušenja i valjanja, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1980.

*) Rad predstavlja deo istraživanja na projektu "REVITALIZACIJA TEHNOLOGIJA U INDUSTRiji PRERADE METALA" koji realizuju Mašinski fakultet u Kragujevcu i Tehnički fakultet u Čačku, a sufinansira Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije.

Influence of Friction Welding Parameters of Č.7680 and Č.1730 on character of Plastic Deformation of Layers Close to Friction Plane

In the paper are presented results of experimental investigations of friction welding regimes influence on the magnitude of plastic deformation in the contact zone. Investigation results enabled establishing the relationship between welding parameters V_b , P_b and P_s , and plastic deformation parameters. It is concluded that, at constant stress conditions set by the machine (P_b , P_s), with of V_t up to 13.5s values of plastic deformation parameters are also increased (dr , ds , γ , ε , ε'). For contact duration times longer than 13.5s the process enters into the quasi-stationary phase of friction in which the temperature - deformation conditions do not vary very significantly.

Влияние параметров сварки трением Č.7680 и Č.1730 на характер пластичной деформации слоёв в зоне плоскости трения

В работе изложены результаты экспериментальных исследований влияния режима сварки трением на сущность пластичной деформации материала в зоне контакта. На основании полученных результатов обнаружена взаимосвязь параметров сварки V_b , P_b и P_s и параметров пластичной деформации. Установлено, что при постоянных напряжениях, заданных машиной (P_b , P_s) и при повышении V_t до 13.5 с повышающиеся значения параметров пластичной деформации (dr , ds , γ , ε , ε'). При продолжении контакта больше 13.5 с процесс переходит в "квазистационарную" фазу трения в которой температурно-деформационные условия в значительной мере не изменяются.

D. ADAMOVIĆ, M. BABIĆ, B. JEREMIĆ

Uticaj bombardovanja površine snopom čeličnih kuglica na parametre hrapavosti

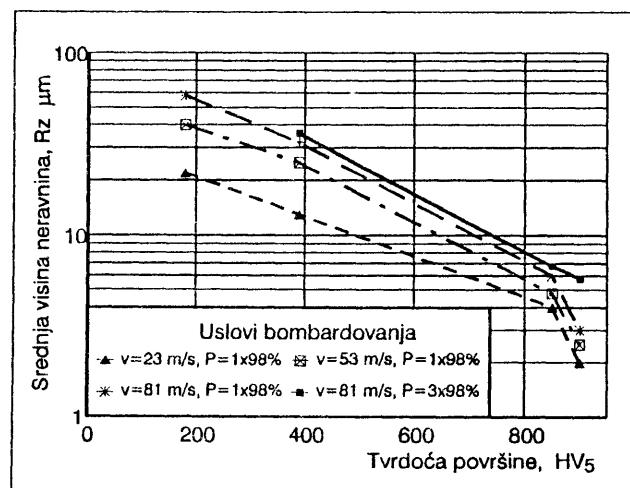
1. UVOD

Hrapavost površine ima vrlo značajan uticaj na zamornu čvrstoću delova. Sa povećanjem hrapavosti dolazi do smanjenja zamorne čvrstoće. S obzirom da svi parametri bombardovanja, više ili manje, utiču na promenu hrapavosti, potrebno je poznavati njihovo dejstvo, kako bi obezbedili željenu ili potrebnu hrapavost. Na slici 1 [1] prikazana je promena hrapavosti za različite tvrdoće materijala koji se bombarduje pri raznim uslovima bombardovanja. Krive su dobijene pri različitim brzinama kuglica, pri čemu je za brzinu od 81 m/s razmatrana jednostruka ($1 \times 98\%$) i trostruka ($3 \times 98\%$) prekrivenost površine. U okviru jednog stepena tvrdoće materijala raste hrapavost sa povećanjem brzine kuglica. Sa povećanjem tvrdoće materija, koji se podvrgava bombardovanju kuglicama, dolazi do smanjenja hrapavosti pri svim brzinama kuglica, s tim što je to smanjenje intenzivnije kod tvrdih nego kod mekih materijala. Uticaj stepena prekrivenosti ($3 \times 98\%$), poraslog usled produženja vremena bombardovanja trostruko u odnosu na 98% -nu prekrivenost, vredan je pomena samo kod najvećih ispitivanih tvrdoća materijala.

Almen intenzitet, kao jedan od najvažnijih parametara bombardovanja, određuje veličinu otiska, izazvanu kuglicama na površini materijala, što utiče na povećanje vrednosti R_a i R_t . Uticaj Almen intenziteta [2] na srednje aritmetičko odstupanje profila R_a , za različite tvrdoće materijala prikazan je na slici 2. Za jedan te isti materijal, R_a raste sa povećanjem Almen intenziteta. Kod mekih

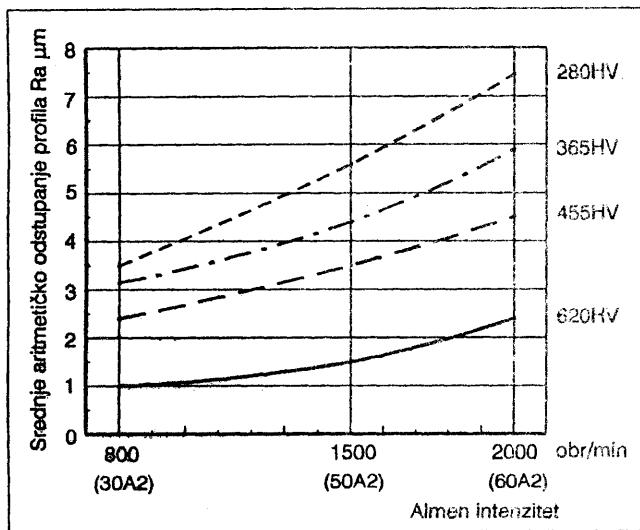
materijala dobiće se veće vrednosti parametara hrapavosti nego kod tvrdih materijala.

Veličina kuglica je od vrlo bitnog značaja za bombardovanu površinu. Ona s jedne strane određuje energiju udara, pa prema tome i dubinu dobijenog otiska, a s druge strane prečnik otiska koji je proporcionalan prečniku korišćene kuglice. Slika 3 pokazuje uticaj veličine kuglica na srednje aritmetičko odstupanje profila R_a , za operaciju bombardovanja čiji je Almen intenzitet 30A2 [3]. Sa dijagrama se vidi da povećanje prečnika kuglica ne dovodi uvek i do povećanja hrapavosti. Za svaku datu tvrdoću materijala postoji optimalni prečnik kuglica po moću kojeg se dobija najbolja površinska obrada. U prethodno opisanom primeru, kuglice prečnika 0.6 mm daju najbolje rezultate na čeliku čija je tvrdoća od 280 do 365 HV . U slučaju čelika čija je tvrdoća 455 HV , kuglice

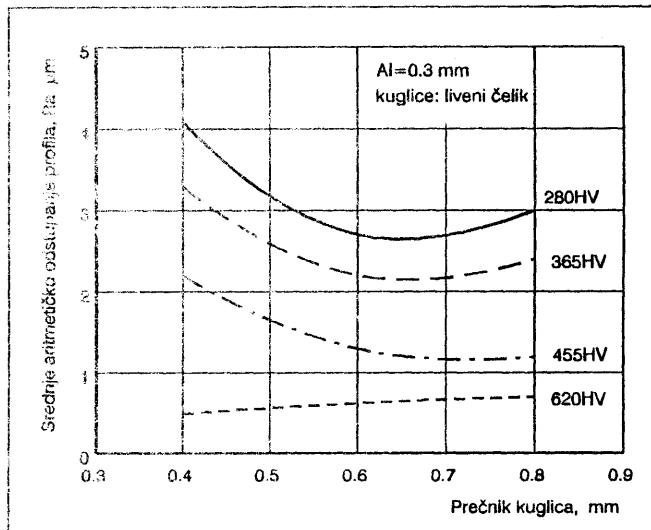


Sl. 1 Uticaj uslova bombardovanja na hrapavost površine (R_a) u funkciji od tvrdoće materijala
Influence of the shot-pinning conditions on surface roughness (R_a) as a function of material hardness
Влияние условий дробесцирной обработки на шероховатость поверхности (R_a) в зависимости от её твёрдости материала

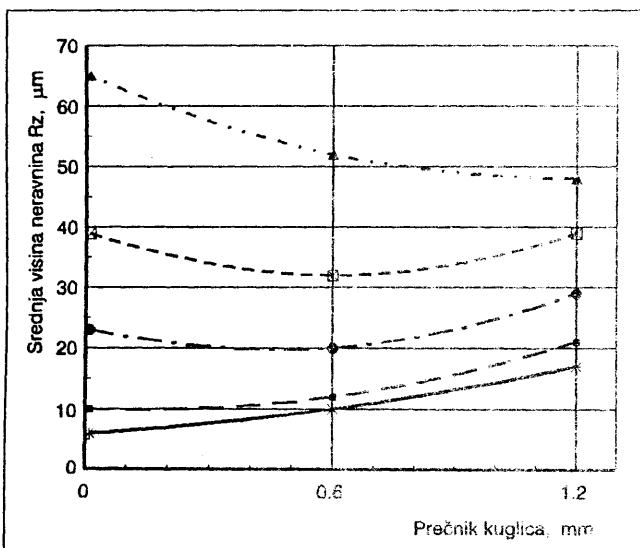
Dragan Adamović, dipl.ing. asistent,
Mašinski fakultet Kragujevac
Dr Miroslav Babić, dipl.ing. docent,
Mašinski fakultet Kragujevac
Dr Branislav Jeremić, dipl.ing. vanr. prof.,
Mašinski fakultet Kragujevac



Sl. 2 Uticaj Almen intenziteta na promenu hrapavosti (Ra) površine za različite tvrdoće materijala
Influence of the Almen intensity on variation of surface roughness (Ra) for different material hardnesses
Воздействие Алмен-интенсивности на изменение шероховатости поверхности (Ra) для различных твердосплавных материалов



Sl. 3 Uticaj veličine kuglica na površinsku hrapavost (Ra) pri različitim tvrdoćama materijala
Influence of the balls diameter on surface roughness (Ra) for different material hardnesses
Влияние величины дроби на шероховатость (Ra) поверхности при различных твёрдостях материала



Sl. 4 Promena hrapavosti površine (Rz) posle bombardovanja kuglicama različitog prečnika pri raznim početnim vrednostima hrapavosti (Rz)
Change of surface roughness (Rz) after shot-peening with balls of different diameters for different initial values of roughness (Rz)
Изменение шероховатости поверхности (Rz) после дробеструйной обработки дробью различных диаметров и при различных исходных значениях шероховатости (Rz)

prečnika 0.3 mm daju najbolje rezultate a za čelik čija je tvrdoća 620 HV kuglice prečnika 0.4 mm daju najmanju hrapavost površine. Pri dosadašnjim razmatranjima nije uzimana u obzir početna hrapavost površine koja se bombarduje, a koja ima vrlo veliki uticaj na završnu hrapavost površine. Na slici 4 prema [4] pokazana je promena srednje visine neravnina R_z nastala usled bombardovanja kuglicama različitog prečnika pri raznim početnim vrednostima R_z . Vidimo da pri velikoj početnoj hrapavosti sa povećanjem prečnika kuglica dolazi do smanjenja R_z , a za male hrapavosti ta zavisnost je suprotna.

2. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA

Eksperimentalna ispitivanja izvedena su na epruvetama od čelika za poboljšanje Č.5630. Hemski sastav ispitivnog materijala dat je u tabeli 1, a mehaničke osobine u tabeli 2. Hrapavost je merena na brušenim i kuglicama bombardovanim uzorcima.

Postupak bombardovanja je izведен na pneumatskoj mašini za bombardovanje ES-1580 PANGBORN, sa kuglicama od livenog čelika prečnika $D = 0.8 \text{ mm}$ (S 330). Intenzitet bombardovanja iznosio je IA = 16A2 sa delimičnom ($P=50\%$) i potpunom ($P=98\%$) prekrivenošću

Tabela 1. Hemski sastav čelika Č 5630

Element	Hemski sastav %.										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	Cu	P	S	
Č 5630	propisan	0.18 do 0.28	0.17 do 0.37	0.25 do 0.55	1.35 do 1.65	4.00 do 4.50	0.80 do 1.20	-	max 0.25	max 0.03	0.01 do 0.03
	određen	0.23	0.29	0.32	1.41	1.12	1.15	-	0.14	0.021	0.02

površine. Mlaznica je bila postavljena pod uglom od 80° u odnosu na površinu koja se bombarduje. Rastojanje vrha mlaznice od bombardovane površine iznosilo je $L=200\text{ mm}$.

Tabela 2. Garantovane vrednosti mehaničkih osobina za čelik Č.5630

Rp	Rm	A	Z	KU _{300/2}
MPa		%	J	
Najmanje				
930	1080	11	5	71

Hrapavost je merena na kompjuterizovanom mernom sistemu TALYSURF 6 koji omogućuje:

- merenje velikog broja relevantnih parametara hrapavosti,
- statističku obradu rezultata merenja parametara hrapavosti,
- prikazivanje rezultata na ekranu i njihovo memorisanje, štampanje i crtanje i
- prostorno skeniranje površine.

U tabeli 3 prikazani su izmereni parametri hrapavosti za sva tri stanja površine.

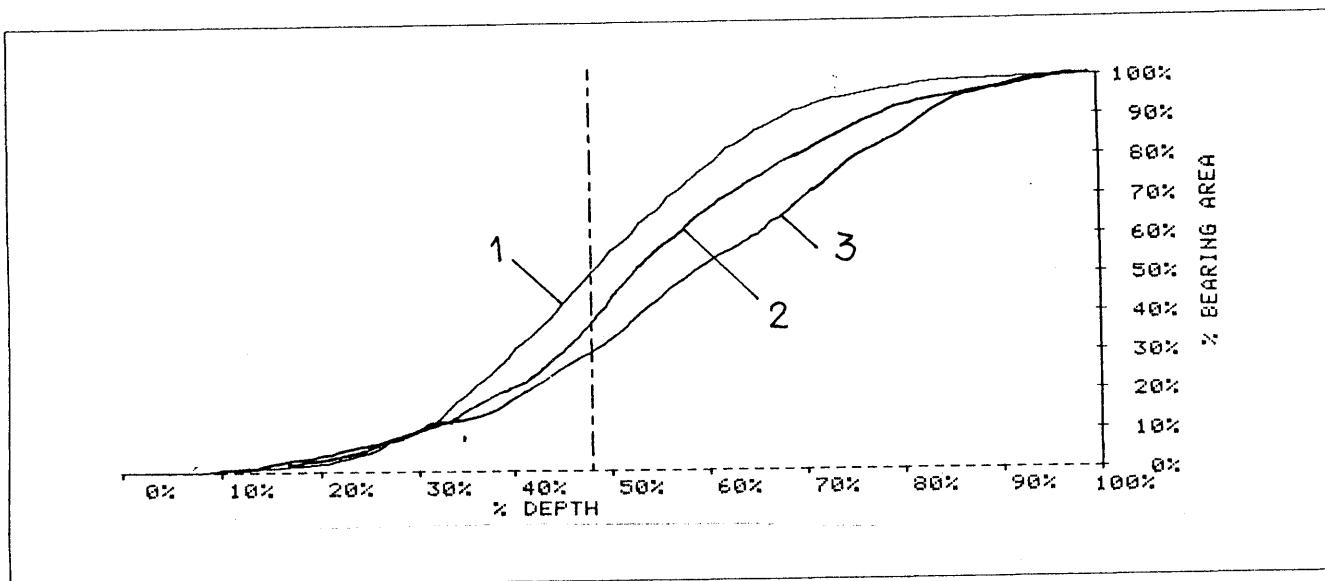
Na slici 5 prikazane su krive nošenja površine dobijene brušenjem, delimičnim bombardovanjem i potpunim bombardovanjem.

Izgled brušene i bombardovane površine dobijen pri povećanju mikroskopa od 50x dat je na slici 6.

Naočiglednija predstava o izgledu posmatranih površina dobija se na osnovu snimljenog prostornog lika tih površina (slika 7).

Tabela 3. Izmereni parametri hrapavosti na uzorcima od čelika Č.5630

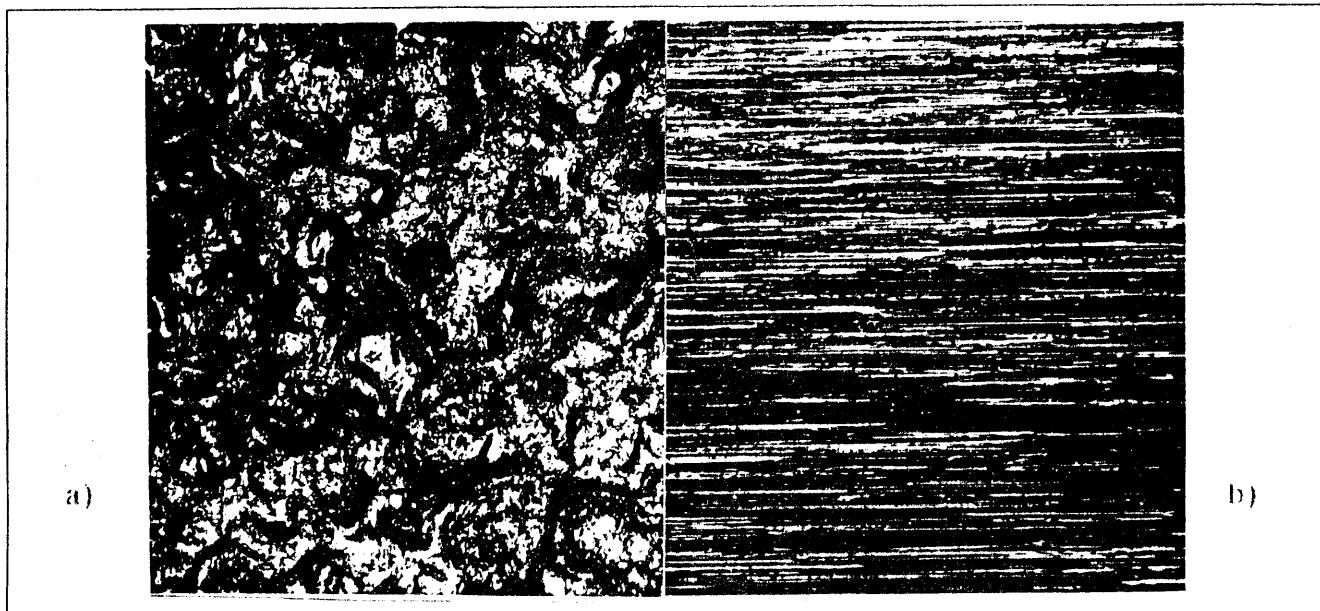
Stanje	Brušeno	Delimično bombardovano	Bombardovano
Parametar	P = 98%	P ≈ 50%	P = 98%
Ra μm	0.307	1.18	1.51
Rq μm	0.383	1.52	1.83
Rv μm	1.31	3.9	4.0
Rp μm	1.21	4.3	5.5
Rz μm	2.52	8.2	9.5
Rt ₁ μm	2.24	6.0	6.4
Rt ₂ μm	1.61	7.4	6.8
Rt ₃ μm	2.42	8.1	6.1
Rt ₄ μm	1.88	5.6	8.1
Rt ₅ μm	2.02	4.9	9.3
Ry μm	2.42	8.1	9.3
Rtm μm	2.03	6.4	7.3
Sm μm	36	156	213Δ
Δq °	3.9	4.0	3.3
Rsk	-0.2	0.0	0.2
Rku	3.0	3.0	2.5
S μm	15	28	81
Rpm μm	0.93	3.6	3.9



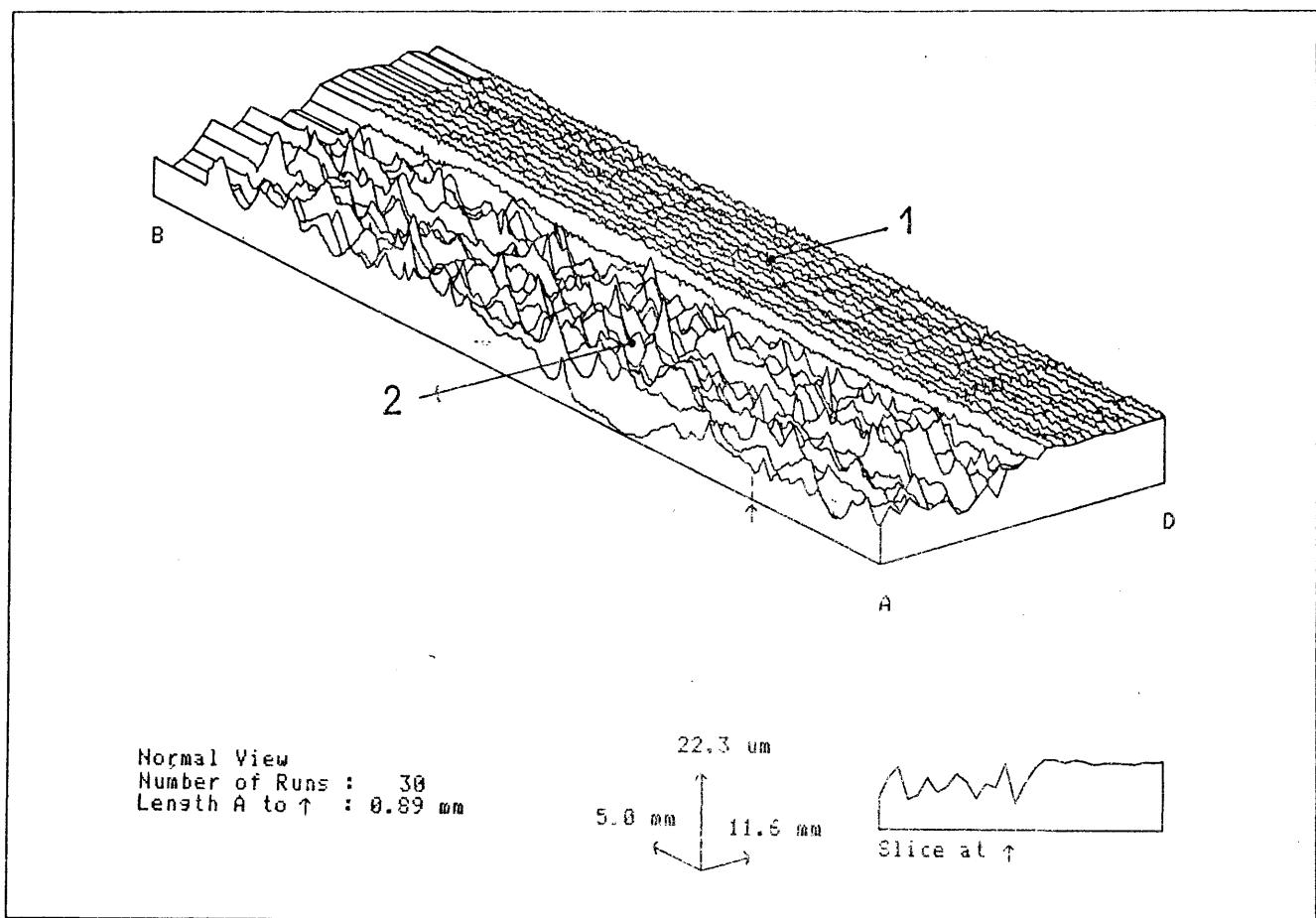
Slika 5 Krive nošenja za brušenu (1), delimično bombardovanu (2) i bombardovanu površinu (3)

Carrying curves for ground (1), partially shot-pinned (2) and shot-pinned (3) surface

Кривые кон тактии для шлифованной (1), частично наклеенной (2) и вполне наклеенной поверхности



Slika 6. Izgled bombardovane i nebombardovane površine (uvećanje 50x)
Appearance of ground (a) and shot-pinned (b) surface (magnification 50x)
Вид шлифованной (а) и наклётанной (б) поверхности (увеличение в 50раз)



Slika 7. Izgled 3D površine dobijene brušenjem (1) i bombardovanjem (2)
Appearance of 3D surface obtained by grinding (1) and shot-pinning (2)
Поверхность 3Д получены шлифованием (1) и дробеструйной обработкой (2)

3. ZAKLJUČAK

Ispitivanja izvedena u ovom radu pokazuju da dolazi do pogoršanja parametara hrapavosti površine dobijene bombardovanjem u odnosu na brušenu površinu. S obzirom da je prvenstveni cilj obrade snopom čeličnih kuglica povećanje dinamičke čvrstoće delova, pogoršanje parametara topografije površine ne dovodi uvek do smanjenja zamornog veka delova (zbog povoljnog uticaja pritisnih zaostalih napona). Dobijeni rezultati ukazuju na potrebu optimizacije režima bombardovanja (Almen intenzitet, prekrivenost površine, prečnik i karakteristike kuglica) kako bi se dobila što bolja topografija površine ali u isto vreme i ostvarilo odgovarajuće povećanje dinamičke čvrstoće.

LITERATURA

- [1] H. Wohlfahrt, Kugelstrahlen und Dauerschwingverhalten, ICSP1, Paris, 1981.
- [2] A. Niku-Lari, Shot-Peening, Advances in Surface Treatments, volume 5, Pergamon Press, Oxford, 1987.
- [3] A. Niku-Lari, Overview on the Shot-Peening process, ICSP1, Paris, 1981.
- [4] W. Przybylski, Tehnologia obróbki nagniataniem, Warszawa, 1987.

Influence of Shot-pinning With Steel Balls Stream on Roughness Parameters

By the procedure of shot-pinning of the surface with the steel balls stream the roughness parameters can be improved or worsened, what depends on material type, initial roughness, as well as on the shot-pinning conditions. In the paper are presented and analyzed some results of investigations of influence of surface plastic deformation by the stream of the steel balls on ground surface topography of samples made of Č.5630. Obtained results indicate worsening of height and structural parameters obtained for the chosen regime of mentioned machining.

Влияние дробеструйной обработки стальной дробью на шероховатость поверхности

Дробеструйной обработкой стальной дробью параметры шероховатости поверхности могут быть улучшены или ухуджены, что зависит от сорта материала, начальной шероховатости и параметров обработки. В работе анализируются некоторые из результатов проведенных исследований воздействия поверхности пластичного деформирования дробеструем на топографию шлифованных образцов из стали Č.5630. Полученные результаты указывают на ухудшение параметров высоты и структуры шероховатости, возникшей при описанном способе обработки.

**B. JEREMIĆ, Z. RADOJEVIĆ,
S. BACKOVIĆ - JEREMIĆ, N. MILIĆ**

Izbor kriterijuma za ocenu nivoa tehnologije održavanja

ISTRAŽIVANJA

1. UVOD

Posmatrajući svetske integracione procese i neophodno planiranje našeg izlaska na svetsko tržište, celokupnu problemadku ocene tehnologije održavanja treba posmatrati u sklopu standarda ISO 9004. Ovo se prvenstveno odnosi na kontrolu opreme i održavanje, odnosno preporuke koje su vezane za neophodnu primenu programa preventivnog održavanja i odgovarajuće tehnologije.

Osim postizanja zahtevanog kvaliteta proizvoda, primjena tehnologija održavanja mora da obezbedi i smanjenje vremenskih gubitaka zbog pojave otkaza na opremi. Očigledno je da eliminisanje pojave otkaza i kvantifikacije uticaja nivoa tehnologije održavanja treba posmatrati kompleksno.

U ovom saopštenju se daje jedan takav pristup kroz rezultate dobijene u okviru projekta vezanog za optimalni sistem održavanja u jednom proizvodnom preduzeću srednje veličine (firma "N") sa više proizvodnih organizacionih celina - "fabrika".

*Dr Branislav Jeremić, dipl. ing., vanredni profesor
Mašinskog fakulteta u Kragujevcu
Dipl. ing. Zoran M. Radojević, dir. za razvoj sistema
održavanja u Zastava automobili d.d.
Dipl. ing. Slavka Backović - Jeremić, odgovorni projektant
organizacije ZNP doo
Dipl. ing. Nenad Milić, asistent pripravnik Mašinskog
fakulteta u Kragujevcu*

2. EFEKTIVNOST TEHNIČKIH SISTEMA U ZAVISNOSTI OD NIVOA TEHNOLOGIJE ODRŽAVANJA

Tehnički sistemi ili njihovi sastavni elementi u toku procesa eksploatacije menjaju svoje karakteristike (habanje, starenje, itd.). Ovo dovodi do promene izlaznih parametara pri kontrolisanom ulazu u sistem. Tako dolazi do poremećaja u funkciji, odnosno nepostizanja unapred postavljenih kriterijuma vezanih za proizvodnost, kvalitet proizvoda, itd.

Da bi se tehničkom sistemu omogućilo da u što dužem periodu obezbeduje izlazne parametre u granicama dozvoljenih odstupanja, neophodno je na njemu sprovoditi određene aktivnosti.

Generalno posmatrano, povećanje efektivnosti tehničkog sistema (ili sprečavanje pojave otkaza) se može postići preduzimanjem sledećih pet aktivnosti kao što su:

1. Obezbeđenje osnovnih preduslova za rad opreme (čišćenje, podmazivanje i kontrolni pregledi),
2. Otklanjanje neregularnosti u radu,
3. Otklanjanje nedostataka vezanih za dizajn,
4. Uvođenje obuke za operatore i održavaoce i
5. Pridržavanje propisane procedure u eksploataciji (odnosi se na operatora).

Iz prethodno navedenog je očigledno da su prve četiri tačke vezane za tehnologiju održavanja ili način njenog sprovođenja. To znači da efektivnost tehničkih sistema u najvećem obimu zavisi od održavanja.

Idealno posmatrano, može se reći da pojava otkaza može biti eliminisana uvođenjem preventivnog održavanja i

prateće tehnologije, ili korišćenjem tehničkih sistema sa rešenjima koja ne zahtevaju nikakvo održavanje.

Međutim, tehnički sistemi koji se trenutno koriste u procesu proizvodnje kao i primenjena tehnologija održavanja istih, daleko su od idealnog. Zbog toga je, da bi se povećala efektivnost postojećeg tehničkog sistema, neophodno permanentno raditi na unapređenju sistema održavanja.

Najefikasnije je da se postave polazni kriterijumi za ocenu metode i tehnologije održavanja, izabere metodologija za kvantificiranje uticajnih parametara i na osnovu utvrđenog stanja planiraju aktivnosti za unapređenje sistema održavanja.

3. IZBOR KRITERIJUMA ZA OCENU NIVOA TEHNOLOGIJE ODRŽAVANJA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Za identifikaciju primenjene metode održavanja, kao i ocenu nivoa tehnologije održavanja primenjena je analitička metodologija za ocenu stanja.

Ova metodologija polazi od :

- ▶ procene zahteva za održanjem opreme i
- ▶ procene nivoa primenjene tehnologije po svakoj aktivnosti održavanja.

Zahtevi za održavanjem procenjuju se na bazi:

- tehničko-tehnološkog nivoa i vrste proizvodnje,
- pouzdanosti i pogodnosti opreme za održavanje i
- kritičnosti opreme, tj. ugroženosti procesa proizvodnje zbog otkaza.

Procena nivoa tehnologije vrši se za osnovne aktivnosti održavanja koje čine:

- čišćenje,
- podmazivanje, kontrola i zamena ulja,
- preventivni i kontrolni pregledi,
- popravke,
- srednji remont i
- generalni remont, a na bazi definisanih kriterijuma.

Kriterijumi za ocenu nivoa tehnologije održavanja koji se prezentiraju u ovom saopštenju postavljeni su u okviru projekta iz oblasti održavanja, koje Mašinski fakultet u Kragujevcu realizuje za potrebe naše industrije.

Za svaku od napred navedenih aktivnosti održavanja utvrđeni su svi relevantni kriterijumi i procenjen njihov faktor značajnosti. Ovi faktori su definisani od strane ekspertne grupe koja se poslovima održavanja bavi više od 20 godina.

Tako na primer za aktivnost podmazivanja i kontrolu i zamenu ulja kriterijumi i faktori značajnosti dati su u tabeli 1.

Tabela 1. Kriterijumi i faktori značajnosti

KRITERIJUMI	Faktor značajnosti
Dokumentacija proizvođača opreme	1.5
Dokumentacija službe održavanja	1.4
Metod rada	1.4
Organizacija službe održavača	1.0
Oprema za izvođenje podmazivanja	1.0
Kadrovi	0.8
Terminiranje aktivnosti	0.8
Informacioni sistem	0.8
Planiranje i skladištenje sredstava za podmazivanje	0.8
Obrada informacija	0.5
UKUPNO	10.0

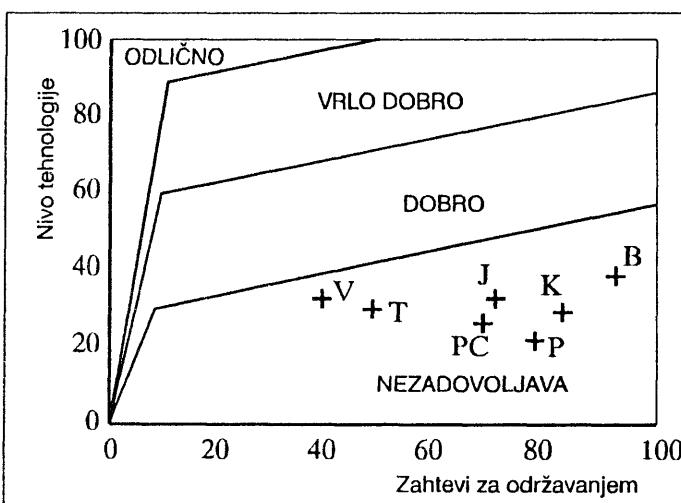
Odabrane kriterijume treba analizirati u sklopu tehničko-tehnološkog nivoa proizvodne opreme, odnosno potrebe za njenim održavanjem.

Kada je u pitanju aktivnost podmazivanja, potreba, odnosno zahtev za održavanjem se procenjuje na osnovu:

- ▶ prisutnog nivoa automatizacije podmazivanja i njegove pouzdanosti i
- ▶ stepena uticaja tehnologije podmazivanja na proces proizvodnje sa aspekata zastoja opreme.

Na osnovu usvojene metodologije izvršena je procena nivoa tehnologije podmazivanja za pojedine fabrike (B, J, K, P, PC, T i V) iz okvira firme "N", a rezultati su dati na slici 1.

U analiziranom primeru, nivo tehnologije podmazivanja je uglavnom nezadovoljavajući. Izuzetak je fabrika "V" u kojoj se nalazi oprema sa niskim zahtevima

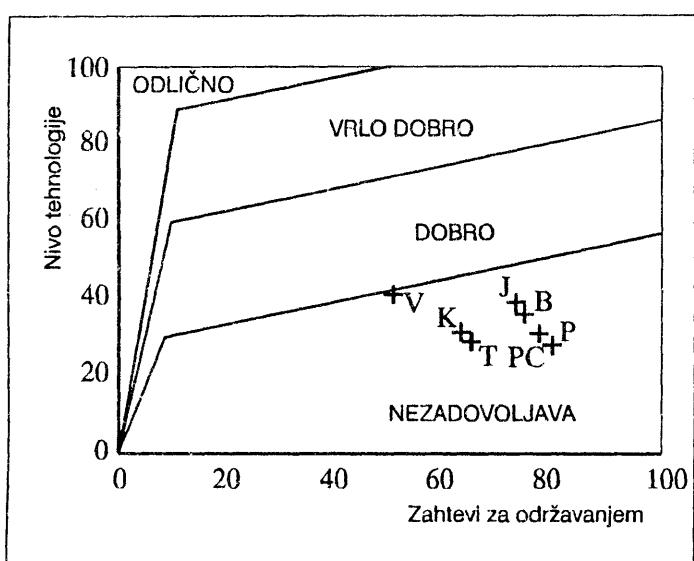


*Slika 1. Ocena nivoa tehnologije podmazivanja
Lubrication technology level evaluation
Оценка уровня технологий смазки*

za podmazivanjem, koji proizilaze iz dobro rešenih i automatizovanih sistema podmazivanja. Opšta ocena za sve fabrike je nizak nivo tehnologije podmazivanja što prouzrokuje česte otkaze kao i visoke troškove održavanja zbog zastoja i popravki.

Imajući u vidu, kriterijume na osnovu kojih se došlo do ovakve ocene stanja, kao i činjenicu da su zahtevi za podmazivanjem definisani tehnoškim nivoom opreme, neophodno je da se u procesu podmazivanja izvrše bitna poboljšanja u delu: izrade dokumentacije za podmazivanje, definisanja ciklusa programiranog podmazivanja, organizacije i informacionog sistema podmazivanja.

Na bazi iste metodologije i odgovarajućih kriterijuma date su i ocene: tehnoškog nivoa preventivnih intervencija sl. 2 i tehnoškog nivoa korektivnih intervencija sl. 3.



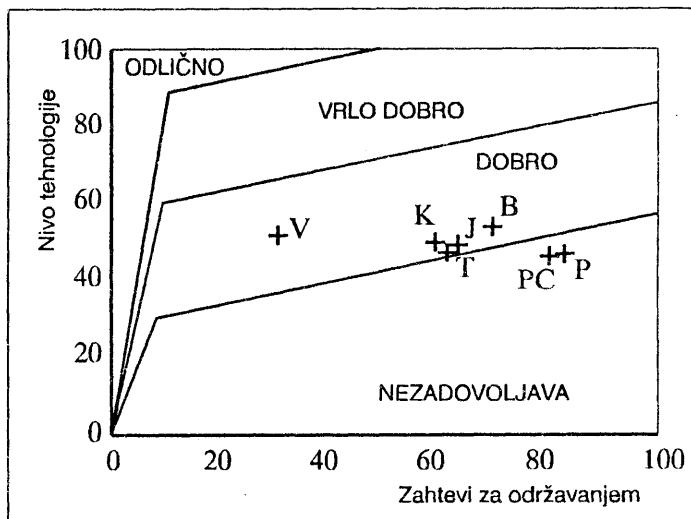
Slika 2. Ocena tehnoškog nivoa preventivnih intervencija
Preventive interventions technological level evaluation
Оценка уровня профилактических мероприятий

Na osnovu ocena svih aktivnosti i za njih odabranih kriterijuma došlo se do kompleksne ocene tehnoškog nivoa sistema održavanja u analiziratnoj firmi "N" (sl. 4).

Ukupan raspon od najnižeg do najvišeg tehnoškog nivoa održavanja podeljen je u četiri nivoa (TN01, TN02, TN03 i TN04). Četvrti nivo je najviši i može se postići samo na opremi visoke tehnologije (automatizacija, autodijagnostika, itd.).

U našem primeru sve aktivnosti održavanja identifikovane su u prvom tehnoškom nivou (TN01).

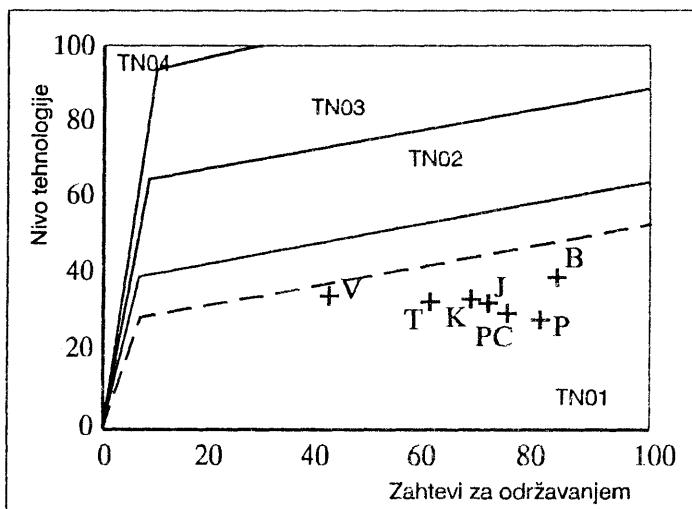
TN01 je najniži nivo tehnologije održavanja proizvodne opreme gde je uglavnom zastupljena metoda korektivnog održavanja. Ova metoda se danas retko koristi kao posebna metoda, a odlikuje se čestim i



Slika 3. Ocena tehnoškog nivoa korektivnih intervencija
Corrective interventions technological level evaluation
Оценка технологического уровня корректиивных мероприятий

dugim zastojima i skoro nikakvim planiranim održavanjem. Posebno slabo mesto karakteristično za firmu "N" je neadekvatno sprovođenje planiranog podmazivanja, koje je neophodno imati čak i kod održavanja u prvom tehnoškom nivou.

Iz napred date ocene stanja održavanja u firmi "N", proizilazi da se tehnologija održavanja mora bitno unaprediti i to pre svega uvođenjem: programiranog podmazivanja, preventivnog održavanja po metodi "održavanje po stanju" i kompjuterizovanog informacionog sistema. Uz manje rekonstrukcije opreme, koje se odnose na ugradnju programabilnih automata, primenu odgovarajućih programa za dijagnostiku, može se postići da se održavanje dela opreme u firmi "N" prevede u treći tehnoški nivo.



Slika 4. Tehnoški nivo sistema održavanja firme "N"
Maintenance system technological level of "N" firm
Технологический уровень системы обслуживания фирмы "Н"

4. ZAKLJUČAK

Da bi se uspešno upravljalo sistemom održavanja, odnosno obezbedila visoka efektivnost proizvodnog sistema, neophodno je stalno ocenjivati primjenjeni nivo tehnologije održavanja. Kod ocene tehnologije treba poći od sagledavanja svih aktivnosti i kriterijuma vezanih za svaku od njih.

Metodologija koja je delimično prezentirana u saopštenju omogućila je da se na sistemski način oceni nivo tehnologije održavanja u firmi "N" i preduzmu aktivnosti u cilju optimizacije celokupnog sistema održavanja (grupisanje aktivnosti, uvođenje pregleda opreme, informacioni sistem, itd.).

LITERATURA

- [1.] Nakajima S., *Introduction to Total Productive Maintenance*, Productivity Press, Inc., Cambridge, 1988.
- [2.] Wireman T., *World Class Maintenance Management*, Industrial Press., New York, 1990 .
- [3.] Standard ISO 9004
- [4.] Projekti "Unapredjenje sistema održavanja", Mašinski fakultet, Kragujevac 1991/92.

* Rad je izložen na Trećoj jugoslovenskoj konferenciji o tribologiji YUTRIB'93, Kragujevac, 24. - 25. juna 1993. god.

Criterions Selection of Maintenance Technology Level Evaluation

Maintenance technology level has the main effect on production system efficiency. That means that all the applied maintenance technology activities must be quantified i. e. measurable. Thus is the only way to say how good something is and what should be done to improve it. This paper presents one approach to the maintenance technology level evaluation. Partial evaluation results are given through the example of one yugoslav producers.

Выбор критериев оценки уровня технологии обслуживания

Решающее влияние на эффективность производственной системы оказывает уровень технологии обслуживания. Это значит, что операции примененной технологии обслуживания должны быть квантифицированными, т.е. измеряемыми. Это единственный способ определения её достоинств и установления мер для их необходимых для её улучшения. В работе показан один из подходов к оценке уровня технологии обслуживания. Результаты парциальной оценки даны на примере одного из югославских заводов.