



ADEKO

MAŠINSKI FAKULTET BANJALUKA
ASOCIJACIJA ZA DIZAJN, ELEMENTE I KONSTRUKCIJE
NAUČNO-STRUČNI SKUP

I R M E S '06

ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MAŠINSKIH ELEMENATA I SISTEMA
Banjaluka, 21. i 22. septembar 2006. godine

PROMENA ŠIRINE ZUPČASTIH KAIŠEVA U PERIODU EKSPLOATACIJE

Blaža Stojanović¹

Rezime: Zupčasto-kaišni prenosnici predstavljaju relativno nove prenosnike koji se javljaju u drugoj polovini 20. veka. Prenos snage i kretanja sa pogonskog na gonjeni kaišnik vrši se preko bočnih površina zuba kaiša, a delimično trenjem između zuba kaiša i međuzublja kaišnika

U ovom radu data je analiza tribomehaničkog sistema čelo kaiša – obodni prsten, i analiza promene širine zupčastog kaiša u periodu eksploatacije. Ispitivanje triboloških karakteristika zupčastog kaiša izvršeno je na namenski konstruisanom i napravljenom probnom stolu u laboratoriji za Mašinske konstrukcije i mehanizaciju na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu.

Ključne riječi: Zupčasto-kaišni prenosnici, širina kaiša, trenje, habanje

WIDTH VARIATION OF TIMING BELTS DURING EXPLOITATION

Abstract: Timing belt transmitters are relatively new transmitters that have been developed in the second half of the 20th century. Transmission of power and motion from a drive pulley to a driven pulley is achieved across the side surfaces of the belt teeth, and partially through friction between the belt teeth and hollows between the teeth of the pulley.

Analysis of tribomechanical system «belt front – flange» and analysis of the variation of width of timing belt during exploitation are given in the paper. Testing of tribological characteristics of the timing belt was conducted on a test bench, designed and specially made for this purpose, at the Laboratory for Machine Constructions and Mechanisation of the Faculty of Mechanical Engineering from Kragujevac.

Keywords: Timing belt transmitters, belt width, friction, wear

1. UVOD

Zupčasti kaišni prenosnici predstavljaju relativno novu koncepciju u prenosu snage, danas prihvaćenu u svim oblastima industrije. Uprkos prednostima u radu zupčasti kaišni prenosnici su relativno skoro dobili veliku primenu. Tek posle upotrebe zupčastih kaiševa u pogonu bregaste osovine motora sa unutrašnjim sagorevanjem, postala je očigledna svrsishodnost njihove primene. U eksploataciji se najčešće koriste zupčasti kaišni prenosnici sa trapeznim profilom zuba. Po svojim konstrukcionim i tehničkim osobinama zupčasti kaiš predstavlja veoma fleksibilni, elastični element.

¹ Blaža Stojanović, dipl. maš. ing., Kragujevac, Mašinski fakultet, blaza@kg.ac.yu

Prenos snage se ostvaruje neposrednim kontaktom zuba kaiša sa zubima kaišnika. Zupčasti kaiševi su konstruisani tako da je međuzublje kaiša u dodiru sa temenom površinom zuba kaišnika [1].

2. TRIBOMEHANIČKI SISTEMI ZUPČASTIH KAIŠNIH PRENOSNIKA

Najveći deo kretanja i snage prenosi se oblikom, dok se samo jedan mali deo prenosi trenjem. Uticaj trenja u svakom slučaju nije zanemarljiv. Pojava trenja u zupčasto-kaišnom prenosniku, kao i njegove posledice nisu dovoljno razjašnjene. Za razliku od ostalih prenosnika snage i kretanja (zupčanika, lančanih prenosnika, kardanskih prenosnika i td.) gde se trenje uglavnom javlja pri kontaktu dve metalne površine, kod zupčastih kaišnih prenosnika u kontaktu se nalaze metalna i nemetalna površina odnosno dve nemetalne površine [2].

Osnovni tribomehanički sistemi u zupčasto-kaišnom prenosniku su:

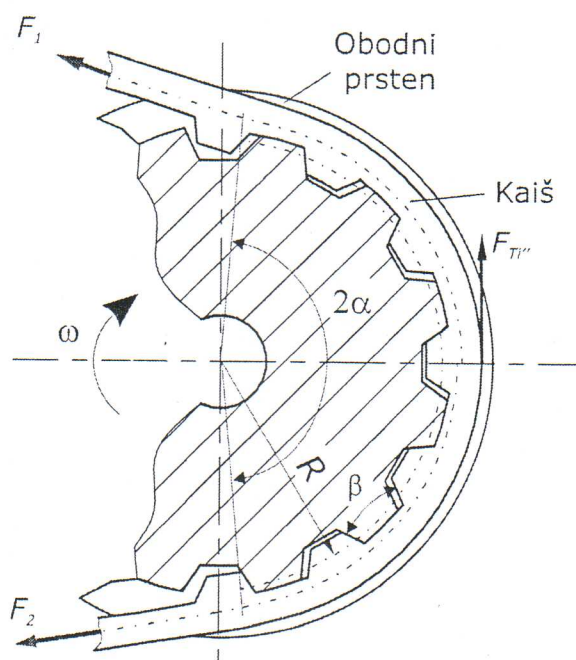
- zub kaiša – zub kaišnika
- čelo kaiša – obodni prsten
- međuzublje kaiša – teme zuba kaišnika

U tabeli 1 date su vrste kretanja koje se javljaju u ovim tribomehaničkim sistemima:

Tabela 1: Tribomehanički sistemi i vrste kretanja kod zupčastih kaišnih prenosnika

Tribomehanički sistem	Vrsta kretanja
zub kaiša - zub kaišnika	- udar - klizanje - kotrljanje
čelo kaiša - obodni prsten	- udar - klizanje
međuzublje kaiša - teme zuba kaišnika	- klizanje - kotrljanje

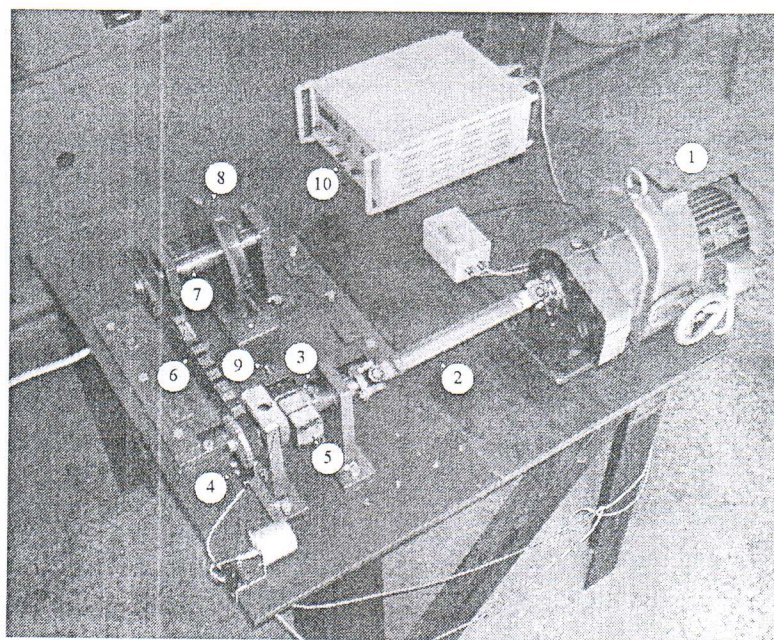
Nedovoljno proučen tribomehanički sistem koji je jako bitan pri analizi trenja kod zupčasti kaišnih prenosnika čine čelona površina kaiša i obodni prsten. Do kontakta između čelone površine kaiša i obodnog prstena najčešće dolazi pri ulazu zuba kaiša u spregu sa pogonskim kaišnikom. Kretanje kaiša u aksijalnom pravcu je uslovljeno konstrukcijom kaiša i helikoidnim namotajem vučnog elementa [3]. U slučaju da postoje greške u izradi ili montaži prenosnika udar zuba kaiša u obodni prsten, koji se javlja pri ulazu u spregu, može dovesti do njegovog oštećenja, pa čak i do pucanja. Pored toga duž obvojnog luka može doći do povremenog kontakta čela kaiša i obodnog prstena. Pri ovom kontaktu dolazi do klizanja kaiša, što izaziva pojavu trenja klizanja (Sl .1).



Sl.1 Sila trenja između obodnog prtena i čelone površine kaiša

3. ISPITIVANJE ZUPČASTO-KAIŠNOG PRENOSNIKA

Ispitivanje triboloških karakteristika zupčastog kaiša izvršeno je na namenski konstruisanom i napravljenom probnom stolu u laboratoriji za Mašinske konstrukcije i mehanizaciju na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu. Probni sto je sa otvorenim kolom snage (sl. 2).

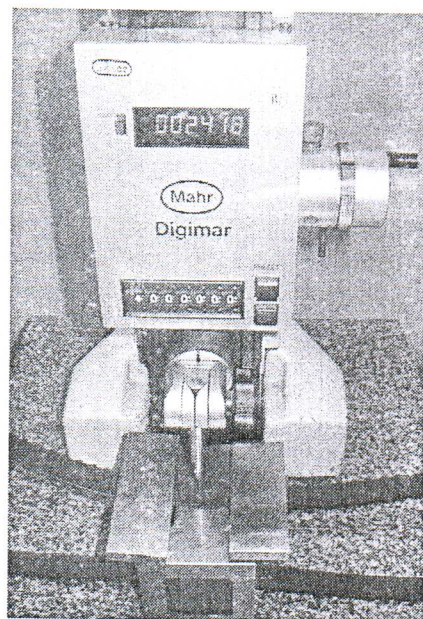


Sl.2 Probni sto za ispitivanje zupčastog kaiša

Osnovni elementi probnog stola su:

1. pogonska mašina,
2. kardanski prenosnik,
3. merno (ulazno) vratilo,
4. davač broja obrtaja ulaznog vratila,
5. davač obrtnog momenta ulaznog vratila,
6. ispitivani prenosnik (zupčasto-kaišni prenosnik),
7. izlazno vratilo,
8. mehanička kočnica,
9. zatezni mehanizam i
10. pojačivački most.

Merenje geometrijskih veličina (koraka u korenu zuba kaiša, širine kaiša, debljine međuzublja i ukupne visine kaiša) izvršeno je u fabrici Zastava alati u Sektoru osiguranja kvaliteta.



Sl.3 Digimar

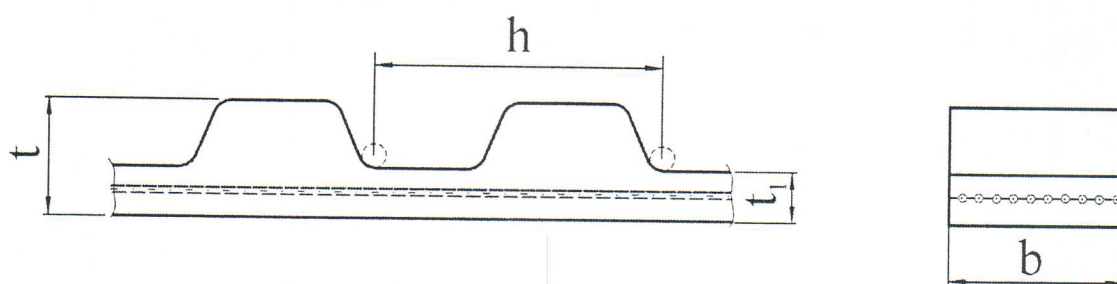
Praćenje promene širine kaiša, debljine međuzublja i ukupne debljine kaiša vršeno je na digimaru firme MARH (sl. 3). Merenje ovih veličina ostvaruje se tako što se kaiš postavlja na odgovarajuću ploču i pri tome je zategnut određenom silom. Digimar se nalazi u nultom položaju u trenutku kada igla dodirne ploču. Pomeranjem igle na merno mesto dobija se vrednost tražene veličine. Tačnost uređaja je 0.0005 mm.

4. ANALIZA REZULTATA MERENJA

Merenje geometrijskih veličina vršeno je nakon određenog vremena rada po unapred utvrđenoj dinamici merenja. Izmerene vrednosti se upoređuju sa vrednostima koje su dobijene pre početka rada.

Da bi se dobila potpuna slika o njihovoj promeni, merenje je izvođeno na osam zuba kaiša. Pri tome su merene sledeće veličine (sl. 4):

- korak kaiša (h)
- širina kaiša (b)
- debljina međuzublja (t_1)
- ukupna visina kaiša (t)



Sl.4 Merene geometrijske veličine kaiša

Širina kaiša predstavlja najkraće normalno rastojanje između dve čone površine kaiša. Merenje širine kaiša je vršeno na digimaru. Promena širine kaiša (Δb) u toku ispitivanja može se izračunati pomoću izraza:

$$\Delta b = b - b_o$$

gde su:

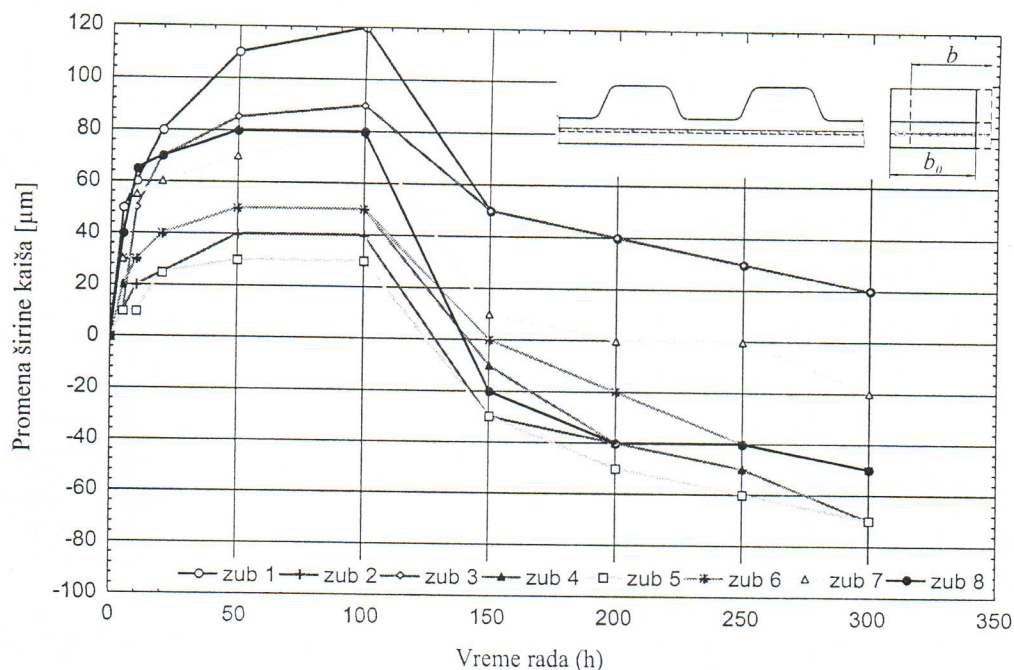
b - izmerena vrednost širine kaiša u toku ispitivanja i

b_o - početna vrednost širine kaiša.

Rezultati merenja promene širine kaiša u toku rada za svih osam zuba dati su u tabeli 2 i prikazani na slici 5.

Tabela 2: Promena širine kaiša $\Delta b = b - b_o$ [μm]

Vreme rada [h]	Zub kaiša							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5	50	10	10	20	10	30	30	40
10	60	20	50	30	10	30	55	65
20	80	25	70	40	25	40	60	70
50	110	40	85	50	30	50	70	80
100	120	40	90	50	30	50	80	80
150	50	-30	50	-10	-30	0	10	-20
200	40	-40	40	-40	-50	-20	0	-40
250	30	-50	30	-50	-60	-40	0	-40
300	20	-70	20	-70	-70	-50	-20	-50



Sl.5 Promena širine kaiša u toku rada

Analiza dobijenih rezultata pokazuje da u početnom periodu eksploatacije, odnosno u periodu uhodavanja, dolazi do povećanja širine kaiša. Do povećanja širine kaiša dolazi usled plastičnih deformacija. Širina kaiša raste i posle perioda uhodavanja koji iznosi ≈ 20 h, sve do 100 h rada prenosnika. Merenje geometrijskih veličina posle 150 h rada pokazuje naglu promenu širine kaiša, dok ostale veličine imaju kontinualni rast. Do naglog smanjenja širine kaiša (između 100 i 150 h rada) je došlo zbog kontakta kaiša sa obodnim prstenom pogonskog kaišnika. Do kretanja kaiša u aksijalnom pravcu i kontakta sa obodnim prstenom moglo je doći usled neadekvatne montaže, lošeg zatezanja, velikih odstupanja brzine, nagle promene momenta kočenja i td.

5. ZAKLJUČAK

Zupčasti kaišni prenosnici još uvek nisu dovoljno ispitani. Promene njihovih geometrijskih veličina (koraka, visine zuba, širine kaiša) u toku eksploatacije su očigledne. Smanjenje ili povećanje pojedinih geometrijskih veličina dovodi do neravnomernosti u radu, poremećaja sinhronizacije, smanjenja nosivosti i dr. Pravovremenim praćenjem ovih veličina i otklanjanjem nepoželjnih uticaja povećava se radni vek prenosnika i smanjuje rizik od otkaza.

LITERATURA

- [1] Tanasijević S.: Mehanički prenosnici: lančani prenosnici, zupčasti kaišni prenosnici, kardanski prenosnici, Jugoslovensko tribološko društvo, Mašinski fakultet Kragujevac, 1994.
- [2] Stojanović B.: Model zupčasto-kaišnog prenosnika, Zbornik radova, Balkantrib'05, Kragujevac, 2005.
- [3] Stojanović B.: Trenje u zupčasto-kaišnim prenosnicima, Zbornik radova, IRMES'04, Kragujevac, 2004.