



8th International Tribology Conference

Osma internacionalna konferencija o tribologiji
Beograd, 8. - 10. oktobra 2003.

TRIBOLOŠKI PROCESI VEŠTAČKOG ZGLOBA KUKA

Prof. dr Bogdan SOVILJ, *Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, tel: ++381 21 350 122, fax: ++381 21 58 133, e-mail: bsovilj@uns.na.ac.yu, 21000 Novi Sad, Srbija i Crna Gora*

Prof. dr Amaida IGARTUA, *Fundacion Tehniker, Manufacturing Processes Department, tel: 34 943 20 67 44, fax: 34 943 20 27 57, Avda Otaola 20, e-mail: aigartua@tekniker.es, 20600 Eibar, Spain*

Prof. dr Eugeniusz KLUGMANN, *Technikal University of Gdansk, Department of Solid-State Electronics, tel: +48 58 347 17 34, e-mail: eklug@pg.gda.pl, Gdansk, Poland*

Dipl. ing. Đorđe VUKELIĆ, *Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, tel: ++381 21 350 122, fax: ++381 21 58 133, e-mail: vukelic@uns.na.ac.yu, 21000 Novi Sad, Srbija i Crna Gora*

Rezi me

Primenom veštačkog zgloba kuka ostvarena je davnašnja težnja medicinske misli da se oboleli ili oštećeni deo tela zameni. Tribološki procesi razvijaju se kod svih vrsta tribo-mehaničkih sistema u zonama kontakata elemenata u dodiru uz prisustvo neke vrste maziva kao trećek tela. Kontakt u osnovnom tribo-mehaničkom sistemu može biti ostvaren između dva elementa od metalna u prisustvu neke vrste maziva, ali isto tako može biti ostvaren i između dva elementa od kojih je jedan metal a drugi nemetal ili su oba elementa od nemetala. U radu su dati rezultati ispitivanja habanja na elementima veštačkog kuka, izrađenih od različitih materijala, upotrebom simulatora.

Ključne reči: tribološki procesi, habanje, veštački zglob kuka, materijal, protetički simulator

1. UVOD

Nastojanje da se hirurškim putem uspostavi ponovna funkcionalnost kuka potiče još iz prošlog veka, 1826. Burton, a 1830. Rotgers. Kasnije su činjeni stalni pokušaji ka usavršavanju, kako operativne tehnike, tako i materijala pogodnih za izradu proteza. Protezu od nerđajućeg čelika prvi put je primenio Wils 1938. godine. tek posle II svetskog rata, zahvaljujući razvoju novih tehnologija, za potrebe vojne, avio i kosmičke industrije, došlo je do stvaranja novih materijala koji su biološki kompatibilni, tj. indiferentni prema svim tečnostima iz organizma i time pogodni za primenu u medicini, a naročito za izradu implanata za potrebe ortopedije, traumatologije i stomatologije. Rezultat ovih istraživanja je da se broj ugrađenih proteza zgloba kuka stalno povećava.

Proteza zgloba kuka ima zadatak da korisniku omogući normalan život i rad. Pod normalnim

uslovima proteza zgloba kuka treba besprekorno da funkcioniše od ugradnje do revizije u periodu od 15 godina, ili da izdrži 12 miliona ciklusa.

Elementi veštačkog zgloba kuka su glavica i čašica.

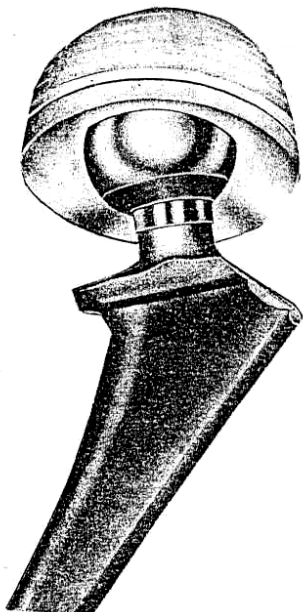
Osnovni zadatak glavice proteze je da prenese opterećenje na telo proteze, a ova na donji ekstremitet i da u sklopu sa čašicom acetabulumom ostvari laku pokretljivost zgloba kuka. Iz ovoga proizilazi da uslovi trenja i habanja ovih komponenti veštačkog zgloba kuka utiču na vek trajanja proteze zgloba kuka.

2. ANALIZA TRIBOLOŠKIH PROCESA VEŠTAČKOG ZGLOBA KUKA

Glavica ima oblik kugle i nasadena je na vrat proteze. Ona mora da omogućiti potrebno zakretanje u svim pravcima, a da pri tome vrat proteze ne udari u čašicu, što može da ima za posledicu luksaciju, tj.

iščašenje zgloba. Da bi se dobila što idealnija kugla, pri obradi se ostvaruje relativno kotrljanje između obradka i alata i kod grube obrade struganjem, na glodalici i kod završne obrade, brušenjem i superfinišom na specijalnim brusilicama.

Čašica ima oblik izdubljene kalote. Rupa ima oblik polukugle i izrađuje se na strugu relatinim kotrljanjem obradka i alata, a ona predstavlja posteljicu ležaja za glaviceu.



Slika 1. Glavica i čašica u kontaktu

Trenje između glavice i čašice zavisi od kvaliteta obrade ovih elemenata, od mikrohrapavosti – Ra i makrohrapavosti – greške oblika, od uslova podmazivanja i od međusobnih veličina ovih elemenata, kao i od ukupnog opterećenja, tj. težine tela, načina sterilizacije čašice (gama zraci, etilen oksid). Optimiranjem ovih veličina moguće je optimirati uslove trenja i habanja.

Trenje između zglobnih elemenata nije moguće izbeći. Kako se moment trenja pri kretanju prenosi sa jednog elementa na drugi element

zgljba, to nepovoljno deluje na fiksaciju tela proteze u ležištu, tj. butnu kost.

Što se tiče veličine glavice, danas se u praksi koriste proteze zgloba kuka sa sledećim prečnikom glavice: Ø22, Ø28, Ø32, Ø40. Uprošteno se može reći da su kod manjih glavica manji otpori trenja, lakša intraoperacijska orijentacija ali i veća opasnost od luksacije, tj. iščašenja, veći kontaktni pritisci, što može da izazove ranije do plastičnih deformacija čašice, a time i do pojave habanje – pitinga.

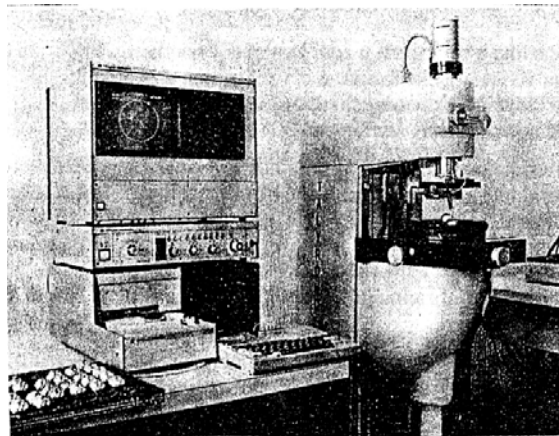
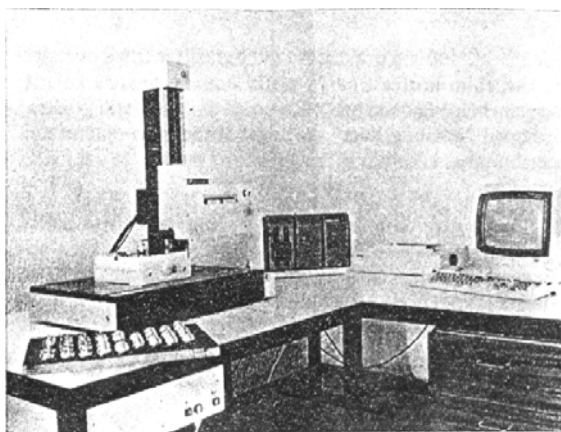
Kod većih glavica manifestuje se bolji raspored kontaktnog opterećenja, manja mogućnost luksacije, tj. iščašenja ali veća opasnost od prenošenja štetnog momenta trenja koji može da utiče na popuštanje spoja tela proteza – butna kost, čak i zakretanje tela proteze.

Razlike u topografiji kontaktnih površina, a posebno u strukturi i fizičko – hemijskim karakteristikama kontaktnih slojeva koje nastaju kao posledica njihove obrade, takođe mogu biti vrlo velike. Tribološki procesi u zonama kontakta u značajnoj su meri funkcija postupka i režima obrade korišćenih pri formiranju kontaktnih površina.

Uslovi pod kojima se ostvaruje kontakt u osnovnom tribo-mehaničkom sistemu diktiraju izbor materijala elemenata sistema.

3. REZULTATI ISPITIVANJA

Topografija elemenata u kontaktu izmerena je na Form Talysurf – Taylor Hobson uređaju (slika 2). Ovaj uređaj se koristi za određivanje oblika, dimezija i strukture površine mernog dela. Sistem upravljanja i obrada podataka odvija se preko računara koji obezbeđuje programsko upravljanje sa uređajem kao i očitavanja i obradu prikupljenih podataka. Izlazni rezultati su vizuelni prikaz profila, numeričkih podataka i strukture.

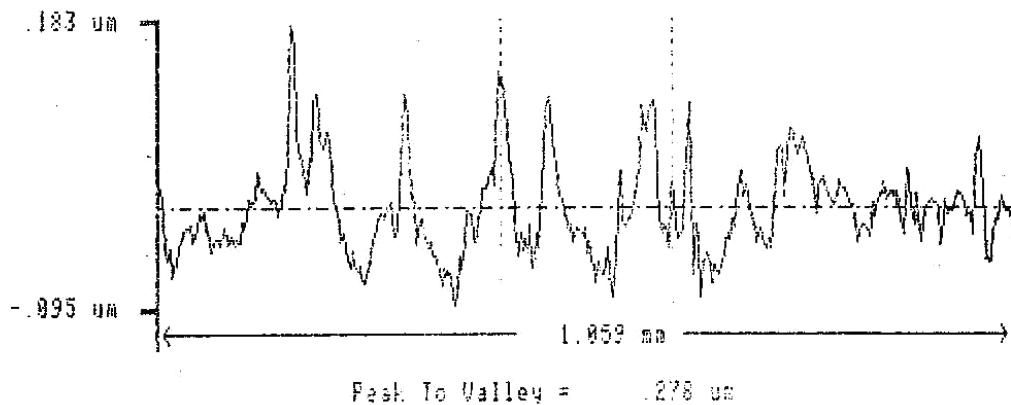


Slika 2. Uređaj za završnu kontrolu elemenata veštačkog zgloba kuka

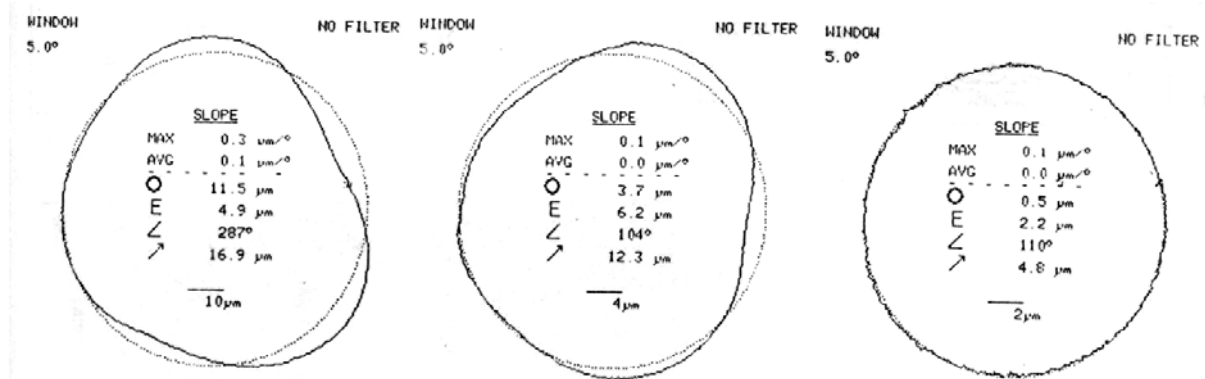
R1A = .220 um	RADIUS = 27.717 um	Ra = .035 um
Rpm = .140 um		Rq = .046 um
Rpv = .259 um	Lo = 1.059 mm	Rak = .9
Rt1 = .259 um	Rp = .163 um	Rku = 4.1
Rt2 = .246 um	Rv = .095 um	Delq = .61 Deg
Rt3 = .231 um	Rt = .278 um	Lamq = 26.991 um
Rt4 = .145 um		S = 5.854 um
		Sm = 29.829 um

F1 - Analysis
 F2 - Graph
 F3 - Dump
 F4 - Expand
 F5 - Exclude

Mode	Cut Off	Filter	Reference	Ignore
ROUGHNESS	0.25 mm	ISO	CONVEX	5 %



Slika 3. Parametri hrapavosti i profil glavice veštačkog kuka



Slika 4. Karakteristični oblici glavice kuka

Prilikom završne kontrole oblika glavice za istu hrapavost, tj. Ra, mogu se uočiti tri karakteristična oblika (slika 4.). Što je duže vreme završne obrade, superfinaša, kvalitet obrađene površine se povećava, Ra se smanjuje, ali se povećava greška oblika. ukoliko je dodatak za završnu obradu manji, greška oblika je manja.

Da bi se utvrdila brzina habanja, tj. trošenje čašice, kao i vrsta habanja konstruisan je izrađen uređaj koji simulira hodanje – simulator hoda. Izborom preoptrećenja opruge moguće je simulirati biomehantičke sile koje opterećuju zglob. nakon

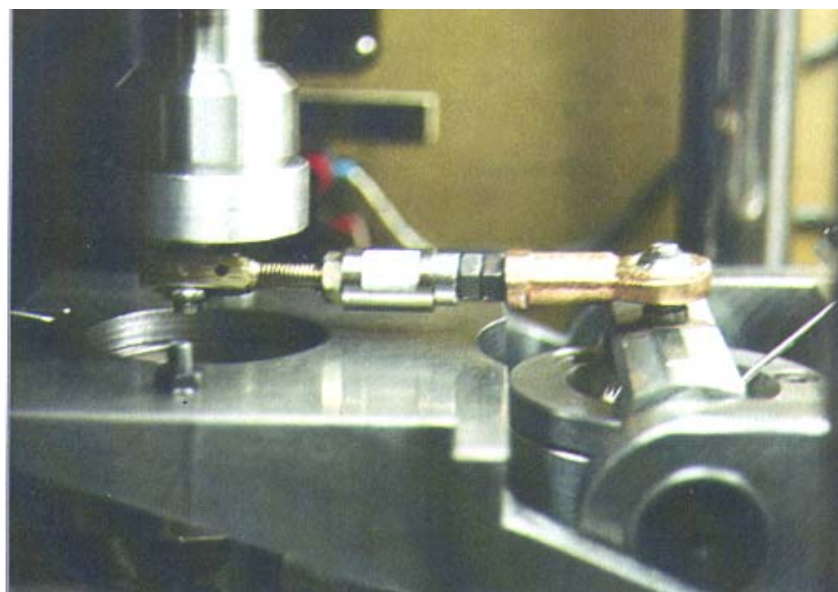
određenog broja ciklusa moguće je kontrolisati i izmeriti habanje i odrediti vrstu habanja.

U dosadašnjim istraživanjima i primeni veštačkog zgloba kuka kao materijal za glavicu i čašicu primenjivani su različiti materijali. za neke od tih različitih parova postoji dugotrajno iskustvo i za njih postoji velika količina informacija, a za one koji se primenjuju od nedavno postoje samo delimične informacije. U tabeli 1. dat je pregled različitih kombinacija materijala od kojih su izrađivane glavice i čašice i iskustva njihove primene.

Tabela 1.

Glavica Materijal	Čašica				
	Polimer			Metal	Keramika
	PTFE	UHMWPE	PE-CF	CoCrMo	Al ₂ O ₃
FeCrNiMO	--	++	-	-	-
CoCrMo	o	++	--	++	-
Al ₂ O ₃	o	++	o	-	++
Ti6Al4V	-	--	--	-	-

++ veliko iskustvo kliničke primene
o još uvek nije testirano
-- ne adekvatno nakon kliničke primene
- ne adekvatno iz tehničkih razloga
PTFE: teflon
UHMWPE: polietilen izuzetno visoke molekularna mase
PE-CF: polietilen ojačan karbonskim vlaknom



Slika 5. Protetički simulator

Polietilen se najčešće koristi na površinama kod kojih dolazi do trenja nasuprot metalu i keramici i to zahvaljujući njegovom habanju koje najviše utiče na pokretljivost proteze. stoga postoji interesovanje za tvrde površine veštačkog kuka kod kojih dolazi do trenja, uključujući metalno – metalne i keramičko – keramičke komponente.

Pored kliničkih rezultata koji svakako ukazuju na validnost protetičkog sistema s obzirom na njegovo habanje, takođe postoje rezultati testiranja u laboratoriji koji omogućavaju proširenje stečenog iskustva i njegovo brže razvijanje.

Među najvažnijim su:

➤ testiranje cilindričnog uzorka koji je poduprt određenim opterećenjem nasuprot rotaciji diska pri određenoj brzini,

➤ testiranje cilindričnog uzorka koji je poduprt određenim opterećenjem nasuprot ravnoj osnovi koja osciluje,

➤ simulator protetičkog kuka je uređaj u koji može biti umetnut veštački kuk, uređaj koji simulira pokrete, opterećenje, kinematiku, itd.

Na sledećoj slici (slika 5) prikazan je protetički simulator koje je projektovao TEKNIKER.

Pri ovim ispitivanjima moguće je izmeriti sledeće parametre:

1. razliku u hrapavosti glavice i čašice,
2. varijacije u težini glavice i čašice,
3. razliku u prečniku glavice i čašice,
4. povećanje temperature,

Zaključci nakon nekoliko izvršenih testova korišćenjem parova keramika – polietilen i metal – polietilen su sledeći [4]:

1. Upotrebom para keramika – polietilen povećanje temperature je manje,
2. Dimenzije glavice nemaju neke značajnije modifikacije tokom testiranja keramičke glavice,
3. Viskoznost sinovialnog fluida predstavlja ključni faktor u poboljšanju triboloških svojstava maziva, povećanje viskoznosti poboljšava svojstva u smislu otpornosti na trenje i habanje,
4. Sinovialni fluid, proizveden u organizmu kada se proteza ugradi ima malu viskoznost čime smanjuje tribološka svojstva,
5. Par keramika – polietilen koji koristi sinovijalnu tečnost visoke viskoznosti pokazuje najbolje performanse,
6. Sva poboljšanja triboloških uslova novostvorene sinovialne tečnosti će doprineti boljem ponašanju proteze, usled smanjenja habanja nekih komponenti, smanjujući habanje delova, odnosno elemenata i njihov uticaj pri kretanju proteze.

U tabeli 2 prikazan je odnos habanja različitih parova [7]:

Tabela 2.

Par	mm/godini
Metal - Polietilen	0.07 - 0.19
Keramika - Polietilen	0.008
Keramika - Keramika	0.003
Metal - Metal	0.0003

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu biomehaničkih procesa i zona opterećenja moguće je analizirati i tribološke procese kod zgloba veštačkog kuka. Topografija elemenata znatno utiče na razvoj triboloških procesa.

Upotrebom simulatora zgloba veštačkog kuka primećeno je da je habanje kod para keramika – polietilen mnogo manje nego kod para metal – polietilen. Korišćenje simulatora tribološkog kuka je izuzetno dobar uređaj da bi se unapredila tribološka svojstva zgloba veštačkog kuka. kombinacija materijala metal – metal predstavlja budućnost, jer ovakve proteze zahtevaju značajna poboljšanja da bi našle široku primenu u budućnosti.

5. LITERATURA

- [1] Bowden, P.; Tabor, D.: The friktion and lubrication of solids, Oxford, 1964.
- [2] Bombelli, R: Osteoarthritis of hip, Sringler Verla, 1983.
- [3] Chichos, H.: Tribology a system approach to science and technology of friction lubrication and wear, Elsenier, Amsterdam, 1978.
- [4] De la Herranz Nunez G: Doctoral Thesis, University of Basque Country, 2000.
- [5] Ivković, B: Tribologija u industrijskim sistemima, YUTRIB 89, Kragujevac, 1989.
- [6] Jazrawi, LM.; Kummer, FJ.; Di Cesare PE.: Hard bearing surfaces in hotal hip arthroplasty Am J Orthop, 1998.
- [7] Martinez Grande, M.; Lopez Blasco, J.; garralda Galarza, G.; Boneta Beorlegui, F.: Tribologia Articular, Cursors de Atualization, Fundacion Mapfre Medicina, XXXV Congreso nacional SECTOT 1998.
- [8] Orlić, D.: Aloartoplastika, Zagreb, 1985.
- [9] Sovilj, B.: Identifikacija triboloških pojava pri odvalnom glodanju, Doktorska disertacija, Novi Sad, 1988.
- [10] Tanasijević, S.: Osnovi tribologije mašinskih elemenata, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [11] Zlatić, M.; Radojević, B.: Degenerativna oboljenja kuka, ZSUDIID, Beograd, 1989.