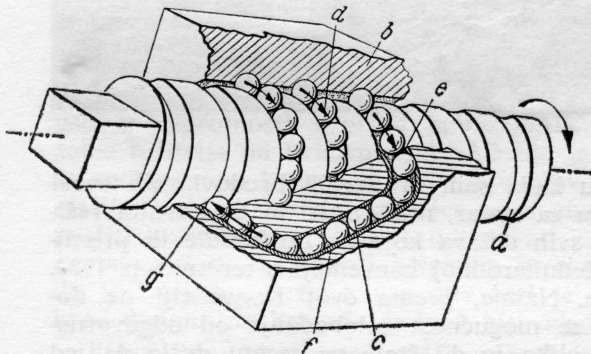


Vretena s kuglicama kao elementi prenosa snage na modernim brodovima i alatnim strojevima

Sažetak: Vretena s kuglicama, kao elementi prenosa snage na modernim brodovima i alatnim strojevima su sve više u primjeni. Konstrukcija, izrada, kontrola i održavanje ovih vretena je prilično nepoznata široj čitalačkoj publici pa se ovaj rad u tu svrhu i prezentira.

Najjednostavnije tehničko objašnjenje vretena s kuglicama je da je to u stvari zavojni oblik kugličnog ležaja, slika 1., gdje se rotacijom kuglica smanjuje trenje i do 90 posto u odnosu na konvencionalna vretena.



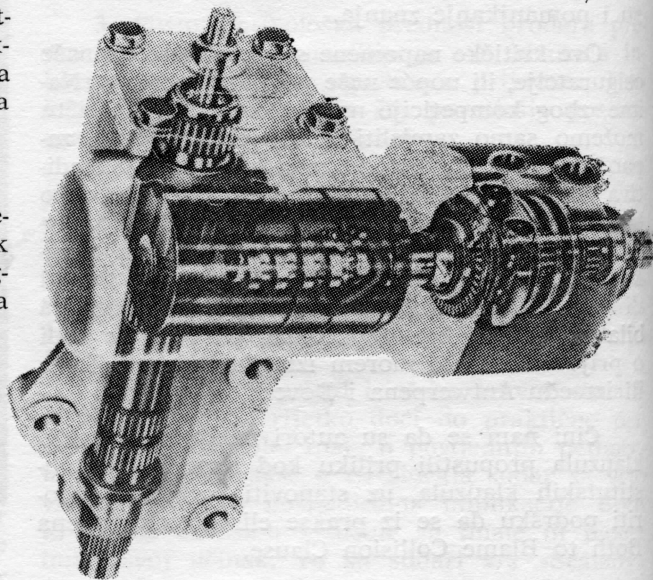
Slika 1.
Vreteno sa kuglicama

Kuglice su vođene kanalima u vretenu ili cjevčicama u matici. Postoji zračnost između vretena i matice i u aksijalnom i u radijalnom smjeru. Praksa je pokazala da ova vretena traju pet puta duže nego standardna vretena s trapeznim ili milimetarskim navojem, te da se uvijek trajanja proteže i na 10^6 okretaja. Teorija, poznata za kuglične ležajeve, vrijedi praktično i za ova vretena.

Brzina pomaka koje se mogu ostvariti ovim vretenima kreću se do 30 [m/min], a dinamička aksijalna opterećenja do 250 [kN], dok su dužine vretena ograničene na 5 [m]. Kod dužih vretena javljaju se kritični brojevi okretaja i tu su u prednosti vretena s navojem.

Vretena s kuglicama su standardizirana po ISO 3408 i DIN 69051., što omogućava pojednostavljenje konstrukcije prenosnika snage i zamjenjivost rezervnih dijelova.

UDK 621.8/.86



Slika 2.
Hidraulični prenosnik snage jedne suvremene plovne jedinice

Na slici 2. predstavljen je hidraulički prenosnik snage jedne suvremene plovne jedinice s ugrađenim vretenom s kuglicama. Prema navedenim standardima vretena imaju dva osnovna oblika: gotski, slika 3., sa 4. naležuće kontaktne točke i poluokrugi oblik.

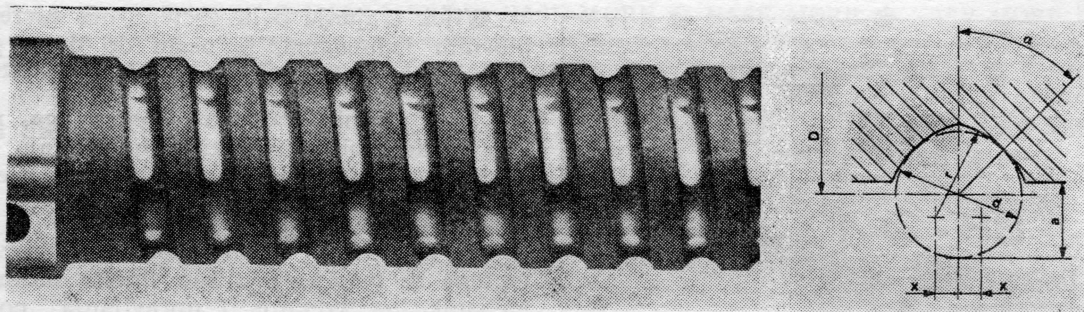
Poluokrugi oblik žljeba vretena s kuglicama ima za 30 posto manju moć nošenja nego žlijeb s gotskim oblikom, radi boljih uvjeta podmazivanja.

Tolerancije promjera vretena odgovaraju redu tolerancija ISO, IT6.

Poluokrugi oblik je teško izvesti u predviđenim tolerancijama, a korisnik mora imati suviše veliki asortiman kuglica u skladištu. U gotskom obliku je uvijek zastupljen kut kontakta kuglice i vretena u vrijednosti od 45 stupnjeva, pa je moguće izvršiti optimalno brušenje vretena.

Najpovoljniji materijal za izradu vretena je čelik za nitiranje i konstrukcijski čelik 100Cr M.6.

Najčešći oblik primijenjene toplinske obrade je indukcionalno kaljenje u uvjetima posebno zahtijevajućim.



Slika 3.

Izgled vretena s kuglicom i gotski oblik žljeba vretena

jevane tvrdoće vretena. Kod matice je, u principu, radijus kanala kuda idu kuglice manji od radijusa samih kuglica.

U najnovije vrijeme (Japanske plovne jedinice) prave se umeci u maticama izrađeni od polimera (tvrđog polietilena — kvaliteta slična našem SIPAS-u) koji se lako mogu izmijeniti i koji smanjuju buku pri upotrebi vretena, što je posebno važno s aspekta zaštite čovjekove okoline. Ovo povećava i vijek trajanja kuglica. Za visokobrzinske plovne jedinice ovo je i uvjet primjene.

Postoji i posebna tehnika za neutraliziranje zračnosti između matice i vretena, izradom matice u dvije polutke, od čega je lijeva podešena sa zračnosti prema unutra a desna polutka sa zračnosti prema vani.

Kao najmoderniji sistem smanjenja unutar-njih zračnosti smatra se patent firme WARNER ELECTRIC — USA, koja pri brušenju navojnih koraka u matici, između dva koraka pravi namjernu grešku u koraku »D« i uz varijaciju promjera kuglica neutralizira unutarnju zračnost. Vretena se mogu izrađivati tokarenjem (mada rjeđe), postupkom navojnog valjanja i postupkom brušenja. Na valjalici navoja, sa posebnim oblikom valjaka, izvrši se valjanje, zatim toplinska obrada i poliranje.

Pri remontu vretena i naknadnom brušenju obično se pravi greška u toleranciji žljebova i zračnosti, što izaziva dodatne vibracije vretena, izmjenu kritičnog broja obrtaja, što onda dovodi do drastičnog smanjenja vijeka trajanja vretena. U principu, na dužini od 300 [mm], razlika promjera ne smije biti veća od 0,1 [mm]. Vretena mogu izrađivati svi korisnici koji imaju visokoučinske brusilice u svom strojnom parku. Visokoučinske brusilice imaju brzine rezanja iznad 100 [m/s], a trebale bi biti smještene u prostori s klimatizacijom.

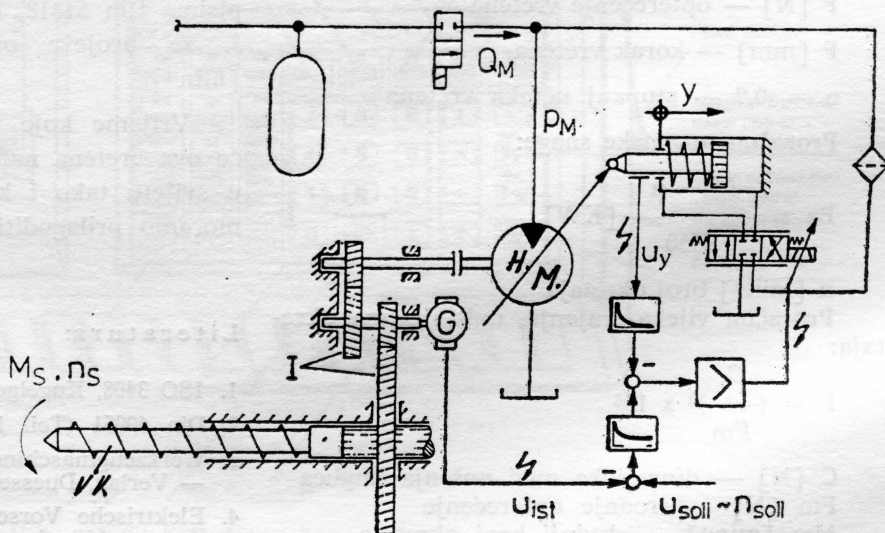
Kako se ovdje radi o visokopreciznim vretenima za najodgovornije zadatke, strojevi za izradu vretena ne smiju dati veću grešku od 2,5 mikrometra na dužini od 300 [mm]. Onaj tko to nema ne može sam izrađivati ili remontirati vretena s kuglicama.

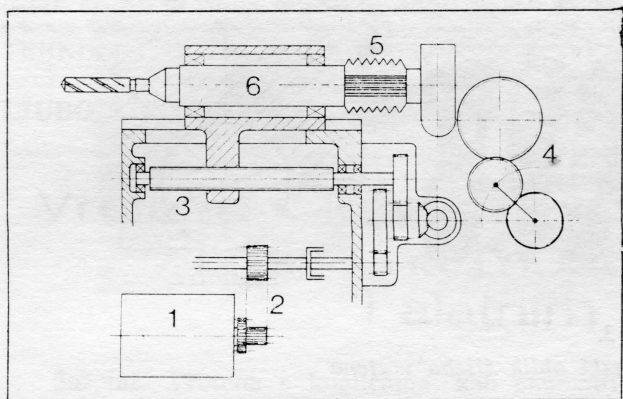
Matice moraju biti izrađene iz čelika za kuglične ležajeve s visokom dinamičkom moći nošenja i s odgovarajućom toplinskom obradom vanjske površine. Najčešće se matice rade kao polufabrikati i tako drže u skladištu rezervnih dijelova, a prema stvarnoj potrebi i snimljenom stanju vretena, matice se naknadno bruse.

Greška ukupnog koraka vretena je definirana sa:

Slika 4.

Pogon ogregata pomoću hidrauličkog motora (HM) uz primjenu vretena s kuglicama (VK)





Slika 5.

Višeosovinski alatni stroj s vretenom s kuglicama (3), glavni pogon (1), remenskim pogonom (2), zupčanim pogonom (4), žljebastim vratilom (5) i klizačem (6)

Greška ukupnog koraka vretena je definirana sa:

$$\Delta P \text{ ukupno} = \Delta P 300 \cdot (L/300)^{0,8} \text{ gdje su:}$$

L — dužina navoja vretena

P — korak navoja vretena

300 [mm] — standardna mjerna dužina vretena.

Prenosnici snage za plovne jedinice se rade u kvalitetu 0,025 [mm]/300 [mm].

Podmazivanje je moguće uljem i mašću a najbolji način je centralnim sistemom podmazivanja.

Proračun vretena sa kuglicama

Pogonski okretni moment stvoren pri okretanju vretena ili matice:

$$M_t = \frac{F \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot n} \text{ [Nm]}$$

F [N] — opterećenje vretena

P [mm] — korak vretena

n = 0,9 — stupanj učinka vretena

Proračun pogonske snage:

$$P_a = \frac{M_t \cdot n}{9550} \text{ [KW]}$$

n [min⁻¹] broj okretaja

Proračun vijeka trajanja, u brojevima okretaja:

$$L = \left(\frac{C}{F_m}\right)^3 \times 10^6$$

C [N] — dinamička moć nošenja kuglica

F_m [N] — srednje opterećenje

M_m [min⁻¹] — srednji broj okretaja

Vijek trajanja ovih vretena, na suvremenim plovnim jedinicama, je osam do deset godina, uz normalno održavanje.

Kod plovnih jedinica većeg ranga, računom se kontrolira kritički broj okretaja i opterećenja, a pri prekoračenju se sami prenosnik snage zaustavlja.

U riječnom i pomorskom brodarstvu ova vretena se primjenjuju kao sinteza hidraulike i mehanike za kretanja i upravljanja pojedinih agregata koji nose opterećenja, posebno za pogone pomoću hidrauličnih motora, slika 4., gdje vretena traju neusporedivo duže, a faktor sigurnosti tih vretena je izuzetno visok.

Vretena s kuglicama mogu raditi s minimalnim promjerom od 5 [mm] i korakom od 1 [mm] uz promjer kuglice 0,5 [mm], a primjenjuju se u mikrotehnici i često zamjenjuju kompletne sisteme s remenskim pogonima.

Moderna izvođenja cilindara za pneumatske instalacije su bez drške klipa cilindra, ali s vretenima s kuglicama, što štedi prostor i dužinu agregata; ta nova konstrukcija omogućuje brzine pomaka do 90 [m/min] što je do sada bilo nezamislivo.

U višeosovinskim alatnim strojevima, slika 5., (više od 4 osovine), hidraulički elementi komponirani s vretenima s kuglicama imaju stano-vite prednosti, jer se mogu primjenjivati brzine do 18 [m/min].

Za vretena koja se primjenjuju u plovnim jedinicama preporučuju se ulja za podmazivanje s dodacima za otpornost na koroziju i starenje (C — LP — Din 51517, dio 3). Odgovarajuće količine ulja leže u području 3. do 6. [cm³/h]. Trajanje jednog punjenja mašću je oko 700 pogonskih sati. Pogonske temperature u kojima rade vretena s kuglicama, kreću se na plovnim jedinicama od minus 20^o do plus 120 stupnjeva Celzijusa.

Klasa masti za podmazivanje odgovara propisima Din 51818, klasa NLG1., a klasa NLG2. i 3. za brojeve okretaja vretena iznad 500. [min⁻¹].

Vrijeme koje nam ide u susret govori da će ova vretena nalaziti sve veću primjenu kako u svijetu tako i kod nas, pa se tom vremenu moramo prilagoditi i na vrijeme pripremiti:

Literatura:

1. ISO 3408, Kugelgewindeantriebe
2. Din 69051 (Teil 1-5) Kugelgewindetriebe
3. Werkzeugmaschine, Band 3., (Prof. M. Wek), VDI — Verlag, Duesseldorf, 1984.
4. Elektrische Vorschubantriebe, Siemens AG., Berlin und München, 1981.