

Katedra za mašine alatke, tehnološke procese,
fleksibilne tehnološke sisteme i procese projektovanja
**Laboratorija za mašine alatke, fleksibilne tehnološke
sisteme i automatizaciju postupaka projektovanja**
Novi Sad, oktobar 2021.

PROJEKTOVANJE MAŠINA ALATKI I - DEO

dr Aleksandar Živković, vanr. profesor

Studijski program: Proizvodno mašinstvo

Studijska grupa: ***Računarom podržane tehnologije***

**Autorizovani materijal za predavanja – Zabranjeno je štampanje i
umnožavanje**

Naziv predmeta:

**PROJEKTOVANJE MAŠINA ALATKI
(ZA OBRADU REZANJEM)**

Semestar: VIII

Fond časova: 3+3

Izvođači nastave:

Predavanja: dr Aleksandar ŽIVKOVIĆ, vanr. profesor

Vežbe: dr Cvijetin MLAĐENović, asistent

PMA- KORIŠĆENA LITERATURA

KORIŠĆENA LITERATURA:

1. Altintas, Y. , i dr.: Machine tool feed drives, CIRP Annals - Manufacturing Technology Vol. 60, No. 1 (2011) pp. 779–796
2. Borojev, Lj., Zeljković, M.: Projektovanje mašina alatki, Sveska: Prenosna struktura mašina alatki – MEHANIČKI PRENOSNICI, Fakultet tehničkih nauka, autorski reprint, Novi Sad, 2002.
3. Čiča, Đ.: Mašine alatke, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2016.
4. Gatalo, R., Borojev, Lj., Zeljković, M.: Proračun glavnih karakteristika mašina alatki za obradu rezanjem, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1992. god.
5. Graham T., S.: Machine Tool Metrology - An Industrial Handbook, Springer, 2016
6. Josh, P., H.:Machine tools Handbook-Deign and operation, McGraw-Hill Publishing Company, 2007.
7. Joshi, S. N. : Mechatronics and Manufacturing Automation, Department of Mechanical Engineering Indian Institute of Technology Guwahati
8. Kalajdžić, M.: Tehnologija mašinogradnje, Mašinski fakultet, Beograd, 2004, ISBN 86-7083-487-1
9. Koenigsberger, F.: Design Principles Of Metal-Cutting Machine Tools, Pergamon Press, 1964
10. Sobolewski, Z., J.: Investigation of ball screws for feed drive, Journal of machine engineering, Vol 13, No. 4, 2013, pp 86-95
11. Stanković, P.: Mašine alatke i industrijska proizvodnja mašina, Građevinska knjiga, Beograd, 1967
12. Stanković, P.: Mašinska obrada – Obrada metala rezanjem, Građevinska knjiga, Beograd, 1967.
13. Yoshimi I.: Modular Design for machine tools, McGraw-Hill Publishing Company, 2008

PMA- KORIŠĆENA LITERATURA

KORIŠĆENA LITERATURA:

14. Sredanović, B., Globočki, L, G.: Podloge za vežbe iz obradnih sistema za obradu rezanjem, Radna verzija skripte za vežbe, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2014.
15. Youssef, H.,A., El-Hofy, H.: Machine technology-Machine tools and operation, CRC Press Taylor & Francis Group, 2008
16. Verl , A., Frey, S., Heinze T. : Double nut ball screw with improved operating characteristics, CIRP Annals - Manufacturing Technology Vol. 63, No. 1 (2014) pp. 361–364
17. Zeljković, M, Tabaković, S.: Proizvodno mašinstvo početkom XXI veka, 42. Jupiter konferencija, Mašinski fakultet, Beograd, 2020
18. Zeljković, M.: Projektovanje mašina alatki, autorizovana prezentacija predavanja, Fakultet tehničkih nauka, 2011 – 2020.

PREDISBITNE OBAVEZE

1. Uredno pohađanje predavanja i vežbi
2. Urađen obavezni zadatak- **GRAFIČKI RAD**
 - Definisiranje (projektovanje) glavnih karakteristika konkretne mašine alatke za obradu rezanjem

PROVERA ZNANJA I OCENJIVANJE

1. Redovno prisustvo predavanjima	5 poena
2. Redovno prisustvo vežbama	5 poena
3. Urađen i overen grafički rad	20 poena
Maksimalni broj poena na osnovu predispitnih obaveza	30 poena
4. Kolokvijum (odnosno pismeni ispit)	30 poena
5. Usmeni ispit	40 poena

Ukupno: max. 100 poena

FTN - DPM - LAMA

Studijski program: Proizvodno mašinstvo

Studijska grupa: ***Računarom podržane tehnologije***

Novi Sad, oktobar 2021.

Predmet: **Projektovanje mašina alatki**

1.0 Podela i značaj mašina alatki

1.1 Podela mašina alatki

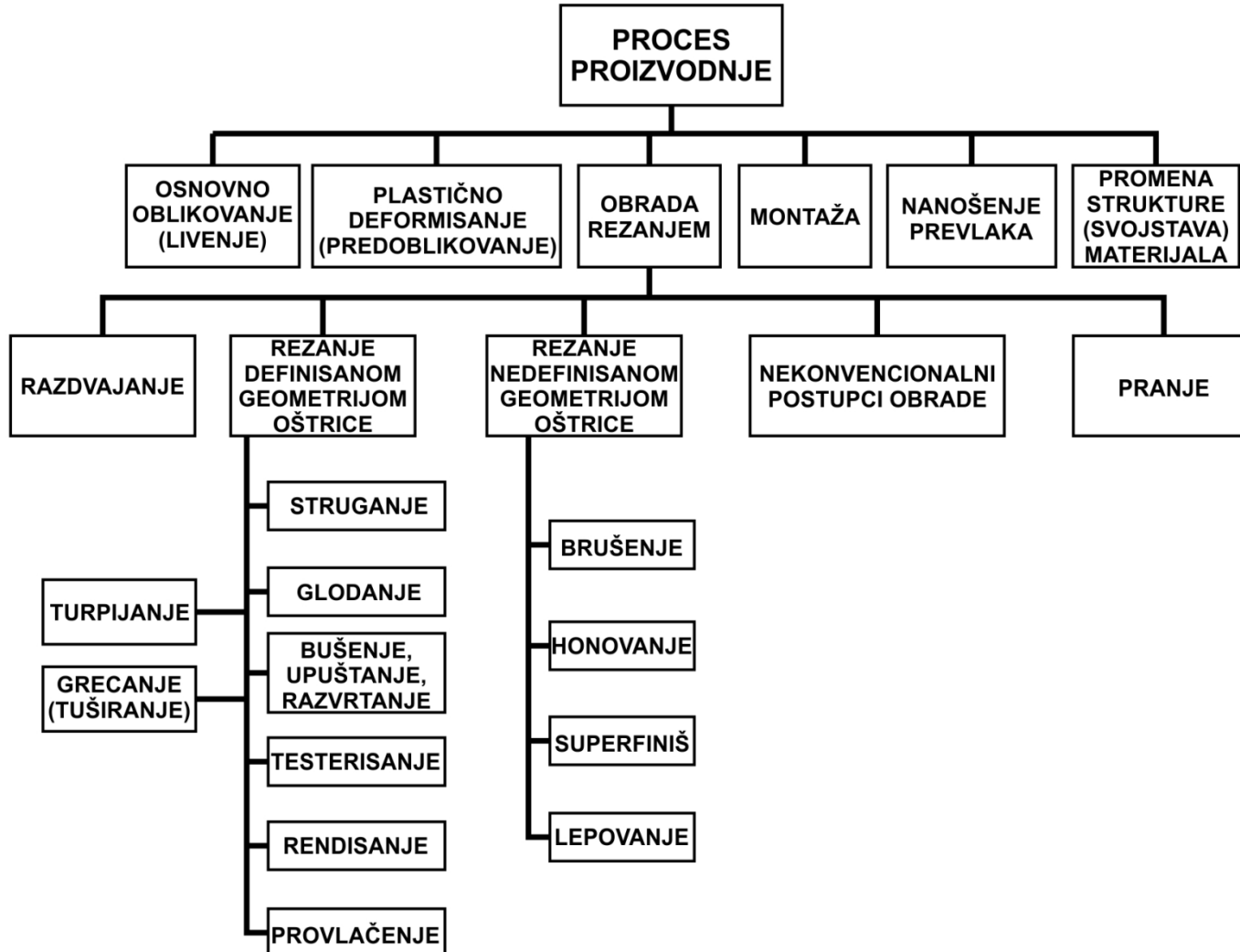
- Mašine alatke se razlikuju po nameni, obliku, strukturi, konstrukciji, dimenzijama i eksploatacionim karakteristikama



- Najčešće se klasifikacija mašina alatki vrši prema metodi (vrsti) obrade i stepenu automatizacije

1.1 Podela mašina alatki

Metodi (vrsti) obrade (Podela prema DIN 8580)



1.1 Podela mašina alatki

Mašine alatke za obradu rezanjem sa alatima definisane geometrije

Strugovi:

univerzalni
produkcioni
za poprečnu obradu
za leđno struganje
višesečni
revolver
automatski
vertikalni

Glodalice:

horizontalne,
vertikalne,
univerzalne,
portalne,
za izradu ozubljenja

Bušilice:

stone,
stubne,
radijalne,
koordinatne,
redne,
viševrtene
sa višev. glavom

Testere:

okvirne,
kružne,
testere.

Rendisaljke:

kratkohodne,
dugohodne,
dubilice

Provlakačice:

za unutrašnje provlač.
za spoljašnje provlač.
horizontalne,
vertikalne

1.1 Podela mašina alatki

Mašine alatke za obradu rezanjem sa alatima bez definisane geometrije

Brusilice:

za okruglo brušenje

bez šiljaka

za ravno brušenje

specijalne

Mašine za lepovanje:

opšte namene,

specijalne namene.

Mašine za honovanje:

jednovretene,

viševretene.

Mašine za poliranje

Mašine za superfiniš

1.1 Podela mašina alatki

U zavisnosti od osnovni principa skidanja materijala i oblikovanja gotovih delova, mašine alatke se mogu podeliti na:

- mašine alatke za obradu rezanjem,
- mašine alatke za obradu plastičnim deformisanjem,
- mašine alatke za nekonvencionalne metode obrade,
- mašine alatke za posebne (specijalne) metode obrade.

1.1 Podela mašina alatki

- Pojedinačne mašine za obradu rezanjem su namenjene za realizaciju određenog metoda obrade.
- Kada je mašina namenjena za realizaciju samo jedne metode obrade, ona se naziva po toj metodi obrade, *npr. strug, za realizaciju metoda obrade struganjem.*
- Ako se na mašini mogu realizovati i druge metode obrade, ista se identifikuju po nazivu metoda za koji je primarno namenjena. *Na primer, na glodalici se obično može vršiti i obrada bušenjem.*
- Na jednoj mašini se može izvršavati i više metoda obrade, pa se izraz "obrada" može postaviti ispred imena i grupe metoda kao atribut, *npr. mašina za obradu rotacionih delova, za obradu prizmatičnih delova, za obradu delove od lima.*

1.1 Podela mašina alatki

- Mašine za obradu tačno definisanih površina (mašine za specijalne namene) su pogodne samo za poseban zadatak obrade i nemaju univerzalnu primenu.
- Nazvane su po radnom predmetu koji će se izrađivati i primenjenom metodu obrade, *npr. glodalica za izradu zupčanika ili brusilica za brušenje zupčanika.*
- Sistematizacija prema dizajnu mašine alatke se često vrši na osnovu njihovog konstrukcijskog oblika: *konzolna glodalica, portalna glodalica, strug sa više vretena, strug sa kosim postoljem; bušilica sa dva stuba, itd.*

1.1 Podela mašina alatki

Mašine za obradu rezanjem - (skidanjem strugotine)

Oblik glavnog kretanja (vrtsa kinematike)

➤ **Mašine sa glavnim obrtnim kretanjem**

(neprekidno kretanje; strugovi, bušilice glodalice, ...)

➤ **Mašine sa glavnim pravolinijskim kretanje**

(prekidno kretanje – radni i povratni hod; rendisaljke, provlakačice, testere, ...)

1.1 Podela mašina alatki

Mašine za obradu rezanjem - (skidanjem strugotine)

Geometrija obrađenih površina - Makrogeometrija obrađene površine

➤ **Mašine alatke za rotacione (cilindrične) i radijalne profilne površine**

(strugovi, bušilice, brusilice za okruglo brušenje, ...)

➤ **Mašine alatke za ravne i uzdužne profilne površine**

(rendisaljke, glodalice, provlakačice, brusilice za ravno brušenje, ..)

Mikrogeometrija obrađene površine

➤ Mašine alatke za “produktivnu” obradu (mašine normalne tačnost obrade)

➤ Mašine alatke za finu i visokopreciznu obradu

1.1 Podela mašina alatki

Mašine za obradu rezanjem - (skidanjem strugotine)

Tip (sistem) upravljanja

- Mašine alatke sa ručnim upravljanjem
 - ❖ Mašine alatke sa upravljanjem graničnicima
 - ❖ Mašine alatke sa mehaničkim upravljanjem bregastim pločama
 - ❖ Mašine alatke sa upravljanjem kopiranjem
 - ❖ Mašine alatke sa upravljanjem po principu aktivnog merenja

 - Mašine alatke sa numeričkim upravljanjem ➡ Srednji nivo automatizacije

 - Mašine alatke sa kompjuterskim numeričkim upravljanjem
 - Mašine alatke sa adaptivnim upravljanjem
- Osnovni nivo automatizacije
- Gornji nivo automatizacije

1.1 Podela mašina alatki

Mašine za obradu rezanjem - (skidanjem strugotine)

Stepen (nivo) automatizacije

- Neautomatizovane mašine alatke
- Automatizovane mašine alatke na osnovnom nivou automatizacije
- Automatizovane mašine alatke na srednjem nivou automatizacije
- Automatizovane mašine alatke na gornjem nivou automatizacije

1.1 Podela mašina alatki

Mašine za obradu rezanjem - (skidanjem strugotine)

Stepen (nivo) automatizacije

- više istih i/ili različitih modula i/ili ćelija povezanih u funkcionalnu celinu
- transportno-skladišni sistem

- više mašina alatki povezanih u funkcionalnu celinu
- transportno sistem
- merno-kontrolni sistem

- magacin radnih predmeta
- automatska promena radnih predmeta
- praćenje habanja i loma alata
- praćenje i dijagnostika otkaza

- magacin alata
- automatska promena alata

- programsko upravljanje kretanjima i funkcijama kojima se definiše obradni proces

- pogonski sistema za glavno
- i pomoćno kretanje

Konvencionalna mašina alatka

CNC M.A.

Obradni centar

Fleksibilni tehnološki modul

FLEKSIBILNA TEHNOLOŠKA ĆELIJA

FLEKSIBILNI TEHNOLOŠKI SISTEM

Br. mašina alatki

Jedna

Više

1.1 Podela mašina alatki

Mašine za obradu rezanjem - (skidanjem strugotine)

Masa mašine (veličina prenošenja opterećenja)

povezana je sa dimenzijama obradka, dimenzijom radnog prostora

- Lake (do 1 tone)
- Srednje teške (1-10 tona)
- Teške (više od 10 tona; 10-30t, 30-100t; > 100t)

Najviši su zastupljeniji srednje teški delovi (izradci), pa su i lake i srednje teške mašine alatke najzastupljenije po broju u proizvodnji i eksploataciji

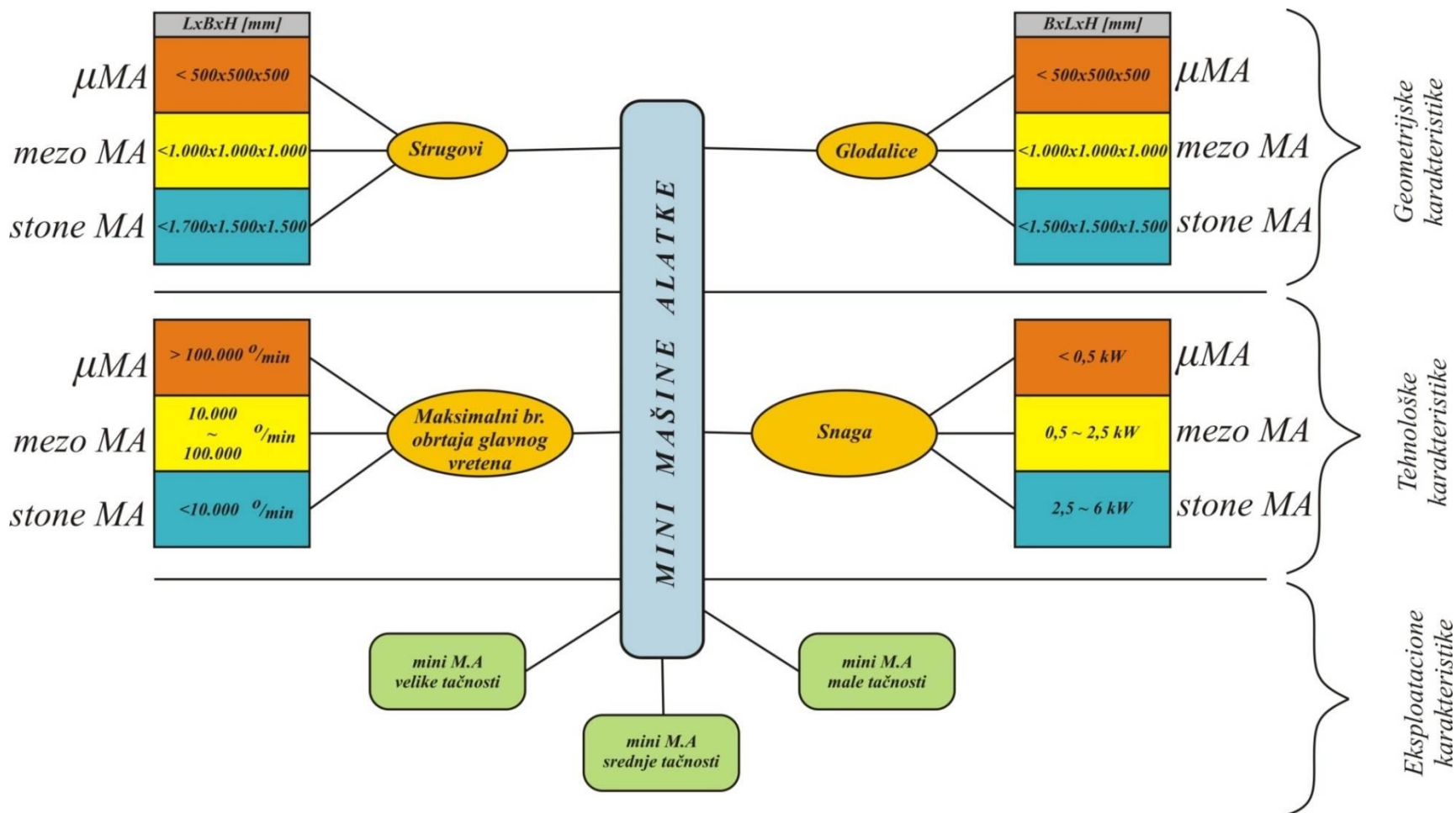
1.1 Podela mašina alatki

Mašine za obradu rezanjem - (skidanjem strugotine)

- Zahtevi savremenog tržišta za komponentama i uređajima redukovane veličine postali su bitan faktor u procesima projektovanja i proizvodnje savremenih proizvoda.
- Ova pojava, nazvana minijaturizacija, prvenstveno se pojavila u proizvodnji računara i telekomunikacionih uređaja, i proširila se na skoro sve industrijske sektore
- Tehnologije koje ovo omogućavaju nazvane su mikro/mezo/mini tehnologije i omogućavaju izradu komponenti i sklopova malih i vrlo malih dimenzija.
- Minijaturizacija je osnova za proizvodnju sledeće generacije proizvoda koji će imati široku primenu. Delovi koji se izrađuju ovim tehnologijama, nazvani minijturni delovi, imaju najveće dimenzije od 10[μm] do 100[mm].
- Detaljnija podela ovog dimenzionog opsega nije precizirana, ali se smatra da je granica između mikro i mezo delova na oko 500[μm], a između mezo i mini na oko 10[mm].

1.1 Podela mašina alatki

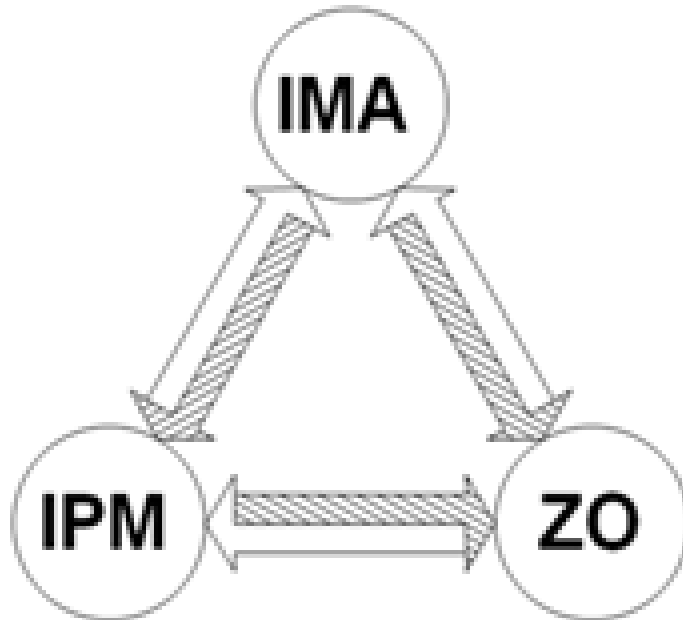
Klasifikacija mini-mašina alatki na osnovu glavnih karakteristika



1.2 Značaj mašina alatki

Uticaj industrije mašina alatki na industriju prerade metala je dvojak.

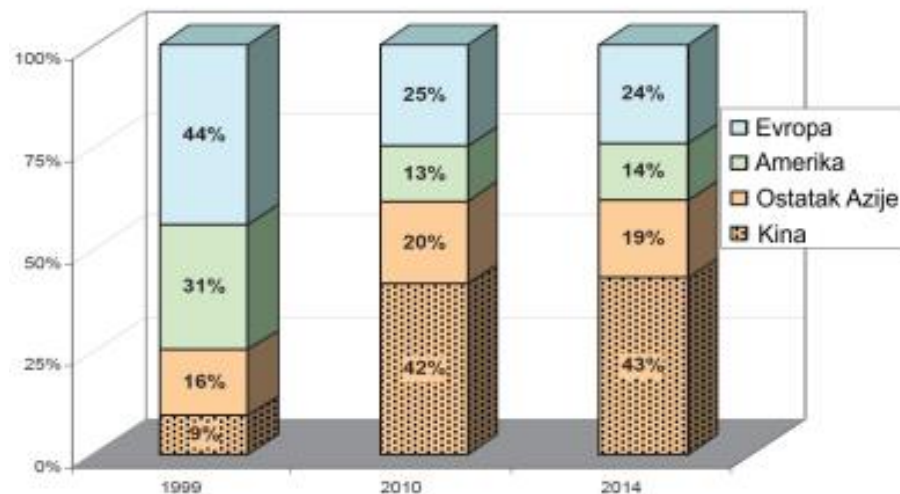
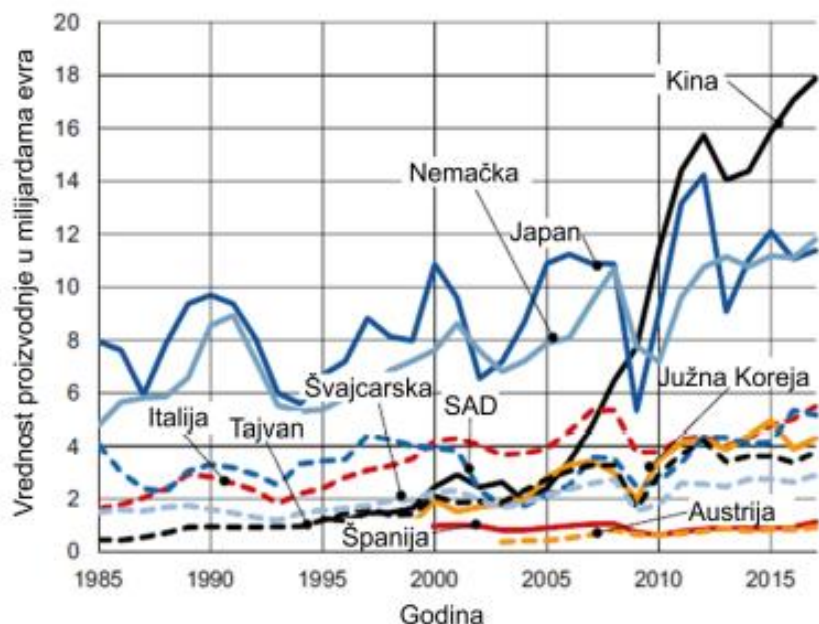
- **Primarni uticaj:** Industrija mašina alatki pripada industriji prerade metala.
- **Sekundarni uticaj:** Industrija mašina alatki proizvodi sredstva rada industrije prerade metala.



Međusobni uticaj industrije prerade metala, industrije mašina alatki i tržišta

1.2 Značaj mašina alatki

- U zemljama članicama Evropske asocijacije proizvodnja mašina alatki je rasla od 1980. godine tokom 20 godina sa prosečnom stopom rasta između 2% - 4%.
- Prema podacima iz 2018. godine asocijacija CECIMO je imala promet od 27,5 milijardi evra, što je za 9% više u odnosu na 2017.
- Ovo obezbeđuje tržišni udeo od 35% u svetskoj proizvodnji mašina alatki.



Geografska struktura potrošnje mašina alatki

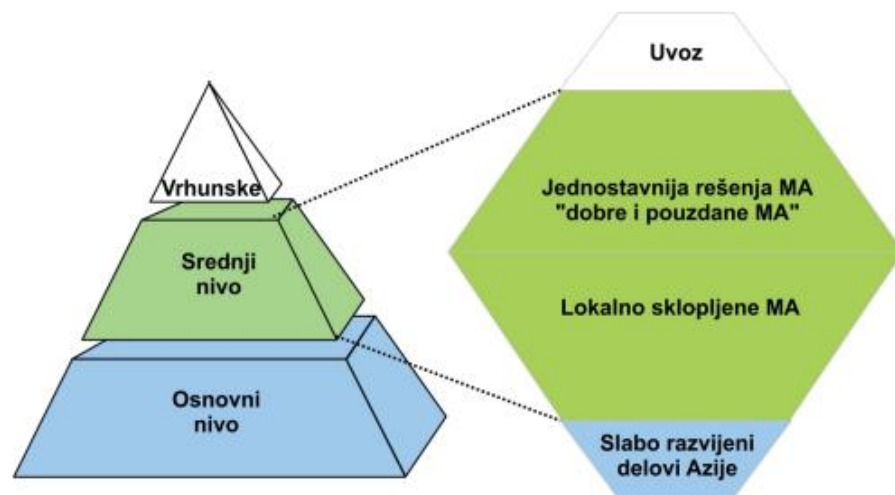
Proizvodnja mašina alatki deset vodećih zemalja proizvođača tokom vremena.

1.2 Značaj mašina alatki

- Trenutno rastuća količina mašina alatki je u srednjem nivou - asortiman koji počinje jednostavnim CNC mašinama alatkama i završava se vrhunskim proizvodima.
- Evropski proizvođači su fokusirani na vrhunske, prilagođene mašine sa relativno dugim ciklusom proizvodnje, za razliku od standardnih mašina sa kratkim rokovima isporuke.



Klasifikacija mašina alatki po nivoima



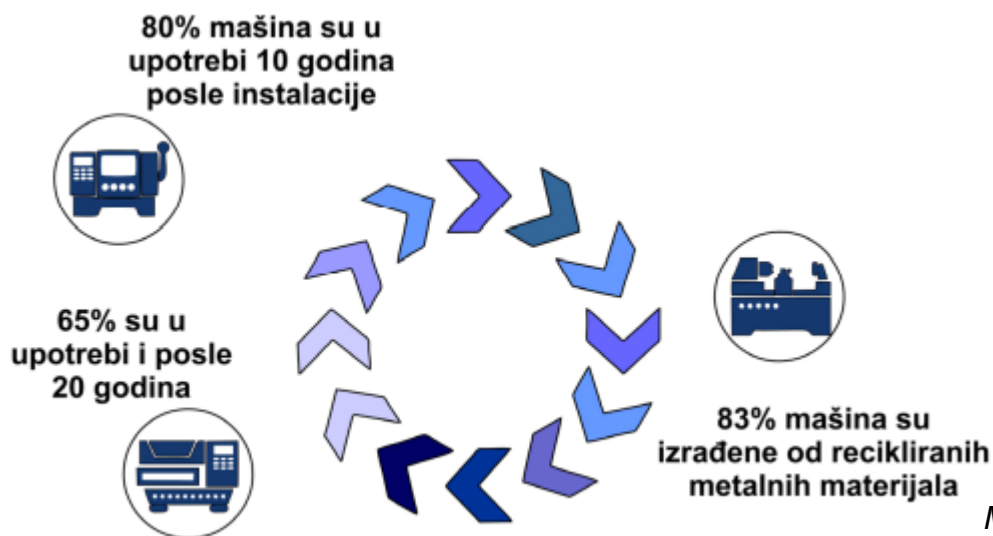
Detaljnija piramida tržišta mašina alatki

1.2 Značaj mašina alatki

- Jedna od glavnih karakteristika proizvodnje mašina alatki je njena heterogenost u pogledu veličine preduzeća, kao i tipa proizvoda.
- Mašine alatke za obradu metala po tipu su veoma raznolike, u zavisnosti od tehnologije koja se koristi.
- Potrošnja energije tokom faze eksploatacije ima najznačajniji uticaj na životnu sredinu tokom životnog ciklusa mašina alatki.
- Proizvođači mašina alatki mogu uticati na energetska efikasnost mašina u fazi projektovanja, ali ponašanje korisnika igra glavnu ulogu u stvarnoj potrošnji energije.
- U tom pogledu, mnogi proizvođači mašina alatki daju preporuke svojim korisnicima koje se odnose na postupke povezane sa energetska efikasnošću (npr. pravilno održavanje i izbegavanje preopterećenja), ili pružaju specifičnu obuku kako bi se osigurale optimalne performanse.

1.2 Značaj mašina alatki

- Pri proizvodnji mašina alatki se koriste materijali koji se mogu reciklirati. Iako su mašine alatke vrlo raznolike, generalno, oko 83% mašina je napravljeno od metalnih materijala.
- Kružna ekonomija prevazilazi reciklažu materijala; važan element je dug životni vek, ponovna upotreba i prerada proizvoda, s ciljem da se što duže zadrži u ekonomiji.
- Mašine alatke su proizvodi koji imaju dug vek. Mnoge mašine su u eksploataciji više od 20 godina, a zatim se u potpunosti mogu obnoviti.
- Mašine alatke već zadovoljavaju neke ključne principe kružne ekonomije.



Mašina alatka kao proizvod u okviru kružne ekonomije

FTN - DPM - LAMA

Studijski program: Proizvodno mašinstvo

Studijska grupa: ***Računarom podržane tehnologije***

Novi Sad, oktobar 2021.

Predmet: **Projektovanje mašina alatki**

2.0 TENDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Od mašine alatke 1.0 do mašine alatke 4.0

Industrija 1.0

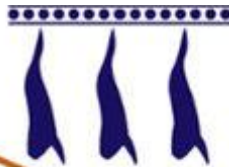
Mašinska proizvodnja
Pogon preko vode i pare



1784

Industrija 2.0

Masovna proizvodnja
Upotreba električne energije



1870

Industrija 3.0

Automatizacija
Korišćenje IT i računara



1969

Industrija 4.0

Digitalizacija
bazirana na Sajber –
Fizičkim sistemima

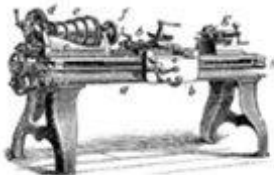


Danas



Mašina alatka 1.0

Mehanički pogon
Manuelni rad



Mašina alatka 2.0

Električni pogon
Numerička kontrola



Mašina alatka 3.0

CNC upravljanje



Mašina alatka 4.0

Sajber- fizička mašina alatka
Rešenja bazirana na CLAUD-u



2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

OPŠTI ZAHTEVI OD MAŠINA ALATKI

Tokom procesa evolucije od M.A. 1.0 do M.A.3.0 uvek su postojala tri osnovna zahteva koja svaka mašina alatka treba da ispuni, a to su:

- **TAČNOST,**
- **PROIZVODNOST**
- **EKONOMIČNOST.**

Navedena tri zahteva mogu se iskazati u sledećem smislu:

"Mašina alatka treba da zadovolji zahtev TAČNOSTI (što je uslovljeno tehnološkom namenom same mašine) i da određene radne operacije u okviru namene obavlja u što kraćem roku (PRODUKTIVNO) i uz najnižu cenu (EKONOMIČNO)"

2. TENDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

OPŠTI ZAHTEVI OD MAŠINA ALATKI

1. TENDENCIJA PORASTA BRZINE REZANJA (v) i PRESEKA STRUGOTINE (A).

$$v \uparrow \text{ i } A = f_1(a, s) \uparrow$$

2. TENDENCIJA PORASTA UGRAĐENE POGONSKE SNAGE (P)

Ova tendencija proizilazi iz povećanih preseka strugotine i brzine rezanja. To se može predstaviti na sledeći način:

➤ **sila rezanja** $F_1 = f_2(A) \uparrow$,

➤ **snaga** $P = f_3(F_1, v) \uparrow$.

Usko u vezi sa prethodnim je i tendencija povećanja OBRTNOG MOMENTA (M)

$$M = f_4(F, D) \uparrow$$

3. TENDENCIJA POVEĆANJA PROIZVODNOSTI (Q)

Ova tendencija je rezultat povećanja brzine rezanja, preseka strugotine i ugrađene pogonske snage

$$Q = f_5(v, A) \uparrow$$

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Mašine alatke (**uglavnom su to mašine sa NU**) koje zadovoljavaju kriterijume sadašnjeg tržišta treba da poseduju sledeće karakteristike:

- da ostvaruju visoku tačnost i visok kvalitet obrađenih površina,
- da obezbeđuju najnovije tehnologije obrade i visoke brzine rezanja,
- da poseduju visok stepen automatizacije obrade i posluživanja,
- da predstavljaju višenamenske (fleksibilne) sisteme, što im omogućava brzo prilagođavanje novim proizvodnim programima,
- da su izuzetno kratki rokovi formiranja ponuda i isporuke mašina alatki
- konkurentne cene proizvodnje i prodaje.

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Istraživanja vezana za usavršavanje mašina alatki realizovana u poslednjih pola veka su rezultovala značajnim promenama u ovoj oblasti i to:

- Usavršavanje koncepcionih rešenja mašina alatki;
- Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki;
- Razvoj komponenata i materijala;
- Usavršavanje koncepcije upravljačkih sistema.

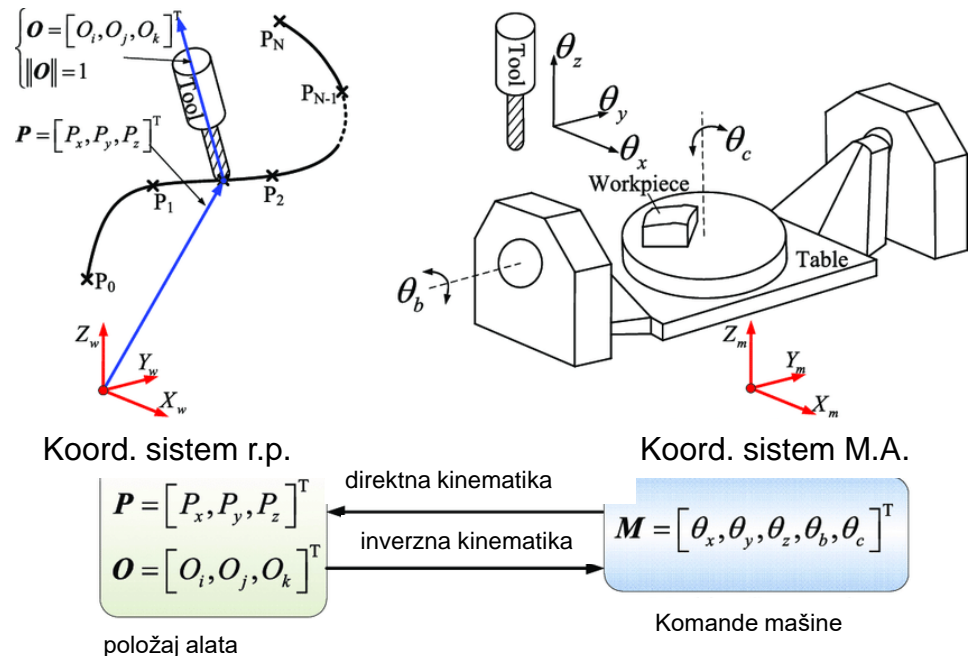
Polazeći od klasičnog koncepta mašina alatki koji je dominirao duže od polovine dvadesetog veka, razvojem mašina alatki sa numeričkim upravljanjem povećana je složenost mašina posebno sa stanovišta broja numerički upravljanih osa.

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki

Kao rezultat težnje da se ispune zahtevi tržišta nastao je *inverzni koncept* definisanja mehaničke strukture mašina alatki.

- Zasniva se prvenstveno na geometrijskim karakteristikama obradaka, kao i zahvatima obrade neophodnim za njegovu izradu.
- Pomeranja u pravcu pojedinih osa upravljanja ostvaruju se od strane obradka, a alati su postavljeni bočno u odnosu na obradak.



2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki

Poznato je više koncepcija projektovanja mašina alatki među kojima su:

- Modularna koncepcija projektovanja i gradnje;
- Koncepcija gradnje mašina alatki na rekonfigurabilnim principima;
- Razvoj i gradnja energetski efikasnih mašina alatki;

Modularna gradnja mašina alatki je u primeni kod većine proizvođača mašina alatki već duži vremenski period, a njeni osnovni ciljevi su:

- ✓ Ubrzanje procesa projektovanja i gradnje mašina alatki prema zahtevima kupca;
- ✓ Povećanje stepena sigurnosti razvijenog rešenja;
- ✓ Smanjenje broja grešaka i iteracija u procesu projektovanja;
- ✓ Povećanje kvaliteta i konkurentnosti proizvoda.

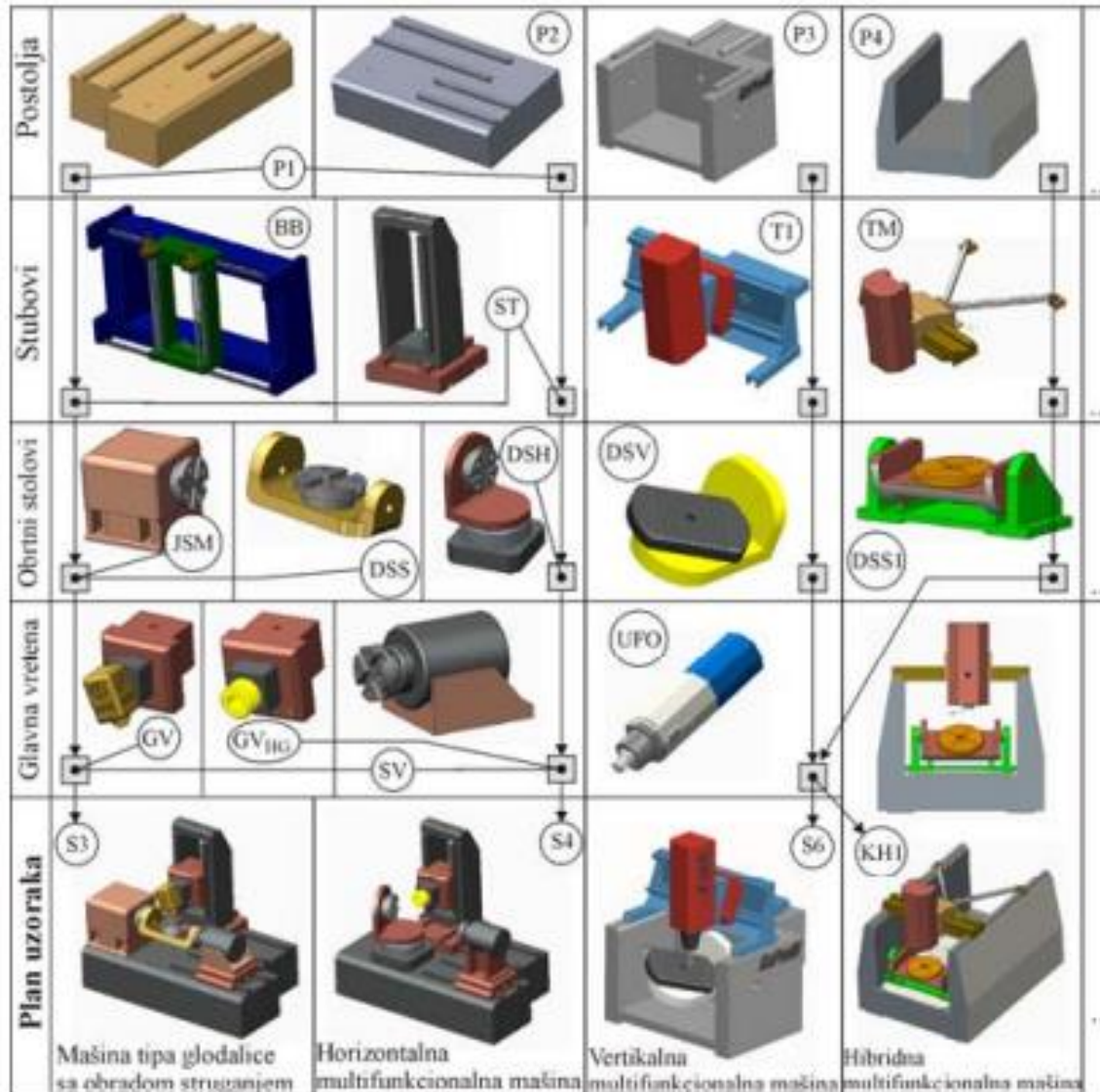
2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki

- U savremenim uslovima proizvodnje, od mašina alatki se zahteva visoka proizvodnost uz značajan stepen fleksibilnosti.
- Jedan od odgovora na ovakve zahteve je nastala koncepcija gradnje bazirana na modularnoj mehaničkoj strukturi uz primenu upravljačkih sistema otvorene arhitekture.
- Kombinacija ovih podsistema mašina alatki predstavlja osnovu tzv. *rekonfigurabilne koncepcije gradnje mašina alatki*.
- Ovako koncipirani sistemi imaju mogućnost prilagođavanja konfiguraciji izradka uz zadovoljenje željene proizvodnosti.
- Pored toga jednu od najvažnijih performansi ovakvih sistema predstavlja pogodnost za rekonfiguraciju kod korisnika mašina alatki, čime se posle određenog perioda eksploatacije, uz korekcije na upravljačkom sistemu, dobija praktično nova mašina alatka.

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki



P: postolja (P1 do P4); BB: postolje „Box in Box”, ST: stub; T1: traverza; TM: tehnološki modul sa paralelnim mehanizmom; JSM: jednostruki obrtni sto multifunkcionalne; DSS: dupli sto horizontalne koncepcije 1; DSH: dupli sto horizontalne koncepcije 2; DSV: dupli sto vertikalne koncepcije 2; DSS1: dupli sto vertikalne koncepcije 1; GV glodačko vreteno; GVHG: glavno vreteno horizontalne; SV: strugarsko vreteno; UFO: brzohodno glavno vreteno.

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki

- Razvoj mikroelektronike, biomedicine, vojne i svemirske industrije su inicirali istraživanja vezana za obradu radnih predmeta malih dimenzija sa zahtevima za visokim kvalitetom obrađenih površina.
- Problematika projektovanja i izrade mašina alatki za ultrapreciznu i mikro obradu u poslednje dve decenije je usmerena na usavršavanja vezana za :
 - ❑ Termičku stabilnost mašina alatki i usavršavanje sistema za hlađenje elemenata mašina alatki i alata u procesu obrade;
 - ❑ Usavršavanja uležištenja i sistema za vođenje pre svega aerostatičkih i hidrostatičkih uležištenja i vođica u cilju eliminisanja turbulentnog strujanja fluida
 - ❑ Usavršavanja pogona pomoćnog kretanja koji omogućuju mikropomeraje;
 - ❑ Usavršavanje mernih sistema u vidu odgovarajućih davača sa visokom rezolucijom signala koji omogućavaju merenje mikro pomeraja elemenata mašine.

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki

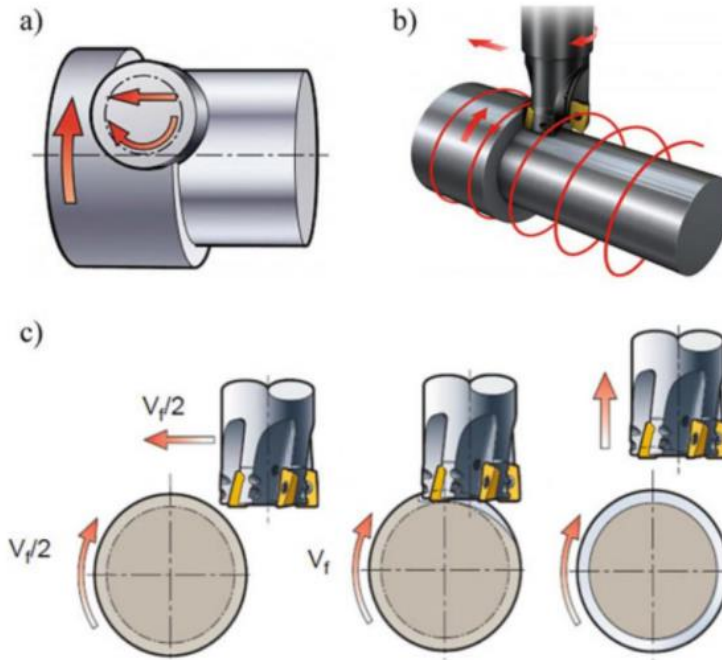
- U cilju realizacije hibridnih procesa obrade razvijene su odgovarajuće mašine alatke. Hibridna mašina alatka se može definisati kao: „mašina alatka koja ima integrisane različite procese obrade unutar jedne proizvodne platforme“
- Prema uslovima rada, hibridne mašine alatke se mogu klasifikovati u tri kategorije:
 - ❑ Sekvencijalne hibridne mašine alatke (*Sequential hybrid machine tools*)
 - ❑ Podpomognute hibridne mašine alatke (*Assisted hybrid machine tools*)
 - ❑ Kombinovane hibridne mašine alatke (*Combined hybrid machine tools*)

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki

- Sekvencijalne hibridne mašine alatke (*Sequential hybrid machine tools*)

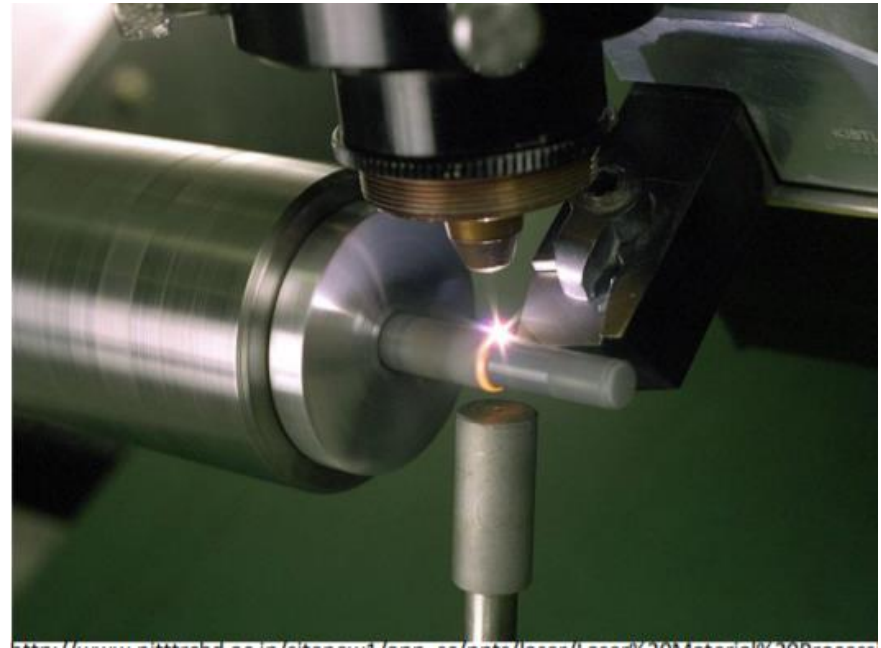
Sekvencijalne mašine alatke integrišu sastavne delove procesa na jednoj platformi npr. obradni sentar za struganje-gladanje koji je sposoban za izvođenje operacija struganja i glodanja pri jednom stezanju obradka, odnosno da izvede dva ili više procesa rezanja sa različitom kinematikom kretanja.



2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki

- ❑ Podpomognute hibridne mašine alatke (*Assisted hybrid machine tools*)
- Opšte posmatrano podpomognute hibridne mašine alatke su snadbevene dodatnom opremom npr. sa laserom ili ultrazvučnim vibro generatorom ili dodatnim medijumom, koji potpomažu pri različitim procesima obrade.
- Neki od najpoznatijih obrade su: ultrazvučno (vibraciono) rezanje, laserom podpomognuto, obrada podpomognuta medijumom (npr. *kriogenim gasom*)

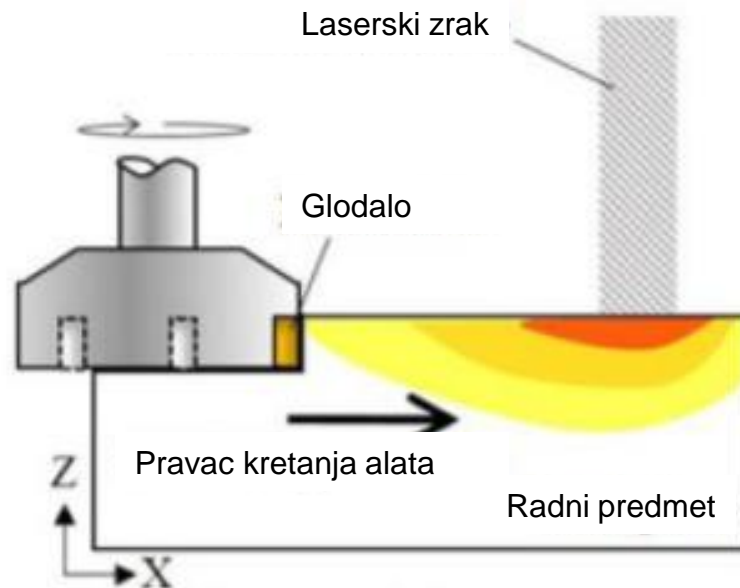
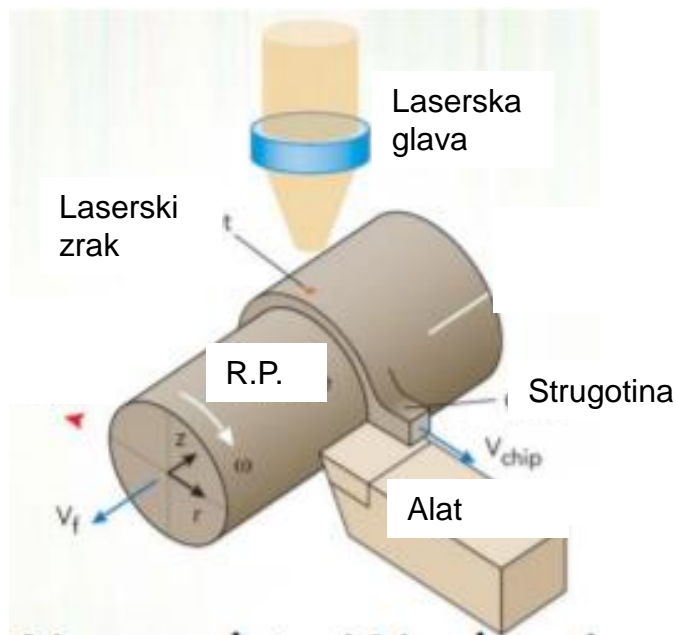


2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki

Laserom podpomognute obrade (LAM – Laser Assisted Machining)

Kod laserom podpomognute obrade (LAM -Laser Assisted Machining) laserski snop induktivno zagreva obradak, što za posledicu ima lokalno omekšavanje materijala, omogućavajući tako da bude obrađen alatima koji imaju definisanu rezni ivicu.

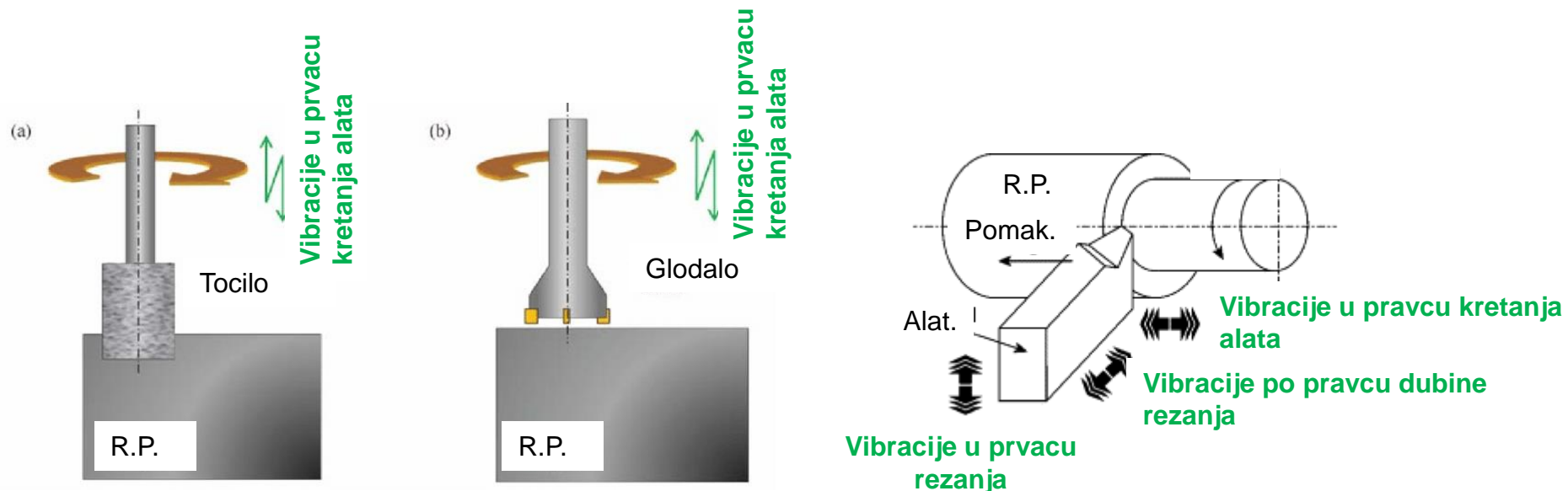


2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Usavršavanja koncepcije gradnje mašina alatki

Ultrazvukom (vibracijama) podpomognuta obrada rezanjem - (*Ultrasonic Vibration-Assisted Machining*)

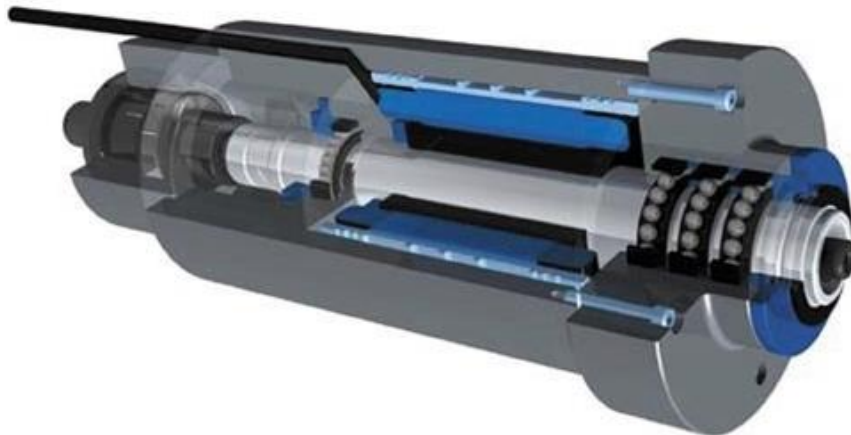
Vibracija se kao sekundarni proces koristi kod postupaka obrade rezanjem kako bi se poboljšalo odvajanje materijala. Ostvaruje se pomoću piezoelektričnih elemenata integrisanih u glavno vreteno, držač alata ili u pribor za stezanje obratka. Amplitude vibracije se kreću od 1 do 200 μm , a frekvencije od 0,1 kHz do 80 kHz.



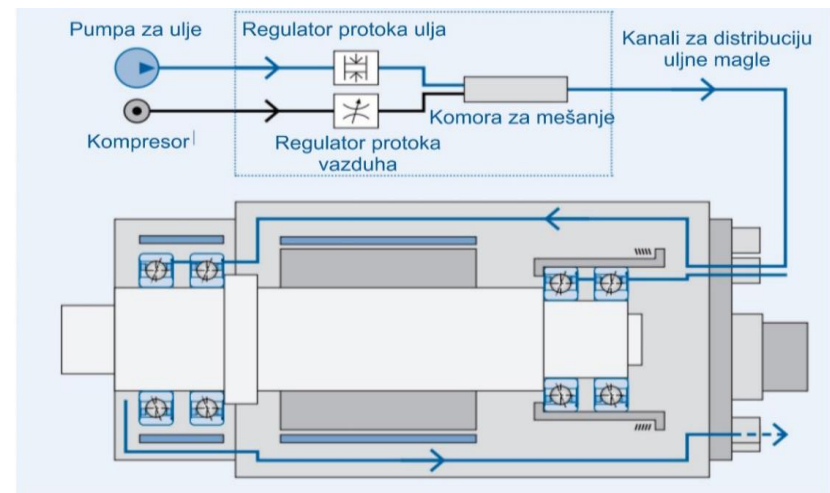
2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Razvoj *komponenata* i materijala

- Jedan od osnovnih pravaca modernizacije mašina alatki predstavlja tendencija ka povećanju produktivnosti što je u direktnoj sprezi sa povećanjem brzine rezanja.
- U novije vreme su u značajnoj meri zastupljeni savremeni materijali kao što su aluminijum, titanijum, magnezijum i sl. koji podrazumevaju obradu brzinama koje dostižu i 10000 m/min
- Usavršavanje pogona glavnog kretanja kao jedne od vitalnih komponenata mašina alatki – razvoj i usavršavanje **motor-vretena**.



Motor-vreteno

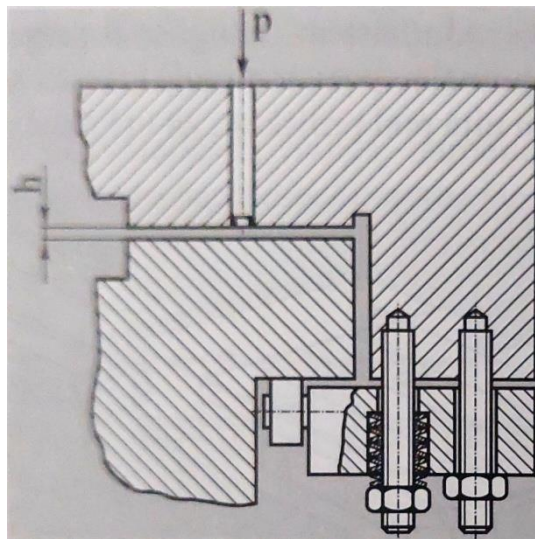


2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

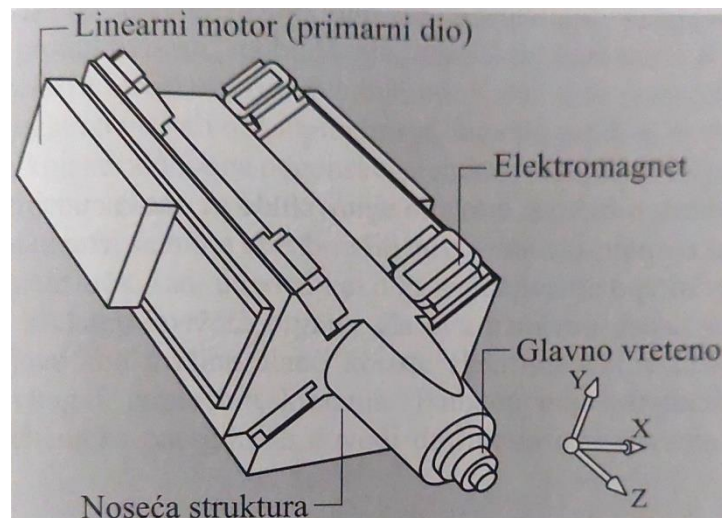
Razvoj *komponentata* i materijala

Usavršavanje postojećih komponenata se svodi na razvoj savremenijih tipova motora i uležištenja, razvoj informacionih tehnologija kao i usavršavanjem novih tipova materijala koji se koriste u tehnici.

Duži niz godina izvode se istraživanja sa ciljem razvoja beskontaktnih metoda vođenja elemenata među kojima su najznačajniju primenu našli ***magnetno i aerostatičko vođenje i uležištenje.***



Princip aerostatičke vođice

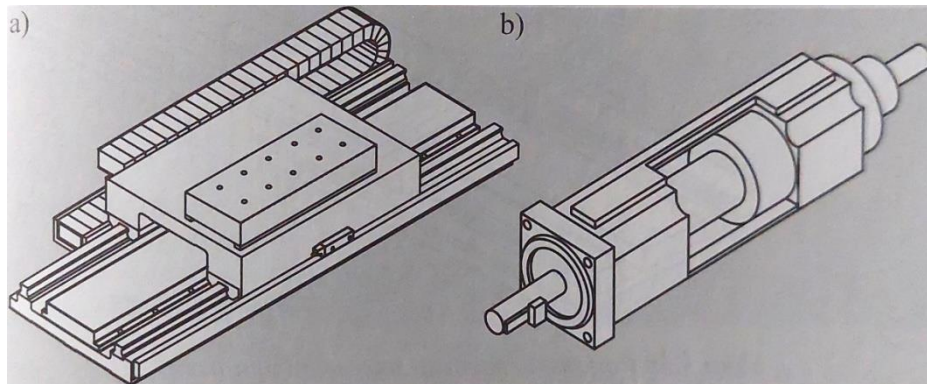


Magnetna vođica

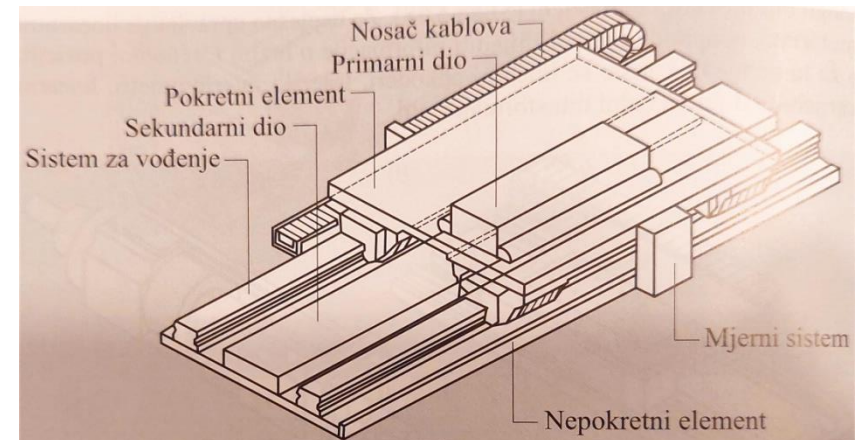
2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Razvoj *komponentata* i materijala

- Poslednjih godina se kao jedna od najznačajnijih promena u razvoju komponentata mašina alatki navodi primena **linearnih motora** kao pogona pomoćnog kretanja.
- Razvoj lineranih motora je zasnovan na izmenama geometrijske strukture rotacionih motora.
- Ovi motori omogućuju direktno pretvaranje elekt. energije u zahtevanu aksijalnu silu za odgovarajuće pravolinijsko kretanje.



Konstrukcioni oblik linearnih motora
a) pločasti; b) rotacioni



2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Razvoj komponenata i *materijala*

- Da bi budući proizvodi mogli da budu stavljeni u upotrebu, od materijala se zahtevaju posebne osobine u pogledu mase i čvrstoće.
- Novostvoreni čelični i liveni materijali kao npr. legiranje na bazi nikla ili mikrolegirano liveno gvožđe sa lamelastim grafitom (GJL) imaju odgovarajuće karakteristike u vezi otpornosti na koroziju ili veliku otpornost na istezanje.
- Mnoge savremene konstrukcije nosećih struktura mašina alatki zahtevaju materijale sa kombinacijom mehaničko-fizičkih svojstava koje ne poseduju materijali poput sivog liva i čelika.
- Kompozitnim materijalima dobijenim spajanjem dva ili više materijala različitih svojstava, dobija se materijal sa poboljšanim mehaničko fizičkim osobinama. Poboljšana svojstva kompozita otvaraju nove mogućnosti njihove široke primene.

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

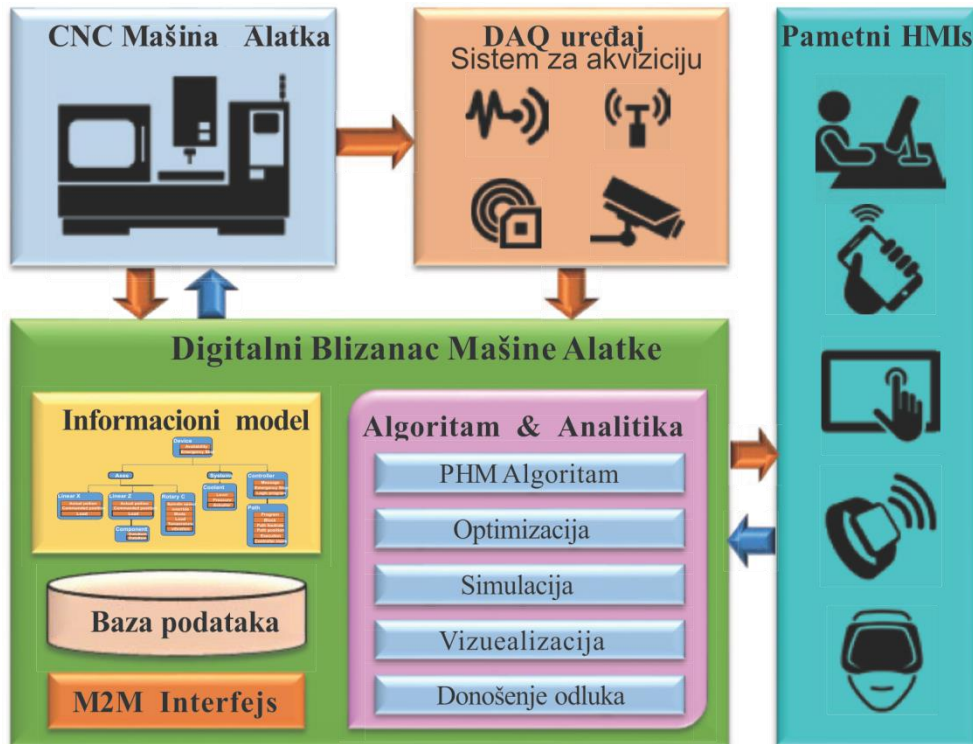
Razvoj upravljačkih jedinica

- Razvoj mašina alatki je značajno uslovljen i razvojem upravljačkih sistema.
- Kontinuirano praćenje stanja mašina alatki u eksploataciji podrazumeva praćenje stanja njihovih vitalnih komponenata.
- Poslednjih godina CNC upravljački sistemi su značajno napredovali, zahvaljujući razvoju mikroprocesora, savremenim informaciono-komunikacionim tehnologijama, sofisticiranim programskim rešenjima, računarskim mrežama i savremenim protokolima komunikacije.
- U cilju povećanja tačnosti i efikasnosti mašina alatki u savremene CNC upravljačke jedinice integrisan je čitav niz novih tehnologija: *nano interpolacija, aktivna kontrola vibracija, nadzor glavnog vretena, kompenzaciju toplotnih dilatacija, inteligentnu podršku održavanju itd.*

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Sajber – Fizička Mašina Alatka (Cyber-Physical Machine Tools -CPMT) – Mašina alatka 4.0

- Mašina alatka 4.0 (CPMT) predstavlja integraciju mašine alatke, procesa obrade, proračuna, mreže, gde je ugrađeno proračunsko praćenje i kontrola procesa obrade sa povratnom spregom u kojima procesi obrade mogu uticati na proračunske veličine i obrnuto.



CPMT se sastoji od četiri glavne komponente:

- CNC Mašine Alatke
- Sistema za akviziciju
- Digitalnog Blizanca
- Pametnog interfejsa “Čovek – Mašina”

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Sajber – Fizička Mašina Alatka (Cyber-Physical Machine Tools -CPMT) – Mašina alatka 4.0

- CNC mašina alatka se odnosi na fizičku mašinu alatku uključujući sve komponente i podsisteme, kao i proces obrade.
- Uređaj za akviziciju podataka uključuje različite tipove senzora (npr. dinamometre, akcelerometre, senzore temperature, kamere, RFID tagove, čitače, uređaje za obradu signala i dr.). Uređaj za akviziciju je odgovoran za prikupljanje podataka u realnom vremenu sa kritičnih komponenti i procesa obrade.
- Digitalni Bliznac M.A. je digitalni model fizičke mašine alatke sa ugrađenim mogućnostima proračuna. Funkcioniše kao mozak mašine alatke, u potpunosti koristi podatke prikupljene u realnom vremenu iz fizičkog sveta. Sastoji se od: informacionog modela, Baze podataka, Inteligentnog algoritma i Interfejsa “mašina-mašina” (M2M)
- Pametni interfejs (Čovek- Mašina) omogućava intuitivno komuniciranje sa sistemom i donošenje efikasnih odluka.

2. TEDENCIJE RAZVOJA MAŠINA ALATKI

Sajber – Fizička Mašina Alatka (Cyber-Physical Machine Tools -CPMT) – Mašina alatka 4.0

- Glavne funkcije kod ovih mašina su:
- 1) poboljšanje kvaliteta - cilj je poboljšati površinsku obradu tačnost i kvalitet.;
- 2) optimizacija parametara procesa - optimizacija parametara procesa uključuje adaptivno upravljanje i prilagođavanje parametara obrade;
- 3) obezbeđenje ispravnog stanja mašine - Potrebno je da postoji uverenje da je oprema u ispravnom stanju i pouzdana.;
- 4) upravljanje proizvodnjom - glavni cilj upravljanja proizvodnjom je da optimizira proces obrade i obezbedi mala potrošnja vremena i resursa za celokupni proizvodni proces. .

FTN - DPM - LAMA

Studijski program: Proizvodno mašinstvo

Studijska grupa: ***Računarom podržane tehnologije***

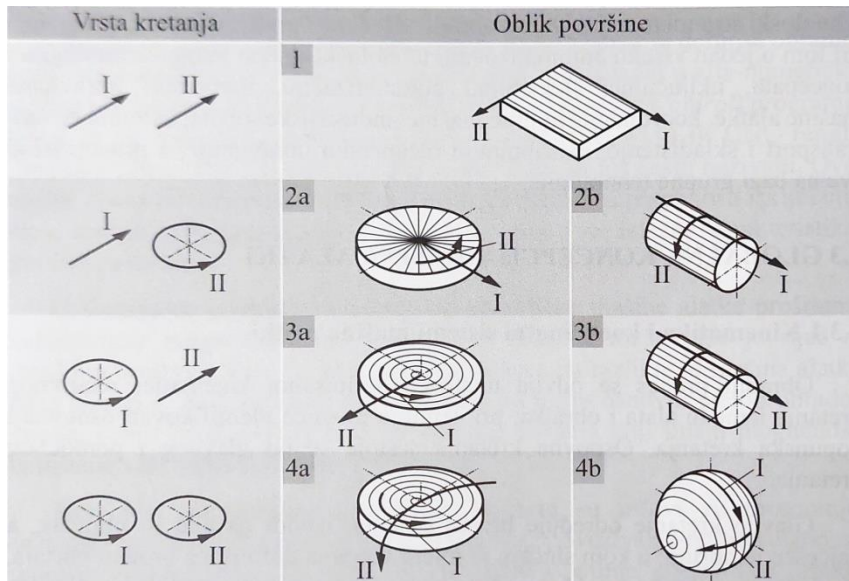
Novi Sad, oktobar 2021.

Predmet: **Projektovanje mašina alatki**

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

- Proces rezanja se odvija u definisanoj kinematskoj vezi između alata i obradka.
- Osnovna kretanja se sastoje od glavnog i pomoćnog kretanja.
- Dopunska kretanja se odnose na poziciona, podeona i slične vrste kretanja, kao i na kretanja vezana za manipulaciju alatima i obradcima.
- Putanja relativnog kontakta između alata i obradka je najčešće sastavljena od elementarnih pravolinijskih i obrtnih kretanja, koja se ostvaruju odgovarajućim kretanjima izvršnih organa mašine alatke.



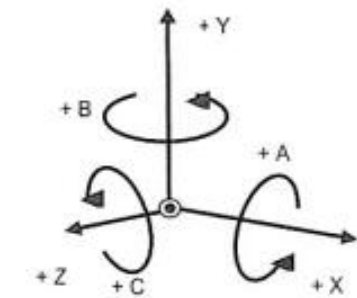
Mogući načini kombinovanja pravolinijskih i obrtnih kretanja

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

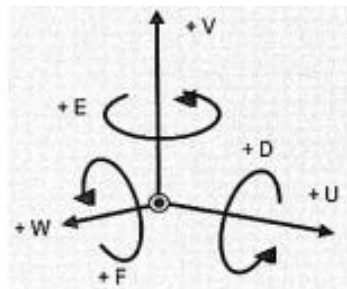
- Obzirom na različite mogućnosti kretanja izvršnih organa mašina alatki kao i stepena njihove složenosti, mašine alatke se mogu podeliti u tri grupe:
 - ✓ **proste,**
 - ✓ **složene i**
 - ✓ **kombinovane.**

Oblici kretanja po osama M.A.:

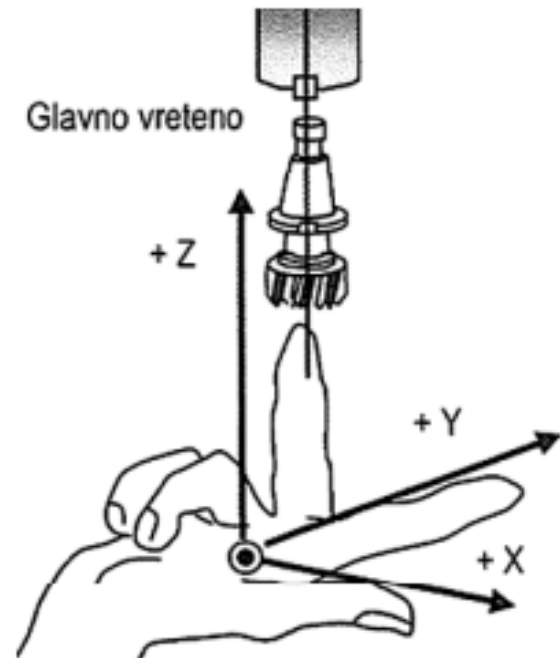
- rotaciona ili pravolinijska,
- glavna i pomoćna kretanja.



Primarni koordinatni sistem

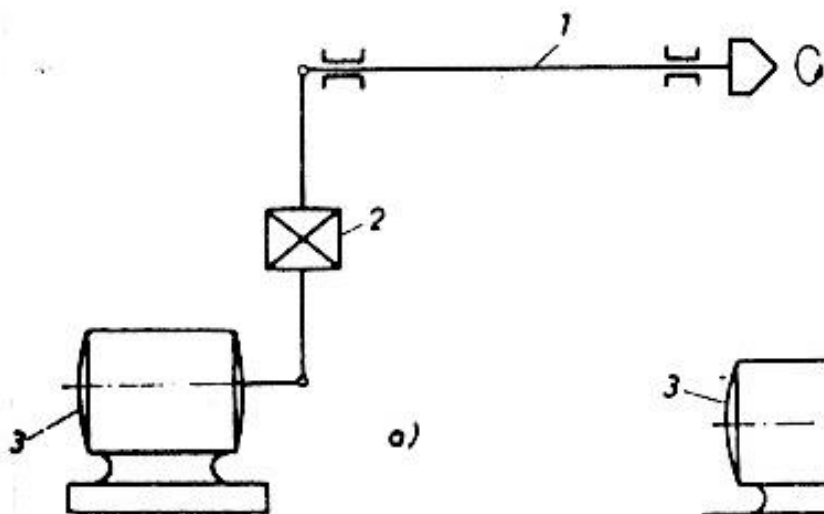


Sekundarni koordinatni sistem

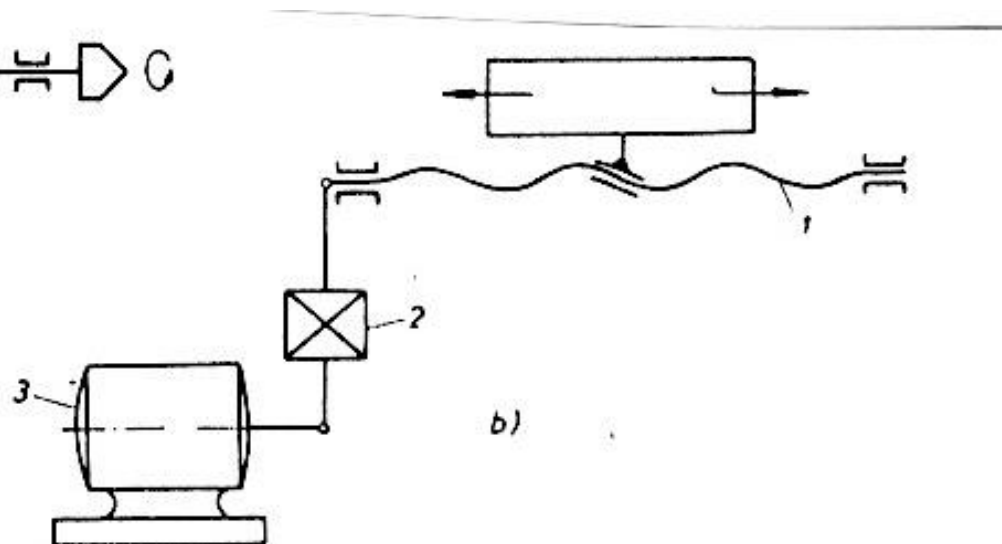


3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Proste mašina = ostvaruju samo jedno kretanje (ili obrtno ili pravolinijsko), tako da je za obradu nekog obradka potrebno pomoćno kretanje koje u tom slučaju mora da izvodi sam rukovaoc.



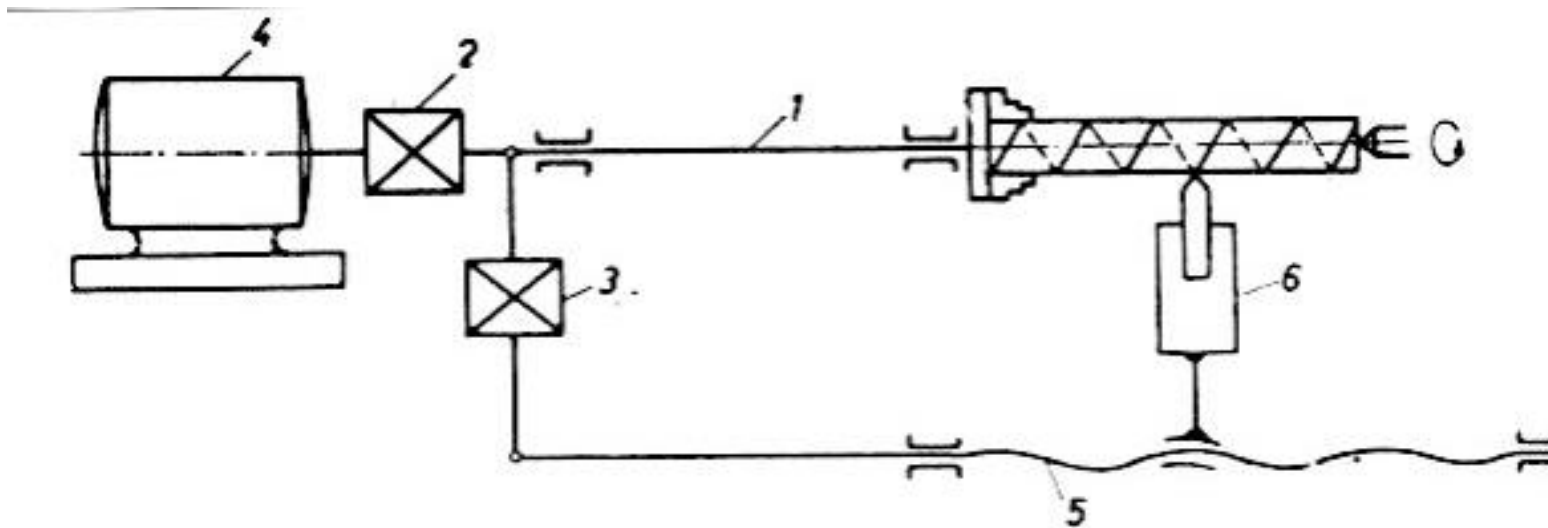
a) sa obrtnim kretanjem



b) sa pravolinijskim kretanjem

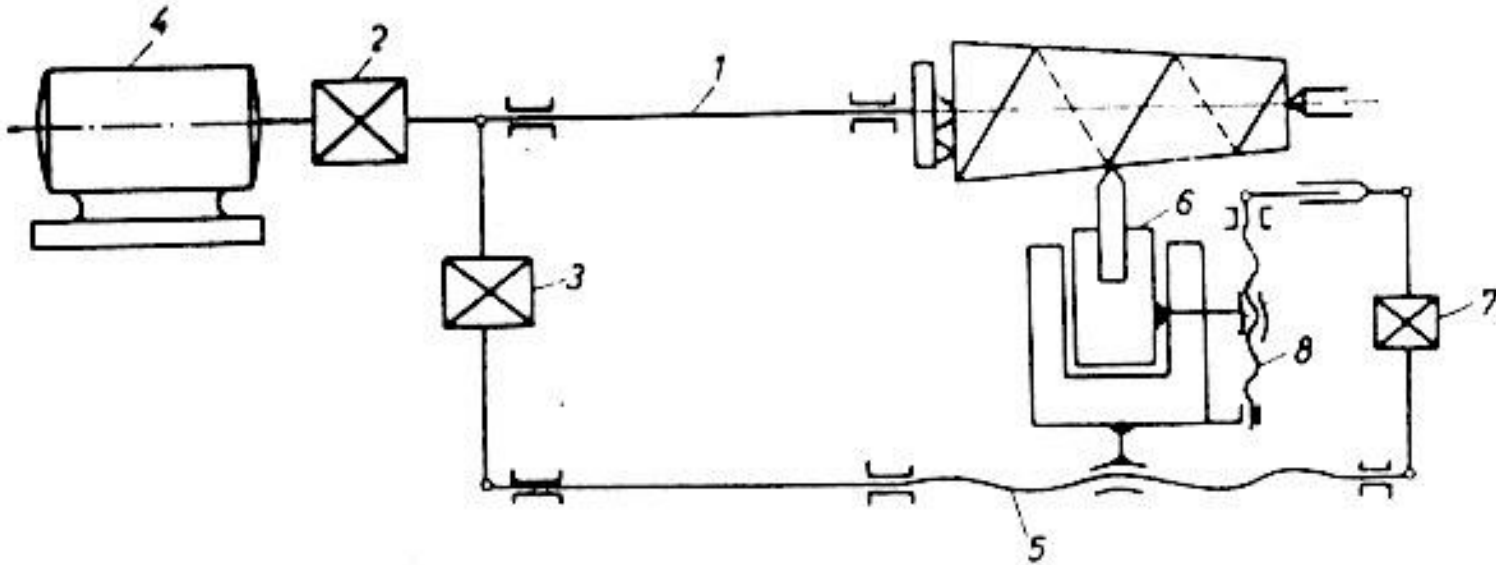
3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Složene mašine = istovremeno se ostvaruju osnovna kretanja.



3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Kod **kombinovanih** mašina se pojavljuje više grupa prostih ili složenih sistema koji se nalaze u određenoj međuzavisnosti.



Složeni sistem sa prenosnicima 2 i 3 obezbeđuje glavno i pomoćno kretanje kao u prethodnom slučaju ostvarujući njihovu međusobnu zavisnost.

Prost sistem je onaj koji preko prenosnika 7 i zavojnog vretena 8 obezbeđuje radialno primicanje alata. Istovremenim dejstvom svih ovih kretanja postiže se izrada konične zavojnice.

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Složene i kombinovane mašine alatke mogu imati **različita konceptijska rešenja pri istoj nameni**, u zavisnosti od toga kakva se uloga dodeljuje alatu i radnom predmetu u pogledu izvođenja **osnovnih kretanja**.

Oznaka (Simbol):

A – alat; **R** - radni predmet;

G - glavno kretanje;

P_x, **P_y**, **P_z**, - pomoćno pravolinijsko kretanja u pravcima osa X, Y, Z;

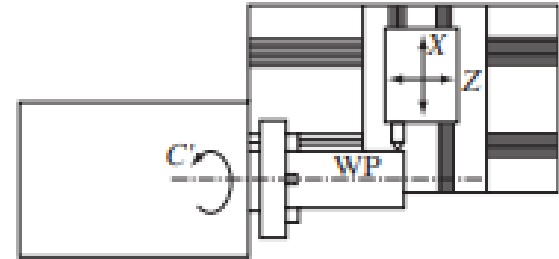
P_o -pomoćno obrtno kretanje;

Napomena: Simbol za kretanje se postavlja uz simbol za alat ili radni predmet, zavisno od toga ko izvodi kretanje označeno tim simbolom;

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Simbolički prikaz (strukturni izraz) za strug

$P_z, P_x (A, R) G$



Ako se simboli u zagradi posmatraju kao jedan član, a simboli za kretanje kao posebni članovi onda je broj mogućih permutacija :

$$K = 1 \times 2 \times 3 \times 4 = 4! = 24$$

Konstatacija: *Sa stanovišta mogućnosti kretanja mogu se ostvariti 24 konceptijske varijante.*

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Simbolički prikaza konzolne glodalice je:

$G(A,R) P_x, P_y, P_z$

$$K = 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 = 5! = 120$$

120 konceptijskih varijanti u pogledu kretanja;

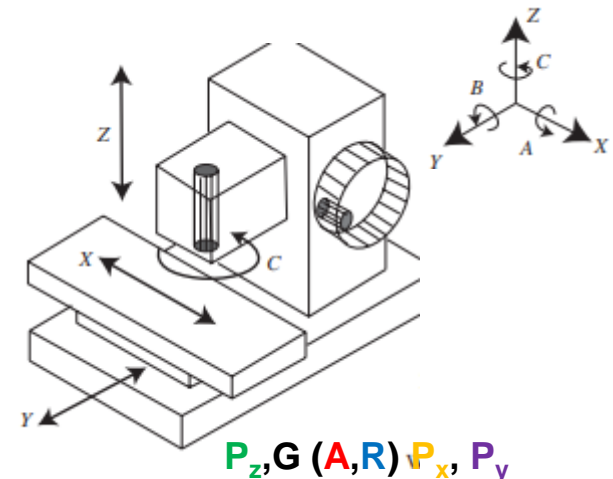
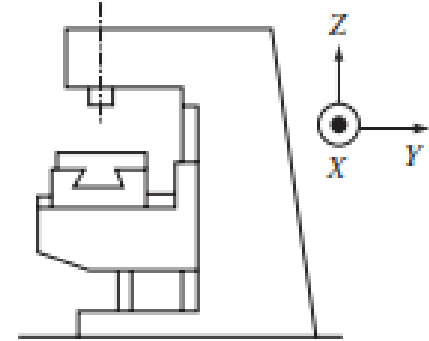
Kod konzolnih glodalica se mogu pojaviti i druge konceptijske varijante:

$P_y, G(A,R) P_x, P_z$

$P_z, G(A,R) P_y, P_x$

$P_x, G(A,R) P_y, P_z$

$P_x, P_y, G(A,R) P_z$ itd.



Obradni centar sa tri ose.

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Kod **jednovretenih bušilica** koje imaju samo jedno pomoćno kretanje simbolički prikaz je :

Pz, G (A,R)

što odgovara $3!$ tj. 6 koncepcijskih varijanti.

Kod **rendisaljki** je i glavno i pomoćno kretanje pravolinijsko i u zavisnosti od toga da li alat ili radni predmet izvodi glavno kretanje razlikuju se kratkohodne i dugohodne rendisaljke.

G (A,R) Py, - kratkohodna rendisaljka,

G (A,R) Py – dubilica,

Px, (A,R) G - dugohodna rendisaljka;

6 koncepcijskih varijanti.

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Brusilica za ravno brušenje sa pravougaonim stolom ima simbolički prikaz

$P_z, G (A, R) P_x, P_y$, ili

$G (A, R) P_x, P_y, P_z$

što daje 5! varijanti tj. 120 varijanti.

Brusilica za spoljašnje okruglo brušenje po principu Nortona ima simbolički prikaz

$P_y, G (A, R) P_x, P_o$

Brusilica za spoljašnje okruglo brušenje po principu Landisa ima simbolički prikaz

$P_x, P_y, G (A, R) P_o$

120 koncepcijskih varijanti.

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Simbolički prikaz **brusilice za unutrašnje okruglo brušenje** je

P_x, P_y, G (A, R) P_o

sa 5!, tj. 120 varijanti;

ZAKLJUČAK:

Isti simbolički prikaz može da predstavlja sasvim različite mašine .

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Dalje povećanje koncepcijskih varijanti se može postići variranjem broja:

- **glavnih vretena,**
- **istovremeno obrađenih površina na obradku,**
- **istovremeno obrađenih radnih predmeta itd.**

Povećanjem složenosti mašine može se (pored obezbeđnja potrednih kretanja) **postići i :**

- skraćenje glavnog vremena obrade ili
- skraćenje pomoćnog vremena ili
- istovremeno skraćenje i glavnog i pomoćnog vremena.

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Istovremena obrada više površina

Poklapanje glavnih i pomoćnih vremena može se postići i pri istovremenoj obradi više površina na jednom radnom predmetu, komponovanjem agregatnih jedinica oko radnog predmeta.

Postoje principijelno dva slučaja:

- radni predmet nepokretan
- radni predmet pokretan.

3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Koncepciona rešenja kod mašina sa **nepokretnim radnim predmetom.**

$$K = \binom{n_1 + n_2 - 1}{n_2}$$

*n1 - broj osnovnih pravaca pomoćnog kretanja,
n2 - broj površina na radnom predmetu koje se obrađuju .*

K - broj varijantnih rešenja = broj kombinacija sa ponavljanjem n1 elemenata n2 klase.

Primer 1:

Za najjednostavniji slučaj obrade paralopipeda

$n_1 = 2$ (horizontalan i vertikalni pravac)

$n_2 = 6$

$K = 7$



3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Konceptiona rešenja kod mašina sa nepokretnim radnim predmetom.

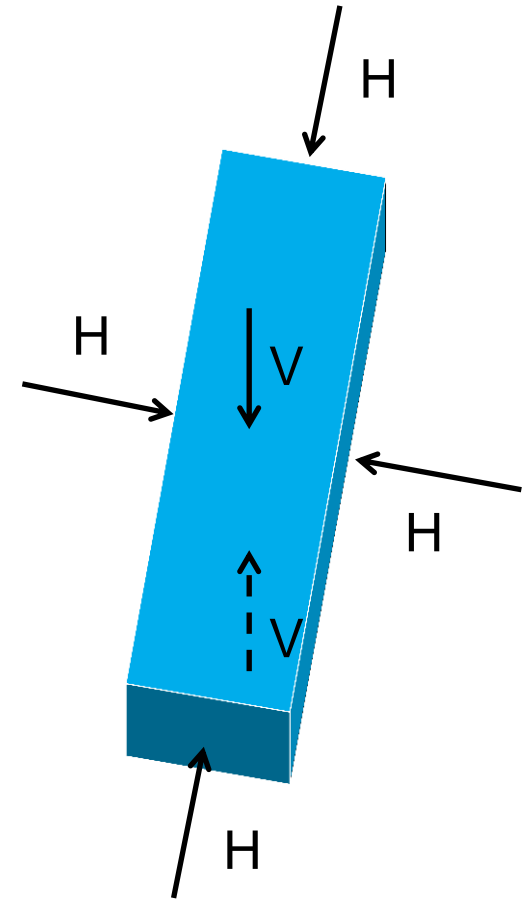
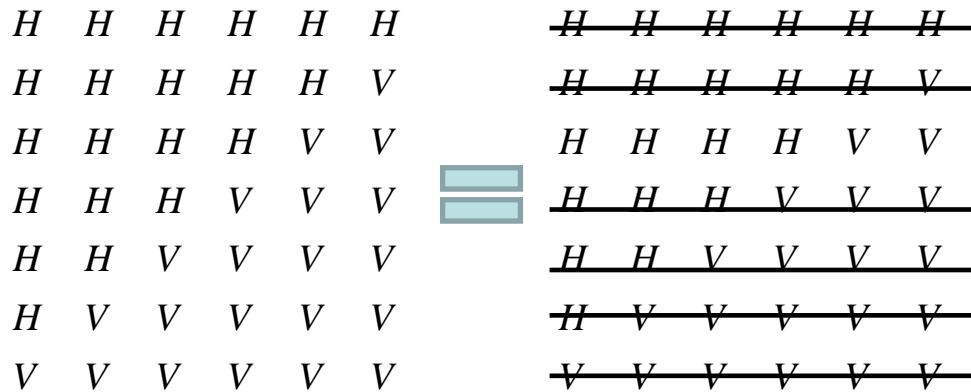
Primer 1:

Za najjednostavniji slučaj obrade paralopipeda

$n1 = 2$ (horizontalan i vertikaln pravac)

$n2 = 6$

$K = 7$



3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Koncepciona rešenja kod mašina sa nepokretnim radnim predmetom.

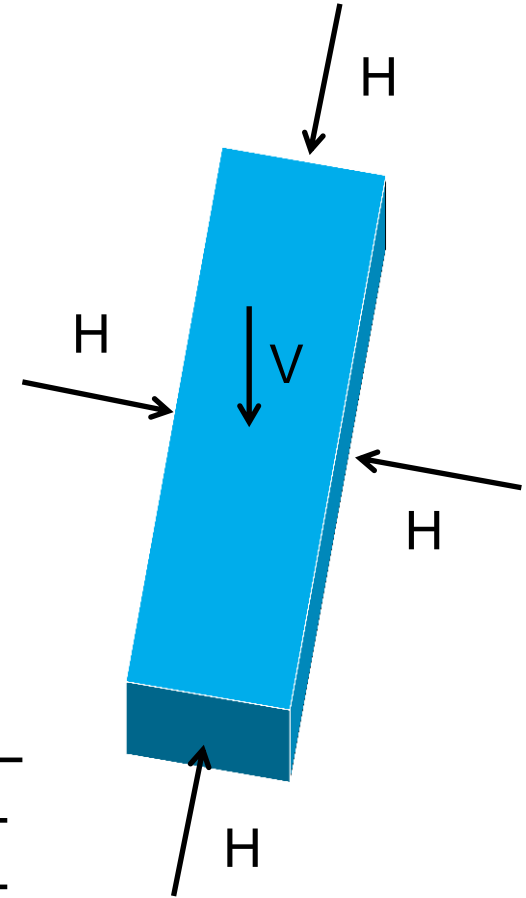
Primer 2:

n1 = 2 (horizontalan i vertikalni pravac)

n2 = 5 (1 površina za postavljanje i stezanje radnog predmeta)

K = 6

H	H	H	H	H		H	H	H	H	H
H	H	H	H	V		H	H	H	H	V
H	H	H	V	V	=	H	H	H	V	V
H	H	V	V	V	=	H	H	V	V	V
H	V	V	V	V	=	H	V	V	V	V
V	V	V	V	V	=	V	V	V	V	V



3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Konceptiona rešenja kod mašina sa nepokretnim radnim predmetom.

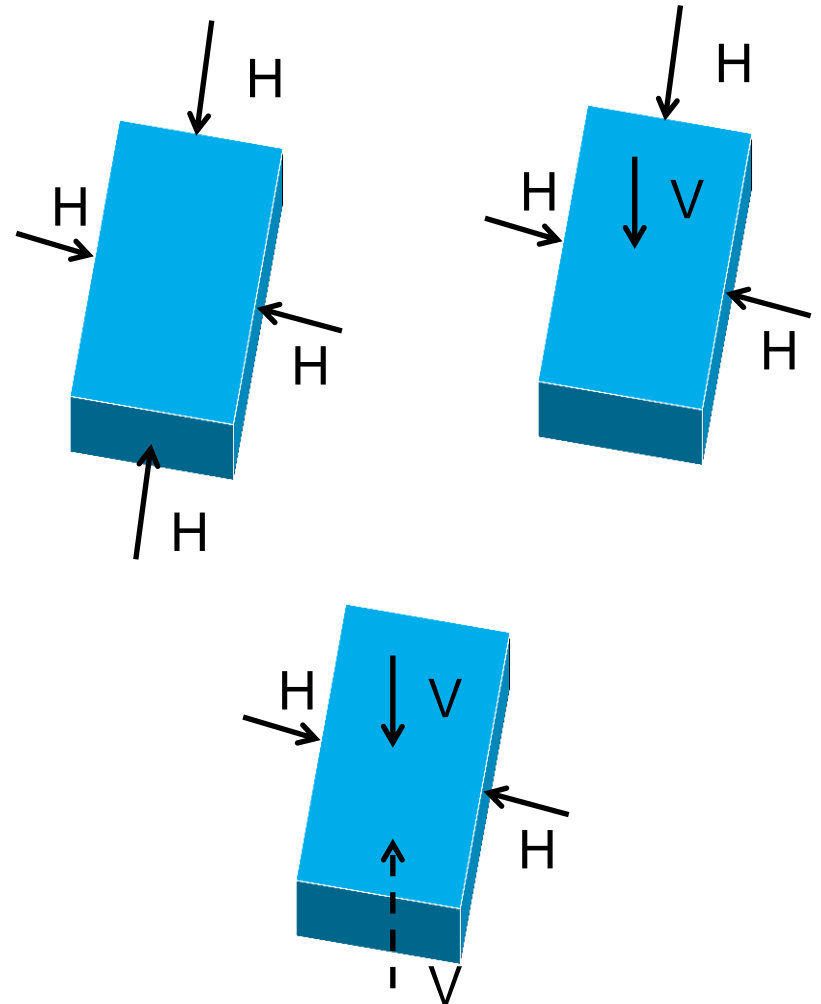
Primer 3:

$n_1 = 2$ (horizontalan i vertikalni pravac)

$n_2 = 4$ (četvorostranana obrada)

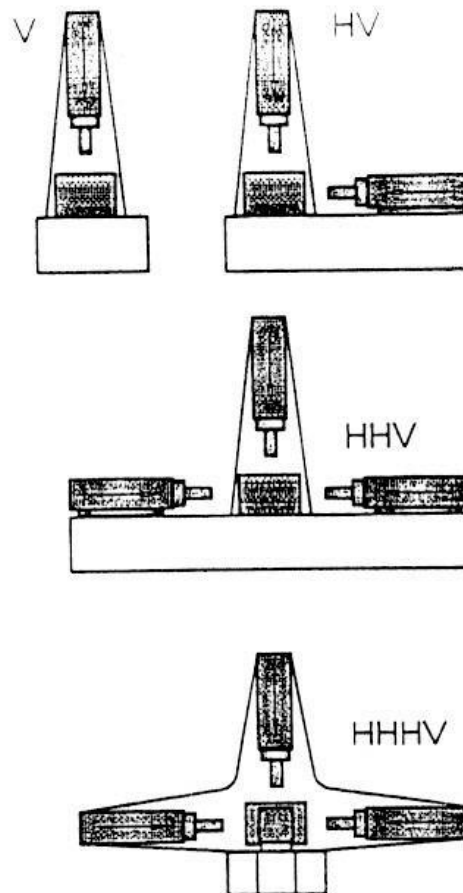
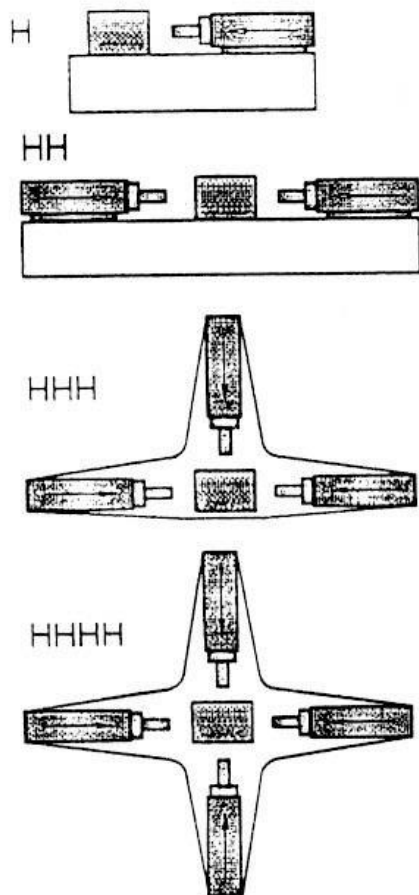
$K = 5$

<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>		<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>V</i>		<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>V</i>
<i>H</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	=	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>V</i>
<i>H</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>V</i>		<i>H</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>V</i>
<i>V</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>V</i>		<i>V</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>V</i>



3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

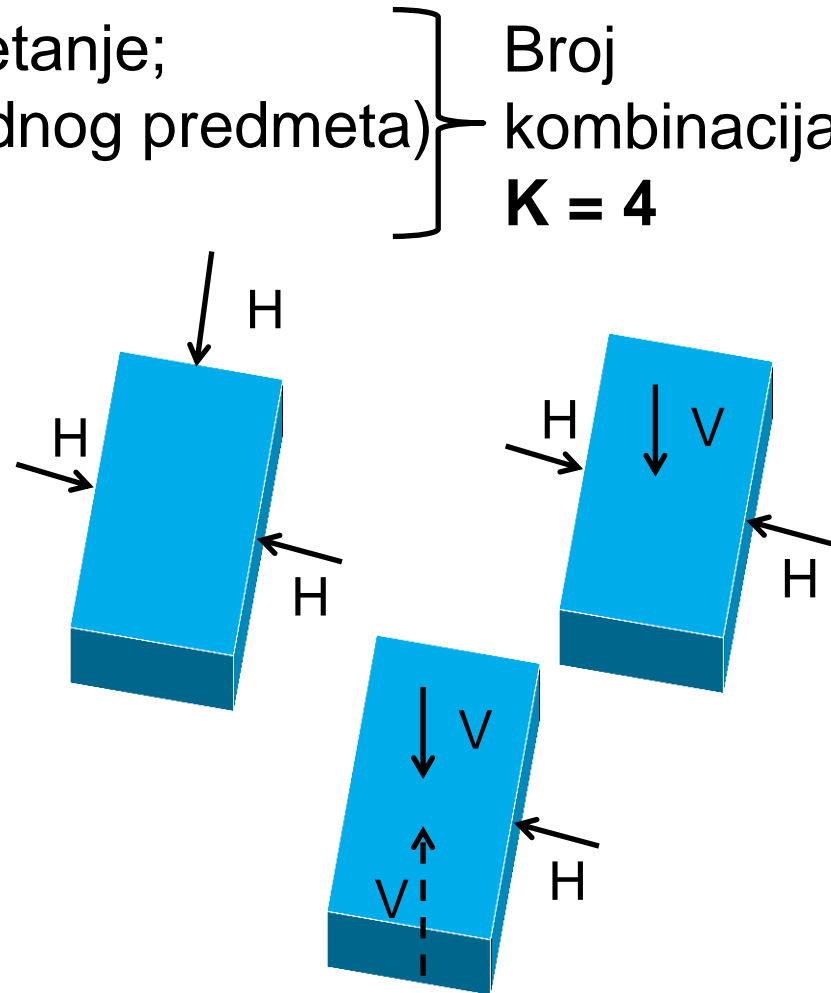
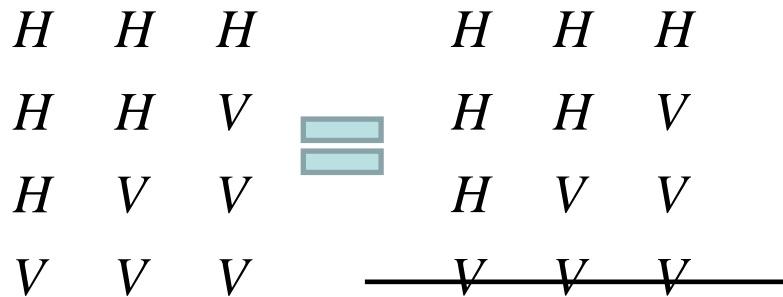
Primeri višestrane obrade nepokretnog radnog predmeta



3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Koncepciona rešenja kod mašina sa **pokretnim radnim predmetom**

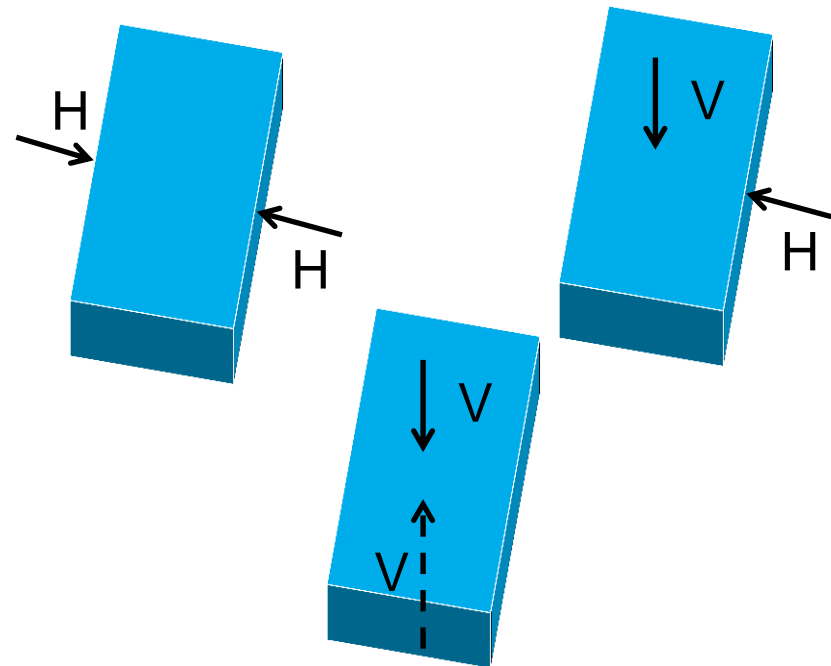
- radni predmet vrši pomoćno kretanje;
 - $n_2 = 3$ (oslanjanje i stazanje radnog predmeta)
 - $n_1 = 2$
- Broj kombinacija **K = 4**



3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

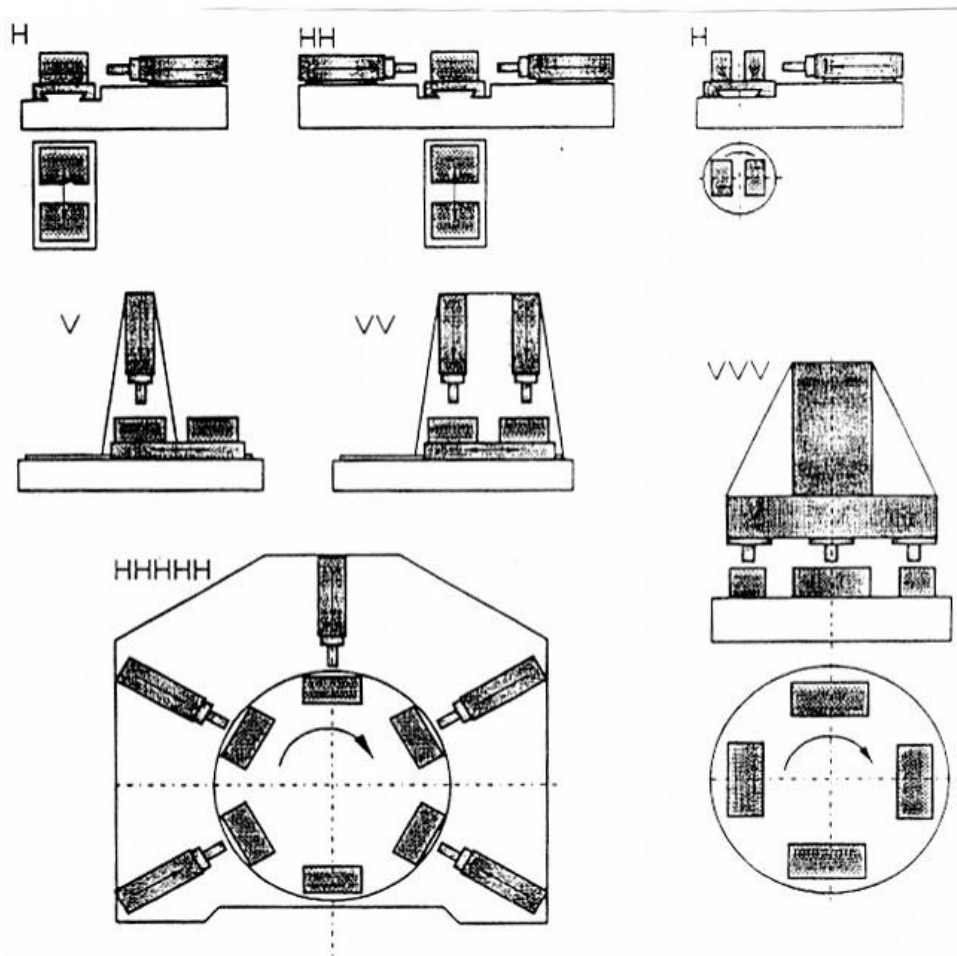
Koncepciona rešenja kod mašina sa **pokretnim radnim predmetom**

- radni predmet vrši pomoćno kretanje;
 - $n_2 = 2$
 - $n_1 = 2$
- Broj kombinacija
 $K = 3$



3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

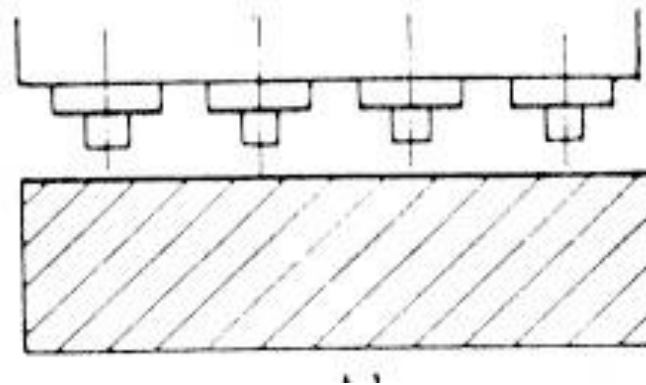
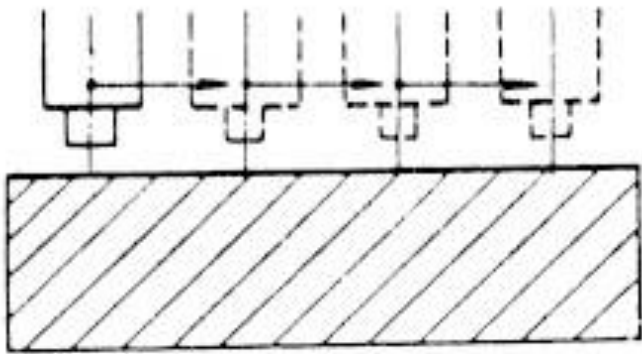
Primeri višestranne obrade pokretnog radnog predmeta



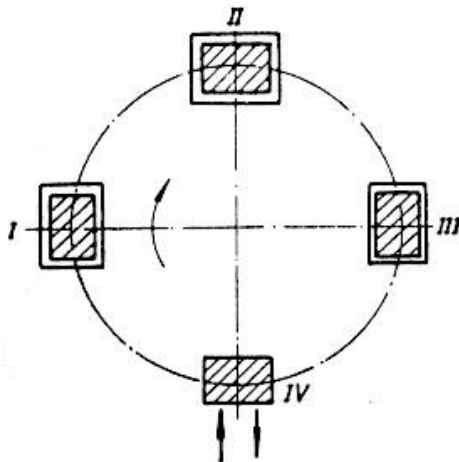
3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Skraćenje glavnog vremena:

- *Prelaskom sa jednovretene na viševretenu obradu;*



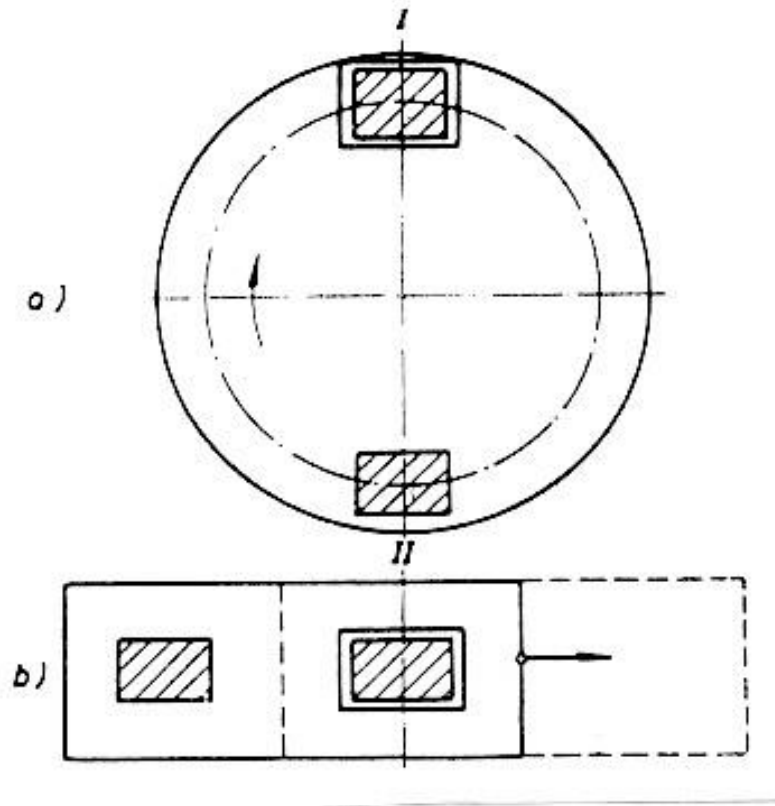
- *Istovremenom obradom različitim alatima;*



3.0 OPŠTE KONCEPCIJSKE VARIJANTE MAŠINA ALATKI

Skraćenje pomoćnog vremena

- delimičnim ili potpunim preklapanjem sa glavnim vremenom obrade



FTN - DPM - LAMA

Studijski program: Proizvodno mašinstvo

Studijska grupa: ***Računarom podržane tehnologije***

Novi Sad, oktobar 2021.

Predmet: **Projektovanje mašina alatki**

4.0 PROJEKTOVANJE / IZBOR MAŠINA ALATKI ZA OBRADU REZANJEM

Projektovanje/izbor mašina alatki

Osnovu za izbor ili projektovanje mašine alatke čini radni predmet koji će se obrađivati na mašini. Analiza mora obuhvatiti sledeće faze:

- Analiza oblika površina radnog predmeta (rotacioni, prizmatični.....),
- Analiza graničnih dimenzija radnog predmeta (D_{max} , L_{max} , B_{max} , H_{max} ...),
- Analiza materijala radnog predmeta (Čelik, Sivi Liv, itd),
- Analizu materijala i dimenzija alata,
- Analiza tolerancija mera i oblika na radnom predmetu

Projektovanje/izbor mašina alatki

Pri projektovanju/izboru mašine alatke, potrebno je voditi računa o sledećem:

- Kinematskoj strukturi prenosnika za glavno i pomoćno kretanje,
- Tačnosti mašine,
- Radnom prostoru mašine,
- Ekonomičnosti i produktivnosti,
- Statičkim, dinamičkim i toplotnim karakteristikama mašine,
- Fleksibilnosti i adaptivnosti mašine,
- Ergonomiji i estetici mašine, itd

Projektovanje/izbor mašina alatki

Mašine alatke se projektuju i/ili biraju na osnovu grupe delova koji se obrađuju na predmetnoj mašini.

Definisanje tipa i vrste mašine alatke
(strug, glodalica, bušilica.....)

Analiza radnog predmeta
(granične dimenzije, materijal r.p., oblik polufabrikata,
broj komada)

Analiza i izbor alata
(materijal alata i granične dimenzije alata)

Izbor koncepcione varijante M.A.

Karakteristike prenosnika za pomoćno
kretanje

Karakteristike prenosnika za glavno kretanje

Karakteristike prenosnika za dopunska
kretanja

Snaga pogonskog(ih) motora

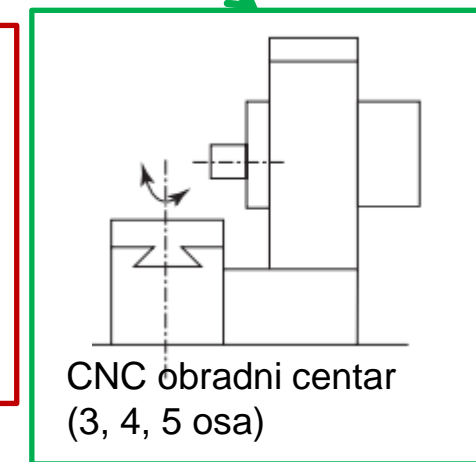
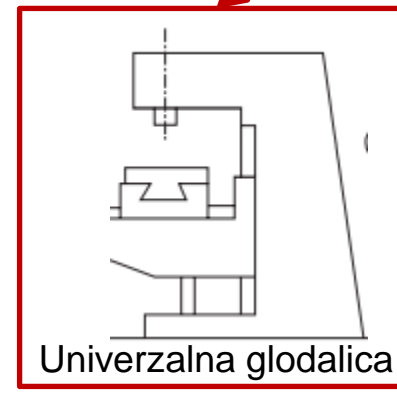
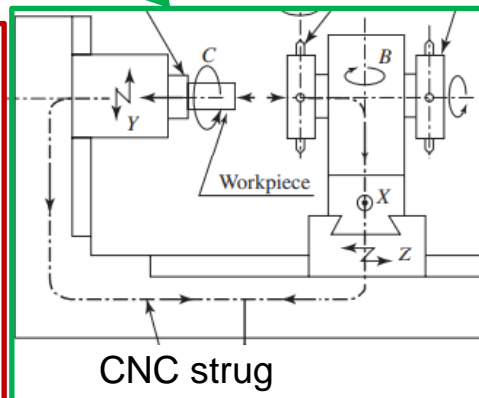
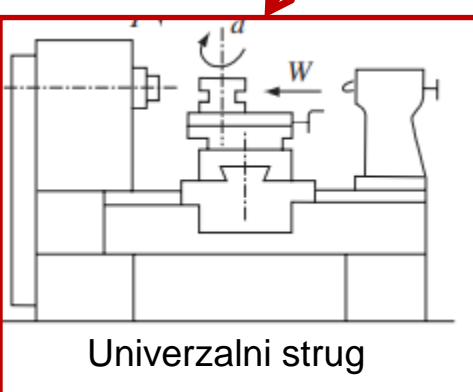
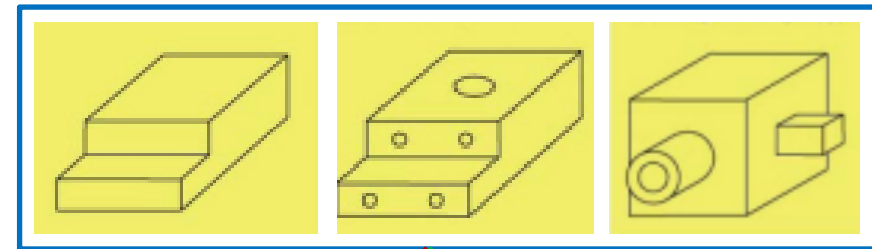
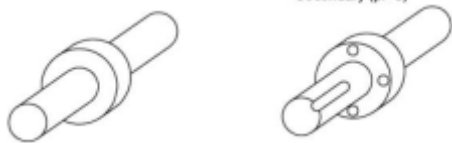
*Faze pri projektovanju/izboru
mašina alatki*

Projektovanje/izbor mašina alatki

Definisanje tipa i vrste mašine alatke

Definisanje tipa i vrste mašina prvenstveno zavisi od oblika površina, dimenzija, materijala i zahtevane tačnosti radnog predmeta, veličine serije itd.

Rotacioni delovi



Projektovanje/izbor mašina alatki

Analiza radnog predmeta

Kod univerzalnih mašina treba obezbediti glavne karakteristike, koje obezbeđuju široki dijapazon dimenzija obradka i obradu predmeta od različitih materijala, uz dobijanje različitih kvaliteta obrađene površine.

Polazni podaci za proračun glavnih karakteristika mašina alatki su:

- materijal i oblik polufabrikata;
- granične dimenzije radnih predmeta:

Struganje

- ✓ D_{\max} - maksimalni prečnik, f
- ✓ D_{\min} - minimalni prečnik, f
- ✓ L_{\max} - maksimalna slobodna dužina predmeta obrade,

Bušenje

- ✓ D_{\max} - maksimalni prečnik otvora, f
- ✓ D_{\min} - minimalni prečnik otvora, f
- ✓ L_{\max} - maksimalna dubina otvora,

Glodanje

- ✓ B_{\max} - maksimalna širina,
- ✓ H_{\max} - maksimalna visina,
- ✓ L_{\max} - maksimalna dužina,

Projektovanje/izbor mašina alatki

Analiza i izbor alata za struganje

Izbor standardnog alata se vrši na osnovu dimenzija i karakteristika predmeta obrade i tipa mašine na kojoj se vrši obrada.

Izbor alata podrazumeva:

- izbor vrste alata (od BČ, od TM sa lemljenim pločicama, sa mehanički pričvršćenim pločicama, itd.)
- određivanje dimenzija drške (poprečnog preseka nosača) alata i dužine prepusta,
- usvajanje napadnog ugla κ ,
- određivanje dimenzija pločice,
- određivanje vrednosti radijusa vrha rezne pločice, itd.

Manje vrednosti dimenzija poprečnog preseka tela strugarskih noževa se usvajaju kod manjih prečnika predmeta obrade, fine obrade i veće stabilnosti sistema *alat - obradak- mašina*.

Izbor dimenzija rezne pločice se vrši prema usvojenoj dubini rezanja i poznatog (usvojenog) napadnog ugla κ

Projektovanje/izbor mašina alatki

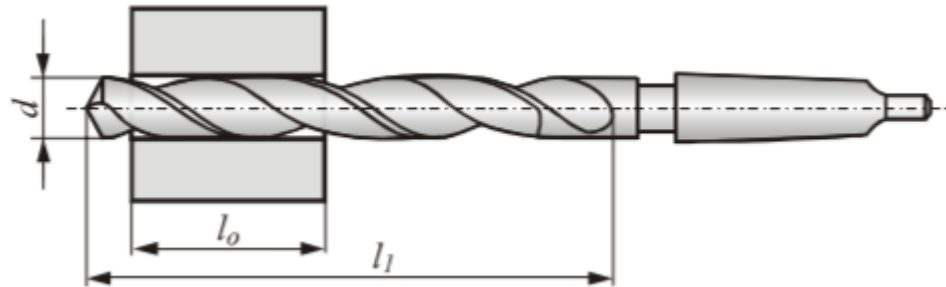
Analiza i izbor alata za bušenje

Definisanje alata pri obradi bušenjem podrazumeva izbor standardnog alata, dimenzija, tolerancije izrade alata i materijala alata.

Izbor standarda alata se vrši na osnovu dimenzija i karakteristika otvora. Otvori prečnika većeg od 20 mm se uglavnom izrađuju sa alatima sa Morze konusnom (MK) drškom.

Dubina otvora koji se obrađuje direktno utiče na dužinu ožljebljenog dela alata, a time i definisanje standarda kome alat pripada.

$$l_{lmin} = l_o + 3d$$



Standardni alati u obradi bušenjem se izrađuju sa valjkastom i MK drškom. Pri projektovanju univerzalne mašine u obradi bušenjem predviđa se mogućnost korišćenja obe vrste alata.

Projektovanje/izbor mašina alatki

Analiza i izbor alata za glodanje

Definisanje alata pri obradi glodanjem podrazumeva izbor standardnog alata, dimenzija, tolerancije izrade alata i materijala alata.

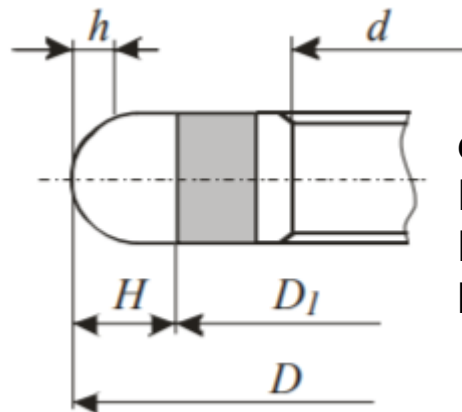
Sa povećanjem prečnika smanjuje se debljina strugotine i opterećenje sečiva, povećava se odvođenje toplote i postojanost alata.

Veći prečnik glodala obezbeđuje veći broj zuba većih dimenzija, veći korak po zubu, veći prečnik vratila (kod horizontalne glodalice) ili veći prečnik drške i vrata glodala (kod vretenastih glodala), bolju ravnomernost obrade, manje vibracije i bolji kvalitet obrađene površine.

Pri izboru prečnika (npr. Koturastog lodala) treba voditi računa o debljini tela glodala:

$$D_1 = (1,6 - 2,5)d$$

$$D \geq D_1 + 2H$$



d – prečnik glavnog vretena

D_1 – prečnik glodala

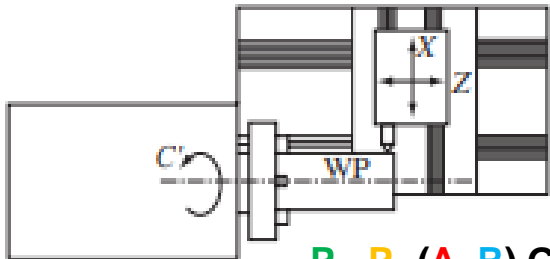
$H = h + (5 - 10)$ mm – visina profila glodala

h – dubina glodanja

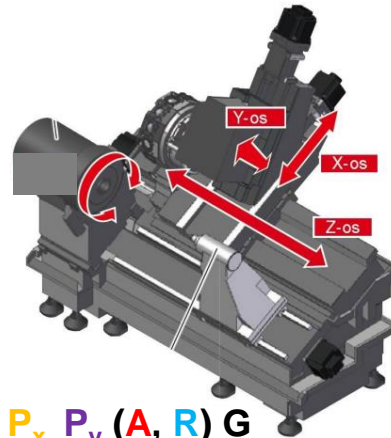
Projektovanje/izbor mašina alatki

Izbor koncepcione varijante M.A.

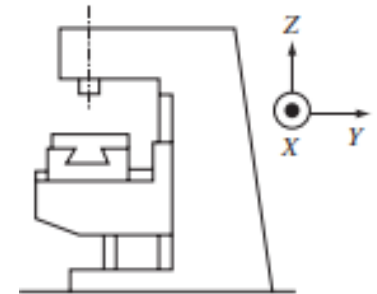
Izbor koncepcije mašine alatke je u zavisnosti od toga kakva se uloga dodeljuje alatu i radnom predmetu u pogledu izvođenja **osnovnih kretanja**.



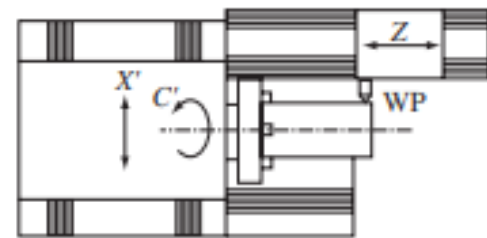
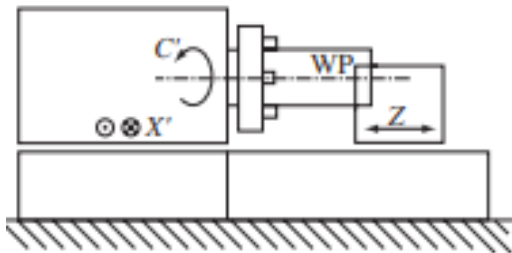
$P_z, P_x (A, R) G$
(CvOZX)



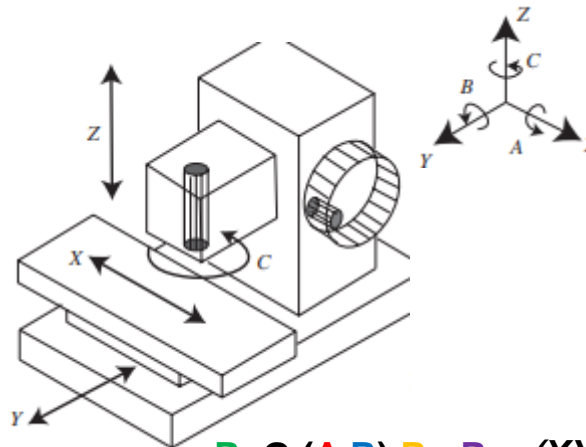
$P_z, P_x, P_y (A, R) G$
(CvOXYZ)



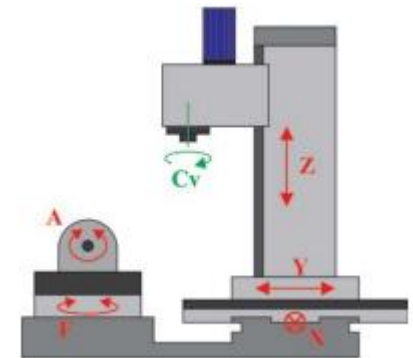
$G (A,R) P_x, P_y, P_z$
(XYZOCv)



$P_z (A, R) G, P_x ;(XCvOZ)$



$P_z, G (A,R) P_x, P_y ;(XYOZCv)$



$P_x, P_y, P_z, G (A,R) R_x, R_z$
(AFOXZCv)

Projektovanje/izbor mašina alatki

Izbor koncepcione varijante M.A.

Usvajanje određene koncepcije mašine alatke se vrši na bazi morfološke analize posmatrajući karakteristike mašina alatki kao što su:

- ✓ Tačnost,
- ✓ Brzina
- ✓ Snaga
- ✓ Krutost
- ✓ Fleksibilnost
- ✓ Održavanje

		Izvršio funkcija				
		1	2	3	4	
Modul glavnog vretena	1	Prihvat alata	ISO	HSK		
	2	Uležištenje	Aksijalno	Radijalno-aksijalno	Radijalno	Tandemi
	3	Pogon	Koračni	DC	AC	
	4	Veza sa vretenom	Električno vratilo	In line	Zupčasti prenosnik	Remeni prenosnik
Modul pomoćnog kretanja	5	Sistem vođenja	Kotrljajne	Klizne		
	6	Vrste kl. vodica	Klasične	Hidro-statičke	Hidro-dinamičke	Aero-statičke
	7	Oblik kliznih vodica	Otvorene pravugaone	Zatvorene pravugaone	V vodice	Lastin rep
	8	Regulisanje zazora	Letva bez nagiba	Letva sa nagibom	Bez regulisanja	
	9	Podmazivanje	Pumpom	Mašću	Potapanjem	
	10	Zaštita vodica	Uzdužni štitnici	Kruti štitnici	Teleskopski	Harmonika
	11	Pretvarač kretanja	Kuglično zavojno vreteno	Klizno zavojno vreteno	Zupčanik zupčasta letva	
	12	Uležištenje vretena	Jedna strana	Dvije strane		
	13	Pogon	Linearni motor	Koračni motor	Servomotor	
	14	Uležištenja	Radijalni kuglični	Radijalno aksijalno kug.	Radijalni valjčasti	Tandemi

Primeri morfoloških matrica pri izboru koncepcije mašine alatke

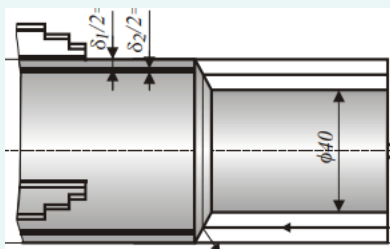
12. Rotaciju glavnog vretena omogućiti	Zupčanici 	Vretena 	Pužni meh. 	Servomotor 
13. Rotaciju glavnog vretena zakočiti	Polugama 		Koćnicama 	
14. Električnu energiju dovesti	Gradska mreža 	Akumulator 	Generator na dizel 	Obnovljivi izvor energije 
15. Dovedenu električnu energiju pretvoriti u (rotacijsku) mehaničku	Elektromotor 		Motovreteno 	
16. Mehaničku energiju do glavnog vretena dovesti	Zupčani prijenos 	Pužni prijenos 	Lančani prijenos 	Remenski prijenos 

Karakteristike prenosnika za pomoćno kretanje

Pri određivanju režima rezanja, odnosno karakteristika pojedinih prenosnika prvo se polazi od **dodataka za obradu**.

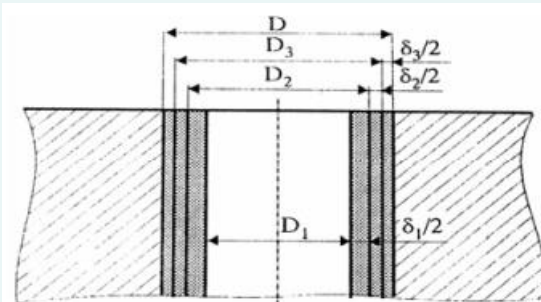
Struganje

- ✓ δ_1 - dodatak za grubu obradu,
- ✓ δ_2 - dodatak za finu obradu struganjem



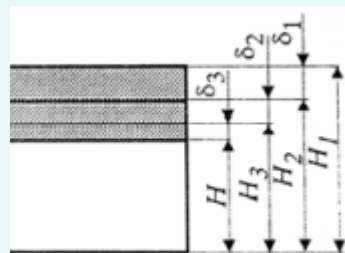
Bušenje

- ✓ δ_1 - dodatak za obradu proširivanjem,
- ✓ δ_2 - dodatak za obradu grubim razvrtanjem i
- ✓ δ_3 - dodatak za obradu finim razvrtanjem.



Glodanje

- ✓ dodatak za grubu obradu glodanjem (δ_1)
- ✓ dodatak za finu obradu glodanjem (δ_2) i
- ✓ dodatak za brušenje (δ_3)



Karakteristike prenosnika za pomoćno kretanje



STRUGOVI

Nakon određivanja dubine struganja (proizilazi iz dodataka za obradu) određuju se granične vrednosti pomoćnog kretanja s_{\min} , s_{\max} .

Određivanje **maksimalnog pomaka** se izvodi primenom četiri kriterijuma i to obzirom na:

➤ **otpornost drške noža (s_I)**,

Određivanje se izvodi za grubu obradu struganjem (maksimalna dubina rezanja za maksimalni prečnik obrade).

➤ **hrapavost obrađene površine (s_{II})**,

Izračunava se za grubu obradu. Maksimalna hrapavost obrađene površine, koja se može dozvoliti na mašinama za obradu struganjem, može se usvojiti na osnovu preporuka standarda.

➤ **na krutost radnog predmeta (dozvoljeni ugib) (s_{III})**.

Za dugačke i tanke radne predmete izračunavanje ima svoj značaj i treba ga obavezno vršiti pošto pomak dobijen izračunavanjem po ovom kriterijumu može biti odlučujući.

Karakteristike prenosnika za pomoćno kretanje



STRUGOVI

➤ Na vitkost strugotine (s_{IV})

Maksimalni pomak obzirom na vitkost strugotine ne mora da bude merodavan pri definitivnom izboru granične maksimalne vrednosti pomaka i u principu više služi kao orijentaciona vrednost pri konačnom izboru.

Usvajanje merodavnog maksimalnog pomaka

	материјал 1	материјал 2	материјал 3
помак обзиром на отпорност алата	s_{\max}^I	s_{\max}^I	---
помак обзиром на хрпавост обрађене површине	s_{\max}^{II}		
помак обзиром на крутост радног предмета	s_{\max}^{III}	s_{\max}^{III}	---
помак обзиром на виткост струготине	s_{\max}^{IV}	s_{\max}^{IV}	---

*Od više vrednosti maksimalnog pomaka, dobijenih po četiri kriterijuma za različite materijale, potrebno je usvojiti **minimalnu** vrednost.*

- ✓ Za razliku od izračunavanja maksimalnog pomaka, **minimalni pomak** ima smisla računati samo obzirom na **hrpavost obrađene površine**.
- ✓ **Minimalni pomak** obzirom na *hrpavost* izračunava se iz uslova da mašina ostvari određeni ***minimalni stepen hrapavosti obrađene površine***

Projektovanje/izbor mašina alatki

Karakteristike prenosnika za pomoćno kretanje



GLODALICE

U opštem slučaju granične vrednosti pomaka pri glodanju valjčastim glodalom moguće je odrediti obzirom na:

- otpornost zuba alata,
- **otpornost mašine (dozvoljeni ugib vratila),**
- stabilnost radnog predmeta i
- **hrapavost obrađene površine.**

Iz sistematizovanih podataka lako je odabrati ekstremne vrednosti pomaka po obrtu, za merodavne granične vrednosti pomaka.

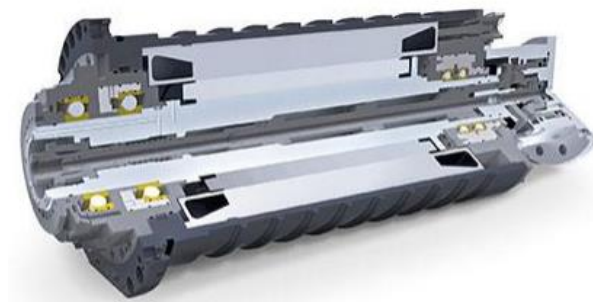
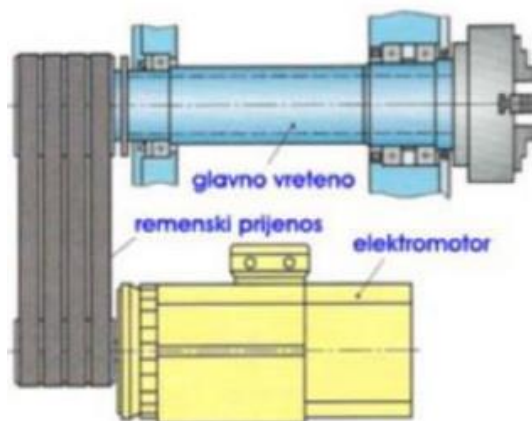
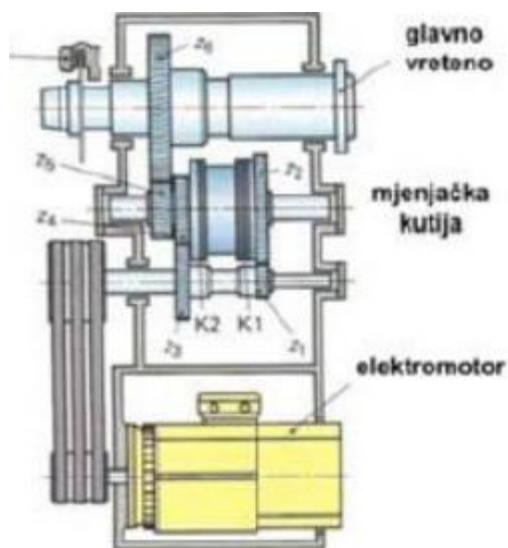
- s_{\min} (za minimalni prečnik alata)
- s_{\max} (za maksimalni prečnik alata)

Projektovanje/izbor mašina alatki

Karakteristike prenosnika za glavno kretanje

Pri definisanju prenosnika za glavno kretanja prvo je potrebno odlučiti da li se prenos obrtnog momenta sa pogonskog sistema na glavno vreteno ostvaruje:

- ✓ Zupčastim prenosnikom, (stupnjevita promena br. obrtaja)
- ✓ Remenim prenosnikom (kontinualna promena)
- ✓ Kombinovanim prenosnikom (stupnjevito kontinualna promena)
- ✓ Direktnom vezom (kontinualna promena)
- ✓ Motorvretenom (kontinualna promena)



Karakteristike prenosnika za glavno kretanje

Brzina rezanja a time i broj obrtaja zavisi od *materijala koji se obrađuje, alata, dubine rezanja, pomaka/brzine pomoćnog kretanja* kao i pretpostavljene *postojanosti alata*.

Izračunavanje brojeva obrtaja, u svrhu dolaska do graničnih veličina brojeva obrtaja, neophodno sprovesti za sve kombinacije alata i materijala koji se obrađuje, grube i završne obrade odnosno obrada na graničnim dimenzijama koje se obrađuju.

- Maksimalni broj obrtaja za pojedine materijale koji dolaze u obzir za obradu, dobiće se sigurno pri završnoj obradi na minimalnom graničnom prečniku obrade ili prečniku alata pri obradi sa alatima od tvrdog metalnog karbida (TM)
- Minimalni broj obrtaja za pojedine materijale koji se obrađuju dobiće se pri gruboj obradi na maksimalnom prečniku radnog predmeta ili alata alatom od brzoreznog čelika (BČ)

Broj stupnjeva pomaka i broja obrtaja

Ako se unapred pretpostavi da će prenosnici biti *stepenasti* zupčasti prenosnik onda se mora I odrediti broj stupnjeva pomaka/brzine pomoćnog kretanja, kao I broj stupnjeva broja obrtaja.

$$m_s = 1 + \frac{\log s_{\max} - \log s_{\min}}{\log \phi_s}$$

broj stupnjeva prenosnika za pomoćno kretanje

$$m_n = 1 + \frac{\log n_{\max} - \log n_{\min}}{\log \phi_n}$$

broj stupnjeva prenosnika za glavno kretanje

ϕ_s , ϕ_n – faktori stupnjeva prenosnika za pomoćno i glavno kretanje

Broj stupnjeva pomaka i broja obrtaja

Ukoliko se žele projektovati prenosnici kao kontinualni tada je nepotrebno iznalaziti broj stupnjeva i same stupnjeve, već se u ovoj fazi definisanje glavnih karakteristika završava sa određivanjem n_{max} , n_{min} , s_{max} i s_{min} .

Za slučaj kombinovanja stupnjevito i kontinualnog prenosnika tada je u ovoj fazi razrade dovoljno definisati, odnosno usvojiti opseg regulacije kontinualnog prenosnika

$$R_k = \frac{n_{max}}{n_{min}}, \text{ opseg regulacije celog prenosnika je } R_u = n_{max} / n_{min}$$

Broj stupnjeva stupnjevito delu prenosnika izračunava se sada prema izrazu:

$$m_{n_s} = 1 + \frac{\log R_s}{\log \phi_n} \quad R_s = \frac{R_u}{R_k}$$

Karakteristike prenosnika za glavno kretanje

Opseg brojeva obrtaja:

➤ Sporohodi strugovi:

$$n_{\min} = 20(400/D)^2$$

$$n_{\max} = 2000(400/D)^2$$

➤ Srednjebrzohodi strugovi:

$$n_{\min} = 40(400/D)^{2,36}$$

$$n_{\max} = 5000(400/D)^{2,36}$$

➤ Brzohodi strugovi

$$n_{\min} = 70(400/D)^{2,64}$$

$$n_{\max} = 3000(400/D)^{2,76}$$

Snaga pogonskog(ih) motora

Pri izračunavanju snage pogonskog motora za glavno i za pomoćno kretanje se razlikuju dva slučaja.

- specijalne mašine alatke
- univerzalne mašine alatke.

Kod specijalnih mašina je poznat skup delova predviđenih za obradu i primenom teorije rezanja lako se definiše snaga motora.

Kod univerzalnih mašina alatki, zbog širokog opsega prečnika obrade postavlja se pitanje kako često će se obrađivati minimalni - maksimalni prečnik obrade.

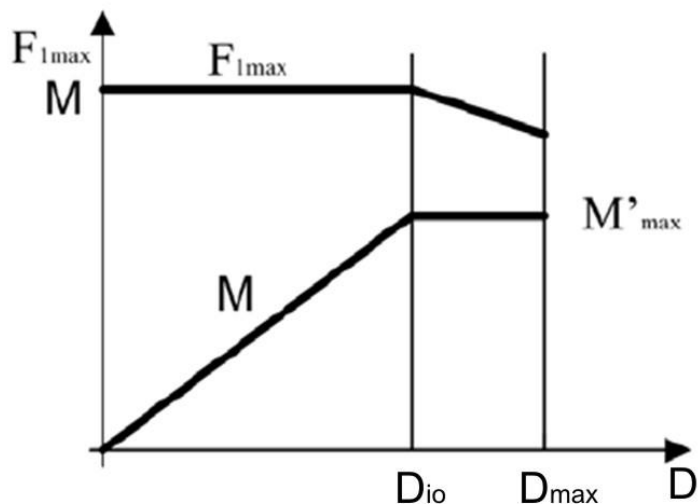
Projektovanje/izbor mašina alatki

Snaga pogonskog(ih) motora

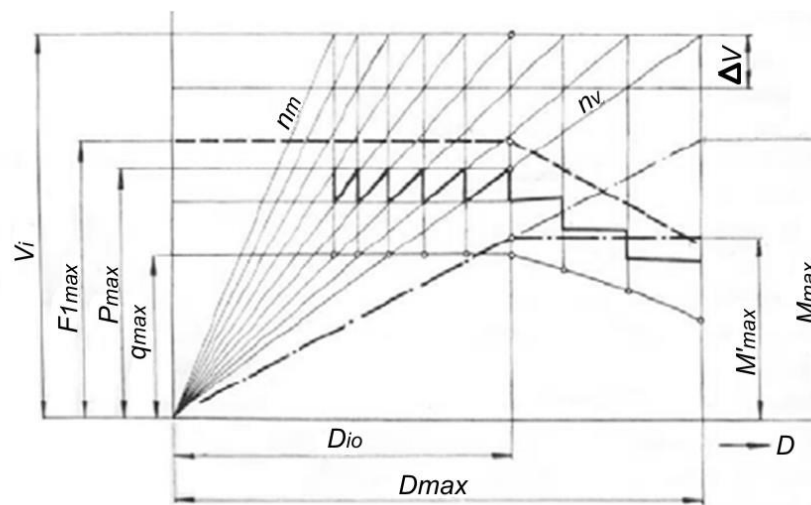
Mašina do prečnika idealnog prečnika obrade (D_{io}) može raditi i pri najtežim režimima, a iznad njega sa redukovanim režimima zbog opasnosti od prekoračenja najvećeg dozvoljenog momenta.

Pogonska snaga P_{max} , ostvaruje se pri istovremenom iskorišćenju usvojene postojanosti i preseka strugotine pri brzini idealnoj brzini rezanja v_i

$$F_{1max} = C_k a^{x1} s^{y1} v \quad - \text{npr. za struganje}$$



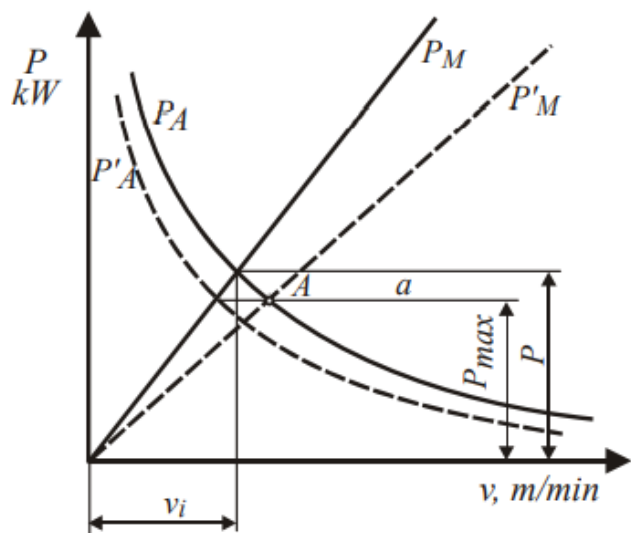
Korigovan radni dijagram za F_{1max} i M



Iskorišćenje glavnih karakteristika mašine

Snaga pogonskog(ih) motora

Potrebna snaga mašine se može izračunati za slučaj maksimalnog iskorišćenja postojanosti alata P_A uz usvojeno (nepotpuno) iskorišćenje preseka strugotine i i slučaj maksimalnog preseka strugotine P_M (i nepotpuno iskorišćenje postojanosti alata) pri gruboj obradi maksimalnog prečnika predmeta



Snaga pogonskog motora glavnog kretanja je:

$$P = (F_{1max} \cdot v_i) / \eta$$

Usvajanje snage mašine pri nepotpunom iskorišćenju preseka strugotine

FTN - DPM - LAMA

Studijski program: Proizvodno mašinstvo

Studijska grupa: ***Računarom podržane tehnologije***

Novi Sad, oktobar 2021.

Predmet: **Projektovanje mašina alatki**

5.0 PRENOSNA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

5.1 Uvod

Veliki broj različitih zahteva koji se postavljaju pred mašine alatke utiče na njihov razvoj, kako u pogledu konstrukcije, tako i u pogledu načina gradnje. Struktura mašine alatke se sastoji od više podsistema/sistema, kao što su:

- **pogonski,**
 - **prenosni,**
 - **noseći,**
 - **sklop glavnog vretena,**
 - **sistem za vođenje,**
- PMA**
- pomoćni sistemi,
 - upravljački sistem,
 - merni sistem,
 - sistem za automatsku izmenu alata,
 - sistem za automatsku izmenu obradaka.

5.1 Uvod

- Noseći sistem ima zadatak da poveže podsisisteme mašine alatke i da primi opterećenja koja nastaju od procesa rezanja, mase pojedinih delova mašine alatke, obradka, alata itd.
- Pogonski i prenosni sistem obezbeđuje pogon svih podsistema i prenosi energiju od izvora ka izvršnim organima. Kao najvažniji se izdvajaju prenosni sistemi za glavna i pomoćna kretanja.
- Sklop glavnog vretena pretstvalja sklopove kojima se dovodi kretanje i obrtni moment na radni predmet ili alat sa ciljem ostvarivanja obradnog procesa.
- Sistem za vođenje, pored primanja spoljašnjeg opterećenja, obezbeđuje relativno kretanje izvršnih organa u cilju uspostavljanja tačno definisanog relativnog položaja alata i obradka.
- Kao značajni pomoćni sistemi izdvajaju se sistemi za hlađenje i podmazivanje, sistemi za odvođenje strugotine, sistemi zaštite od opasnih zona, itd

5.1 Uvod

- Upravljački sistemi preko pogonskih, prenosnih i mernih sistema upravlja svim aktivnostima neophodnim za realizaciju obradnog procesa.
- Merni sistem obezbeđuje tačno i pouzdano merenje odgovarajućih kretanja izvršnih organa i da te podatke proslede upravljačkoj jedinici.
- Radi povećanja stepena automatizacije, povećanju fleksibilnosti i produktivnosti, mašine alatke su često opremljene i sistemima za automatsku manipulaciju alatima i obradcima.
- U zavisnosti od postavljenog zadatka, vrste obradnog procesa, postoje razne konstrukcije izvedbi podsistema sa odgovarajućim osobinama, o kojima se mora voditi računa već pri projektovanju glavnih karakteristika i definisanju koncepcionih rešanja mašina alatki.

5.1 Uvod

- Pred prenosne sisteme mašina alatki postavljaju se značajni zahtevi u pogledu funkcionalnih karakteristika, a kao najvažniji se mogu izdvojiti:
 - ✓ širok opseg brojeva obrtaja i pomaka/brzina pomoćnog kretanja,
 - ✓ visoka tačnost i pouzdanost u radu,
 - ✓ mala toplotna opterećenja,
 - ✓ visoka dinamička stabilnost,
 - ✓ dobre karakteristike ubrzanja i kočenja,
 - ✓ prenosni lanac bez zazora (prednapregnuti sistemi),
 - ✓ bez pojave *stick-slip* efekata (bez neravnomernog klizanja).

Pored toga, kod savremenih prenosnih sistema potrebno je ugraditi elemente veštačke inteligencije i funkcije donošenja odluka uz modularnost i decentralizaciju.

5.1 Uvod

Kao osnovni kriterijum podele prenosnih sistema je prema osnovnom fizičkom principu rada (vrsti energije):

- ❑ Mehaničke;
- ❑ Hidraulične;
- ❑ Pneumatske;
- ❑ Električni.

5.1 Uvod

- Mehanički prenosnici usled jednostavnosti, pouzdanosti i široke mogućnosti preimene predstavljaju najviše korišćenu vrstu prenosika kod mašina alatki.
- Pored osnovne uloge, mehaničkih prenosnika služe i za:
 - ✓ prilagođavanje brzine i momenta,
 - ✓ pretvaranje obrtnog u pravolinijsko kretanje i obrnuto,
- Pred mehaničke prenosnike se postavljaju sledeći zahtevi:
 - ✓ velika tačnost pozicioniranja,
 - ✓ visok stepen iskorišćenja, malo trenje
 - ✓ eliminisanje pojave *stick-slip* efekta,
 - ✓ malo habanje,
 - ✓ veliko prigušenje,
 - ✓ male dimenzije i mase, itd

5.1 Uvod

- Mehanički prenosnici se mogu podeliti na osnovu više kriterijuma kao što su vrsti i tipu kretanja, načinu prenosa kretanja, s obzirom na geometriju, itd..
- Mehanički prenosnici prema vrsti i tipu kretanja koje se dobija na izlazu iz prenosnika su:
 - ❖ Mehanički prenosnici za glavno obrtno kretanje;
 - ❖ Mehanički prenosnici za glavno pravolinijsko kretanje;
 - ❖ Mehanički prenosnici za pomoćno obrtno kretanje;
 - ❖ Mehanički prenosnici za pomoćno pravolinijsko kretanje.

Prenosnik za glavno obrtno kretanje

Mašine alatke se odlikuju velikim brojem brzina rezanja kako bi mogle da obrađuju delove raličitih dimenzija i materijala korišćenjem različitih vrsta materijala i rezne geometrije alata.

Materijali alata, obratka, oblik alata, vrsta procesa obrade i potreban kvalitet obrađene površine određuje optimalne i najekonomičnije brzine rezanja.

Univerzalne mašine alatke moraju imati širok raspon brojeva obrtaja kako bi se pokrili zahtevi različitih operacija obrade, vrste i oblika obradka i zadovoljio zahtevani kvalitet obrađene površine.

$$\underbrace{n_{1\min}, n_2, n_3, \dots, n_{\max}}_{S_n}$$

Prenosnik za glavno obrtno kretanje

Prenosnici za glavna obrtna kretanja se sreću kod više mašina alatki:

- strugova,
- glodalica,
- bušilica,
- brusilica.

Kod svih njih ovaj prenosnik ***treba da obezbedi brzinu rezanja*** koja zavisi od:

- ✓ materijala obradka,
- ✓ materijala alata,
- ✓ geometrije reznog dela alata,
- ✓ vrste obrade (gruba, završna),
- ✓ elementa režima rezanja, itd.

Prenosnik za glavno obrtno kretanje

Potrebna brzina rezanja pri obrtnom kretanju radnog predmeta ili alata na prečniku radnog predmeta ili alat (d) je:

$$v = d\pi n; \text{ [mm/min]}$$

Prenosnik treba da obezbedi potreban broj obrtaja za ulaznu brzinu rezanja kojim se na prečniku "d" ostvaruje obimna brzina "v", tj.:

$$n = v / (\pi d); \text{ [o/min]}$$

Brzina rezanja kod mašine alatke, pojavljuje se u određenom opsegu (v_{min} - v_{max}), kao posledica kombinacija raznih vrednosti parametara obrade.

Na osnovu graničnih vrednosti definišu se i granične vrednosti brojeva obrtaja:

$$n_{min} = v_{min} / (\pi d_{max});$$

$$n_{max} = v_{max} / (\pi d_{min});$$

Prenosnik za glavno obrtno kretanje

Odnos maksimalne i minimalne veličine brzine, broja obrtaja ili prečnika predstavlja **opseg regulacije** (S_n) koji se izražava kao:

$$S_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{d_{\max}}{d_{\min}} = S_v \cdot S_d$$

Kod mašina alatki sa glavnim pravolinijskim kretanjem opseg regulacije S_n zavisi samo od opsega brzina S_v . Kod ostalih S_n je u funkcij opsega brzina i opsega prečnika S_d , pa su potrebne velike brzine rezanja i veliki rasponi prečnika.

Opšte posmatrano, pri projektovanju prenosnika opseg brzina treba povećati za 25% zbog budućeg razvoja materijala za alat.

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje

Vrednosti opsega regulacije (S_n) za savremene mašine alatke:

Mašina alatka	S_n
CNC strugovi	250
Kombinovana bušilica glodalica (borverke)	100
Glodalice	50
Bušilice	10
Brusilice	4

Unutar opsega graničnih vrednosti brojeva obrtaja n_{\min} - n_{\max} , prenosnik može ostvarivati samo određeni broj različitih ili beskonačno mnogo brojeva obrtaja prenosnice i dele na:

- **stupnjevite;**
- **kontinualne;**
- **kombinovane mehaničke prenosnike**

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

U određenom opsegu može da se pojavi veoma mnogo brzina rezanja.

Prečnik obradka ili alata može biti bilo koji unutar definisanog opsega - proizilazi da *stupnjeviti prenosnici mogu udovoljiti samo ograničenom broju svih mogućih zahteva.*

To znači da se *optimalna brzina rezanja može postići samo na nekim prečnicima*, dok će na svim ostalim biti prisutno manje ili veće odstupanje od te brzine.

što veći broj stupnjeva, u cilju poboljšanja eksploatacionih karakteristika mašine alatke

KOMPROMIS

zahteva i složeniju, većih gabarita i skuplju konstrukciju prenosnika!!!!!!!

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

Brojevi obrtaja su **standardizovani**, te se promena stupnjeva brojeva obrtaja razmatra preko određenih zakonitosti promena brojeva obrtaja.

Zakoniost promene br. stupnjeva

Zašto



- ✓ Da bi se pronašli različiti stupnjevi br. obrtaja
- ✓ Pronalaženje veze između dva susedna br. oobrtaja

Sledeće zakonitosti se koriste:

- Aritmetička
- Geometrijska
- Logaritamska

Aritmetička promena

Ako je $n_1, n_2, \dots, n_{m-1}, n_m$ red stupnjeva brojeva obrtaja u skladu sa aritmetičkom promenom, onda je:

$$n_2 - n_1 = n_3 - n_2 = n_4 - n_3 = n_m - n_{m-1} = \Delta = \text{const.}$$

Razlika između narednih stupnjeva je konstantna.

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

Aritmetička promena

$$n_1 = \frac{v_o}{\pi d_1} = \frac{v_1}{\pi d_2}; \quad n_2 = \frac{v_o}{\pi d_2} = \frac{v_1}{\pi d_3}$$

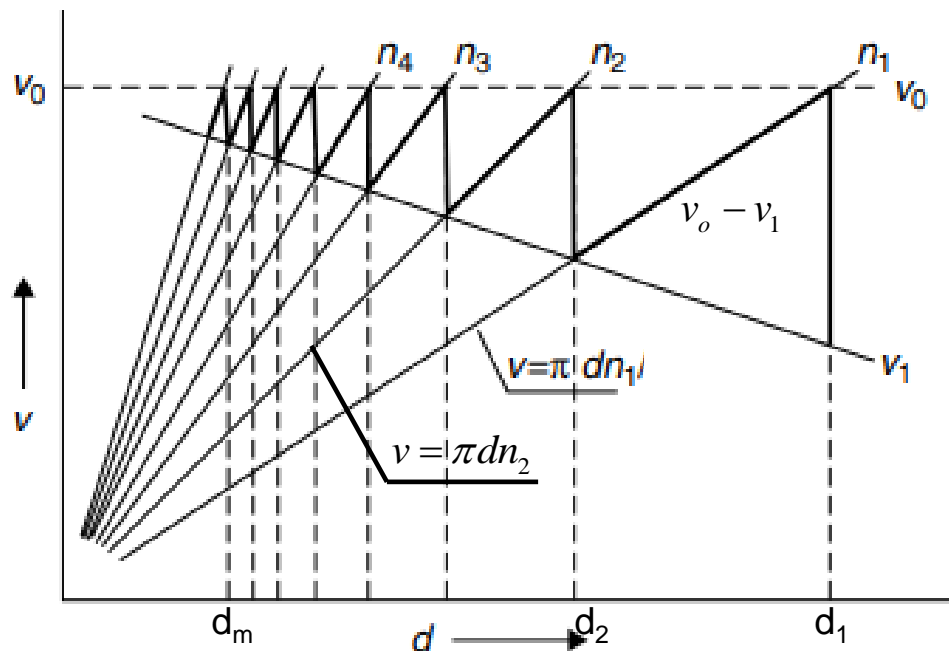
$$n_m = \frac{v_o}{\pi d_m} = \frac{v_1}{\pi d_{m+1}}$$

$$\frac{v_o}{v_1} = \frac{d_m}{d_{m+1}} = \frac{\pi n_m}{\pi n_{m+1}}$$

$$\frac{v_o}{v_1} = \frac{n_{m+1}}{n_m}$$

$$\frac{v_o - v_1}{v_o} \neq const.$$

Relativni pad brzine



Radni dijagram pri aritmetičkoj promeni broja obrtaja

Primer: ako je $n_1 = 100$ o/min i $\Delta = 40$ o/min, onda je: $n_2 = 140$ o/min; $n_3 = 180$ o/min i $n_4 = 220$ o/min; $n_2 - n_1 = n_3 - n_2 = n_4 - n_3 = 40$ o/min;

$\frac{n_2}{n_1} = 1,40$ - priraštaj broja obrtaja je 40%

$\frac{n_3}{n_2} = 1,29$ - priraštaj broja obrtaja je 29%

$\frac{n_4}{n_3} = 1,22$ - priraštaj broja obrtaja je 22%

Relativni pad brzine

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

Aritmetička promena

Pri aritmetičkoj promeni donja granica brzine rezanja (v_1) mora opadati sa povećanjem prečnika obrade ako je optimalna (ekonomska) brzina rezanja (v_0) konstantna.

- ❑ ne dozvoljava obradu na optimalnoj brzini rezanja na velikim opsezima prečnika
- ❑ smanjuje mogućnost rada pri optimalnoj brzini rezanja.

Maksimalni pad brzine rezanja između dva stupnja je veći pri obradi na većim prečnicima, dok je za obradu na manjim prečnicima manji.

- ❑ relativni pad brzine nije konstantan-zavisi od broja obrtaja
- ❑ nagomilavanje brojeva obrtaja u zoni malih prečnika

***Ne koristi se često kod prenosnika
za glavno kretanje !!!***

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

Geometrijska promena

Kod geometrijske progresije eventualni priraštaj broja obrtaja je konstantan

Ako je $n_1, n_2, \dots, n_{m-1}, n_m$ red stupnjeva brojeva obrtaja u skladu sa geometrijskom promenom, onda je:

$$\begin{array}{cccccc} n_1, & n_2, & n_3, & n_4, \dots & n_m \\ n_1, & n_1\varphi & n_1\varphi^2 & n_1\varphi^3 & n_1\varphi^{m-1} \end{array}$$

gde je m broj stupnjeva broja obrtaja. Maksimalni broj obrtaja prema tome je: $n_{m,\max} = n_1\varphi^{m-1}$; $n_{m+1} / n_m = \varphi = \text{const.}$ odnosno, **faktor stupnjeva broja (φ) obrtaja** je:

$$\varphi = \sqrt[m-1]{\frac{n_m}{n_1}} = \sqrt[m-1]{S_n} = S_n^{\frac{1}{m-1}}$$

,a broj stupnjeva broja obrtaja je:

$$m = \frac{\log S_n}{\log \varphi} + 1$$

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

Geometrijska promena

$$n_1 = \frac{v_o}{\pi d_1} = \frac{v_1}{\pi d_2}; \quad n_2 = \frac{v_o}{\pi d_2} = \frac{v_1}{\pi d_3}$$

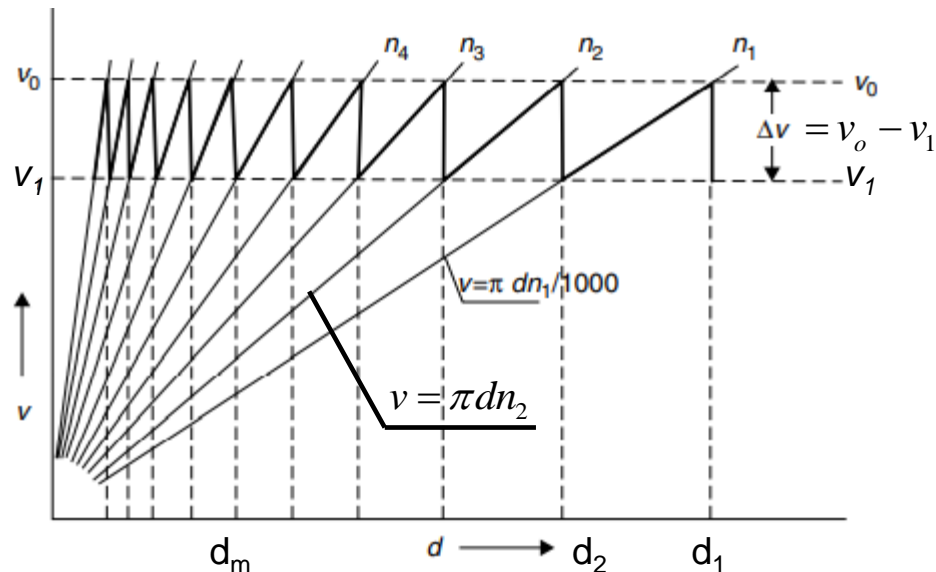
$$n_m = \frac{v_o}{\pi d_m} = \frac{v_1}{\pi d_{m+1}}$$

$$\frac{v_o}{v_1} = \frac{d_m}{d_{m+1}} = \frac{\pi n_m}{\pi n_{m+1}}$$

$$\frac{v_o}{v_1} = \frac{n_{m+1}}{n_m} = \varphi = const.$$

$$\frac{v_o - v_1}{v_o} = \frac{\varphi - 1}{\varphi} = const.$$

Relativni pad brzine



Radni dijagram pri aritmetičkoj promeni broja obrtaja

Primer: ako je $n_1 = 112$ je: $n_2 = 140$ o/min; $n_3 = 180$ o/min i $n_4 = 224$ o/min;

$$n_2 - n_1 = 28$$

$$n_3 - n_2 = 40$$

$$n_4 - n_3 = 44$$

Razlika br. obrtaja raste!!

$$\frac{n_2}{n_1} = 1,25 \quad \text{- priraštaj broja obrtaja je 25\%}$$

$$\frac{n_3}{n_2} \cong 1,25 \quad \text{- priraštaj broja obrtaja je 25\%}$$

$$\frac{n_4}{n_3} \cong 1,25 \quad \text{- priraštaj broja obrtaja je 25\%}$$

Relativni pad brzine

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

Geometrijska promena

Standardne vrednosti faktora geometrijske promene (ϕ) u skladu sa standardom ISO/R229 i DIN 323

Osnovni i izvedeni red	Standardne vrednosti	Tačne vrednosti	Relativni procentualni pad (%)	Primena
R20	$20\sqrt{10} = 1,12$	1.1221	10	Retko se koristi
R20/2	$(20\sqrt{10})^2 = 1,25$	1.258	20	Mašine sa velikim brojem stupnjeva
R20/3	$(20\sqrt{10})^3 = 1,4$	1.4125	30	Mašine sa velikim opseg br. obrtaja i malim brojem stupnjeva
R20/4	$(20\sqrt{10})^4 = 1,6$	1.5849	40	
R20/6	$(20\sqrt{10})^6 = 2.0$	1.9953	50	Bušilice

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

Geometrijska promena

Standardne vrednosti faktora promene broja obrtaja u skladu sa standardom ISO 229 i DIN 804

Osnovni red R20 $\varphi = 1,12$	Red R20/2 $\varphi = 1,25$	Red R20/3 $\varphi = 1,4$			Red R20/2 $\varphi = 1,6$		Red R20/2 $\varphi = 2,0$		
					(1400)	(2800)			
100 112 125 140 160	112 140	11·2 16	125	1000 1400	140	112	11·2	1400	
180 200 224 250 280	180 224 280	22·4	180 250	2000 2800	224	180 280	22·4	180 2800	
315 355 400 450 500	355 450	31·5 45	355 500	4000	355	450	45	355	
560 630 710 800 900	560 710 900	63 90	710	5600 8000	560 900	710	710	5600	
1000			1000						

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

Geometrijska promena

Na primer: Ako je $n_{\min} = 5,6$ [o/min], a $n_{\max} = 800$ [o/min] i $\varphi_n = 1,25; 1,4$ i $1,6$ pronaći opseg i broj stupnjeva broja obrtaja.

$$S_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{800}{5,6} = 142,85$$

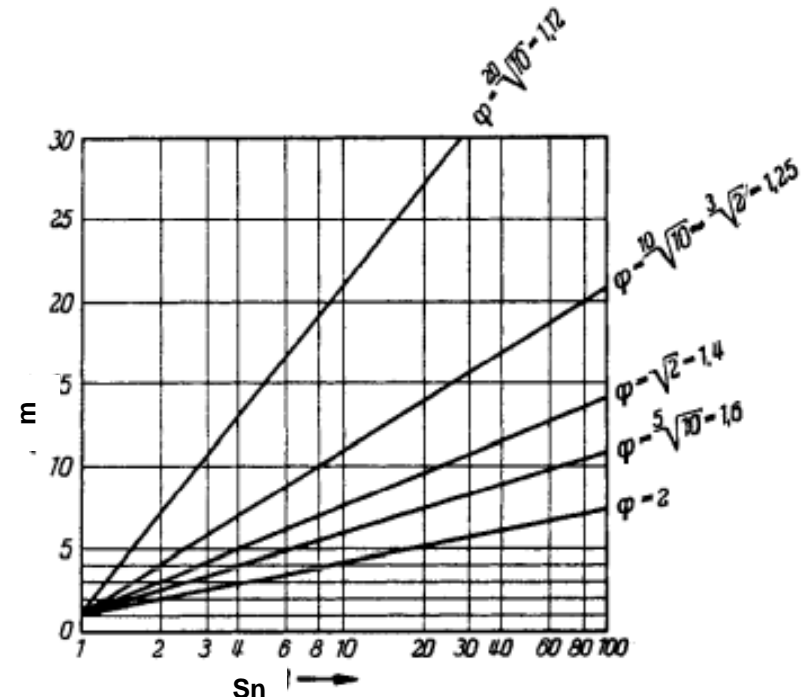
$$m = \frac{\log S_n}{\log \varphi} + 1$$

$$m = \frac{\log 142,85}{\log 1,25} + 1 = 23,23 \Rightarrow m = 24$$

$$m = \frac{\log 142,85}{\log 1,4} + 1 = 15,74 \Rightarrow m = 16$$

$$m = \frac{\log 142,85}{\log 1,6} + 1 = 11,55 \Rightarrow m = 12$$

$$m = \frac{\log 142,85}{\log 2,0} + 1 = 8,15 \Rightarrow m = 8$$



Veza između opsega br. obrtaja, broja stupnjeva i faktora stupnjeva

$$S_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}; \quad n_{\max} = n_{\min} \varphi^{(m-1)}; \quad \varphi^{(m-1)} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$$

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

Geometrijska promena - Prednosti

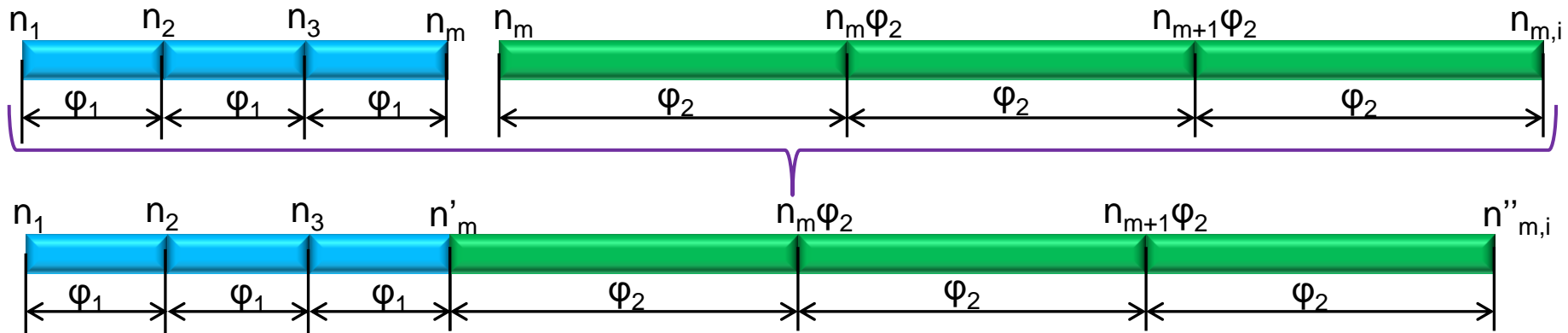
- Procentualni pad brzine rezanja od jednog stupnja do drugog je konstantan, a apsolutni pad optimalne brzine rezanja Δv je konstantan u celom opsegu prečnika;
- Relativni gubitak brzine rezanja $\Delta v_{\max}/v_0$ je takođe konstantan;
- Geometrijska progresija, prema tome, omogućava da se obrada odvija između granica optimalne brzine rezanja v_0 i minimalne dozvoljene brine rezanja v_u nezavisno od prečnika obradka;
- Mogućnost primene standardnih brojeva obrtaja

***Najčešće se koristi kod prenosnika
za glavno obrtno kretanje !!!***

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

Geometrijska promena

- Kod geometrijske promene je prisutno nagomilavanje brojeva obrtaja u području manjih prečnika (manje nego kod aritmetičke promene).
- Ovaj nedostatak se može otkloniti primenom dvostruke geometrijske promene brojeva obrtaja.
- U tom slučaju je jedan opseg brojeva obrtaja sa faktorom stupnjevanja φ_1 , a drugi sa φ_2 .



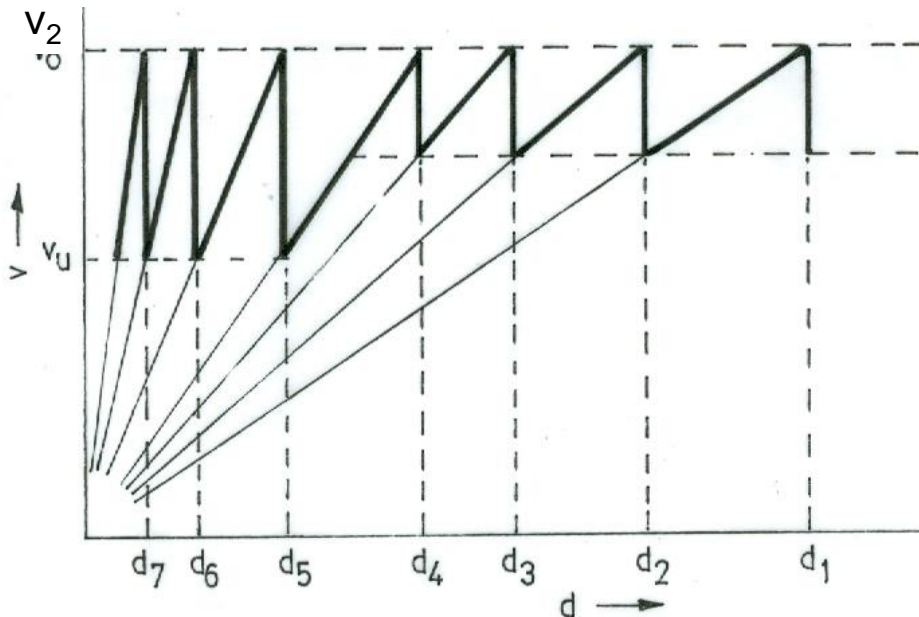
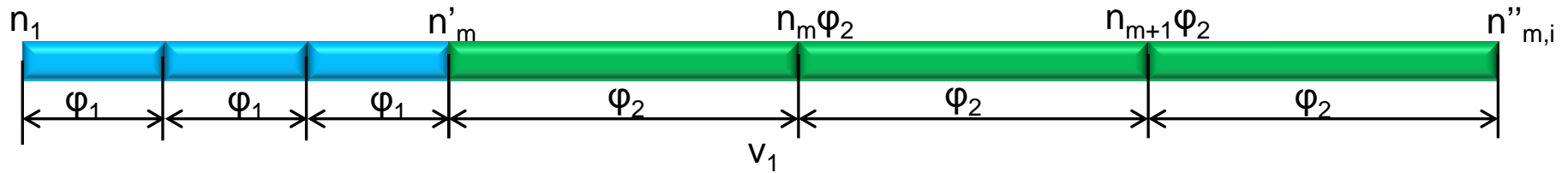
Između faktora stupnjevanja dvostruke geometrijske promene φ_1 i φ_2 mora da postoji određena zakonitost: **$\varphi_2 = \varphi_1^x$ x – ceo broj**

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - **Stupnjeviti prenosnici**

Geometrijska promena

- Radni dijagram pri dvostrukoj geometrijskoj promeni broja obrtaja



$$\begin{aligned}n'_m &= n_1 \varphi_1^{(m'-1)}; \\n''_m &= n'_m \varphi_2^{(m''-1)} = n_1 \varphi_1^{(m'-1)} \cdot \varphi_2^{(m''-1)}; \\ \varphi_2 &= \varphi_1^x \\ n''_m &= n_1 \varphi_1^{(m'-1)} \cdot \varphi_2^{xm''-1}\end{aligned}$$

Radni dijagram pri aritmetičkoj promeni broja obrtaja za dvostruku geometrijsku promenu

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA

Od širokog spektra prenosnika obrtnih kretanja kod mašina alatki za glavno obrtno kretanje se najčešće koriste:

- zupčasti,
- kaišni,

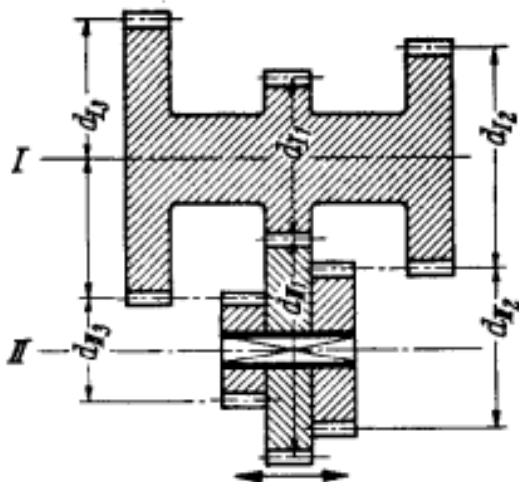
Najjednostavniji elementarni prenosnici obezbeđuju samo promenu broja obrtaja, tj. jedan ulazni broj obrtaja transformišu u jedan izlazni.

Najjednostavniji skup prenosnih elemenata - između dva vratila, naziva se elementarni prenosnik.

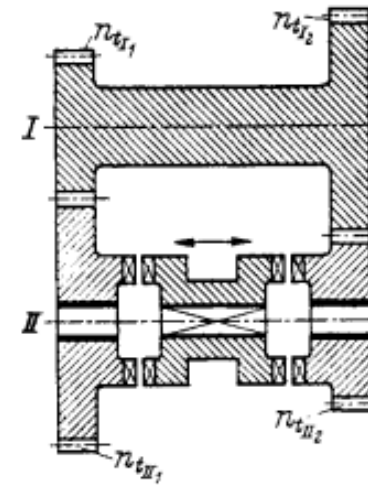
Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici

- Za prenos većih snaga (obrnog momenta) se upotrebljavaju zupčasti prenosnici.
- Zupčasti prenosnici za glavno obrtno kretanje mogu menjati brojeve obrtaja na dva načina:
 - ❑ pomeranjem grupe zupčanika po svom vratilu (pomerljiva grupa), i
 - ❑ spajanjem, odnosno, razdvajanjem zupčanika spojnicama ili kombinacijom ova dva načina.



sa pomerljivom grupom;



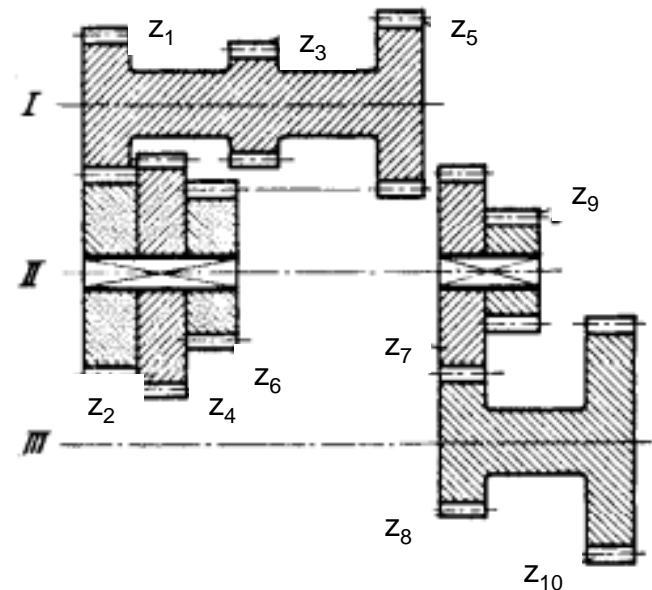
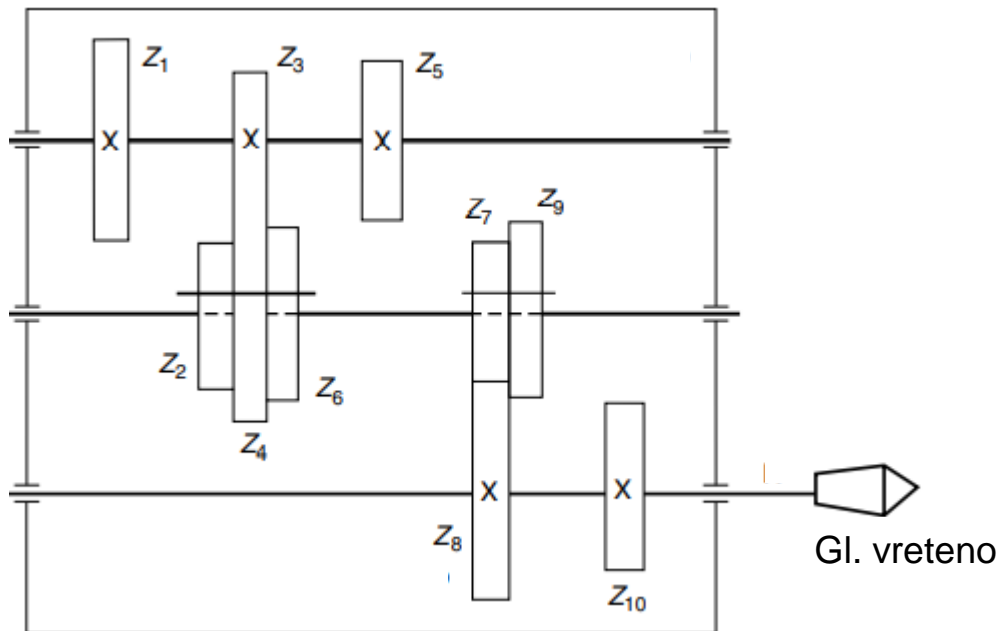
sa spojnicom

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - **Stupnjeviti prenosnici**

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici

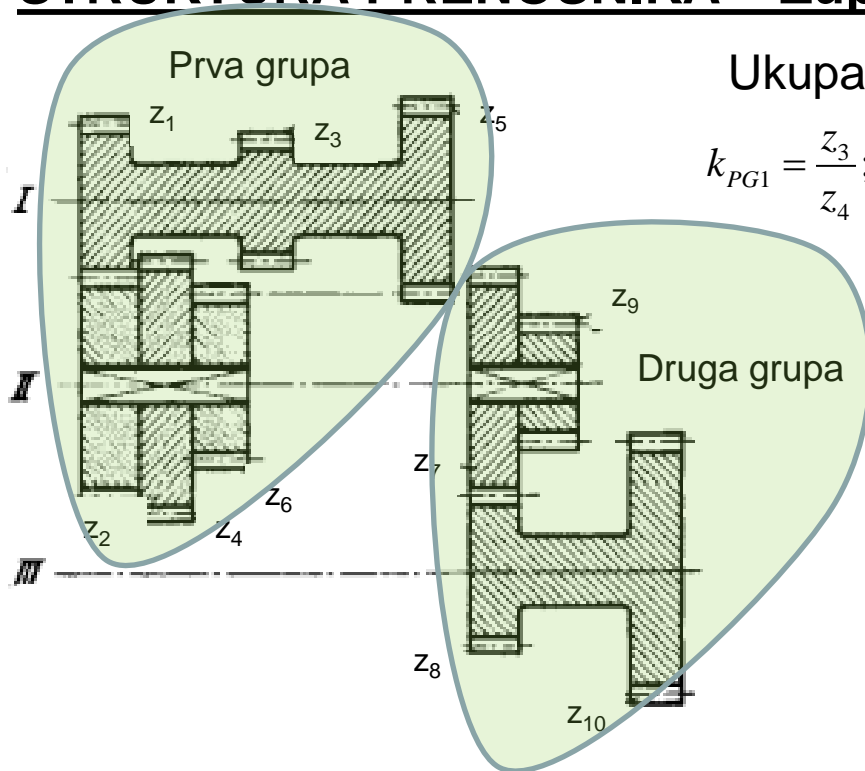
Zupčasti prenosnici sa pomerljivom grupom zupčanika. Na vratilu I nalaze se zupčanici z_1 , z_3 i z_5 koji su vezani klinovima za vratilo. Na vratilu II se nalazi grupa od po tri zupčanika z_2 , z_4 i z_6 koja se može pomerati duž vratila po uzdužnom klinu. Duž vratila II se može pomerati i druga grupa zupčanika z_7 i z_9 , koja se spreže sa zupčanicima z_8 i z_{10} na III vratilu. Pomeranjem jedne i druge grupe zupčanika dobija se 6 različitih brojeva obrtaja (6 stupnjeva).



5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici



Ukupan broj stupnjeva prenosnika je $3 \cdot 2 = 6$.

$$k_{PG1} = \frac{z_3}{z_4}; \quad k_{PG2} = \frac{z_1}{z_2}; \quad k_{PG3} = \frac{z_5}{z_6}; \quad k_{DG1} = \frac{z_9}{z_{10}}; \quad k_{DG2} = \frac{z_7}{z_8};$$

Vratilo I - II

$$\frac{n_{II1}}{n_I} = k_{PG1}; \quad \frac{n_{II2}}{n_I} = k_{PG2}; \quad \frac{n_{II3}}{n_I} = k_{PG3}$$

Vratilo II - III

$$\frac{n_{III1}}{n_{II1}} = \frac{n_{III2}}{n_{II2}} = \frac{n_{III3}}{n_{II3}} = k_{DG1}; \quad \frac{n_{III4}}{n_{II1}} = \frac{n_{III5}}{n_{II2}} = \frac{n_{III6}}{n_{II3}} = k_{DG2}$$

Ukupni prenosni faktori:

$$k_6 : k_5 : k_4 : k_3 : k_2 : k_1 = n_{III6} : n_{III5} : n_{III4} : n_{III3} : n_{III2} : n_{III1}$$

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= k_{PG1} \cdot k_{DG1} = \frac{n_{III1}}{n_I}; & k_2 &= k_{PG2} \cdot k_{DG1} = \frac{n_{III2}}{n_I} \\ k_3 &= k_{PG3} \cdot k_{DG1} = \frac{n_{III3}}{n_I}; & k_4 &= k_{PG1} \cdot k_{DG2} = \frac{n_{III4}}{n_I} \\ k_5 &= k_{PG2} \cdot k_{DG2} = \frac{n_{III5}}{n_I}; & k_6 &= k_{PG3} \cdot k_{DG2} = \frac{n_{III6}}{n_I} \end{aligned} \right\}$$

Izlazni brojevi obrtaja

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici

- Povećanjem broja zupčanika u pomerljivog grupi povećava se:
 - ✓ potreban aksijalni hod u cilju sprežanja zupčanika, (usložnjava se konstrukciono rešenje elemenata za pomeranje i rukovanje);
 - ✓ složenija je izrada i montaža, itd.
- Zbog toga se ograničava broj zupčanika u pomerljivoj grupi na 3, eventualno 4, što je ujedno i najveći broj stupnjeva elementarnih prenosnika.
- Veći broj stupnjeva se ostvaruje kombinacijom elementarnih prenosnika, tj. ostvaruje se SLOŽENIM ZUPČASTIM PRENOSNIKOM.

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici

➤ Broj stupnjeva složenog prenosnika:

➤ $m_n = 2^x \cdot 3^y \cdot 4^z$

x, y, z – broj elementarnih prenosnika navedenog tipa

➤ Broj vratila složenog prenosnika:

➤ $m_v = x + y + z + 1$

➤ Broj zupčanika složenog prenosnika:

➤ $m_z = 4x + 6y + 8z$

Porastom složenosti elementarnih prenosnika opada broj potrebnih elemenata.

Na primer: $m_n = 9$ treba 3 vratila i 12 zupčanika

$m_n = 8$ ($m_n = 2 \cdot 4$) – isti broj elemenat ili

$m_n = 8 = 2 \cdot 2 \cdot 2$; 4 vratila i 12 zupčanika;

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici

Jedan od osnovnih zadataka pri projektovanju prenosnika je izbor koncepcije njegove strukture za definisani potreban broj stupnjeva.

Na primer: Redosled kombinovanja prenosnika $m_n = 6$ može biti:

$$m_n = 6 = 2 \times 3 \text{ (I)} = 3 \times 2 \text{ (II)} \text{ ili } m_n = 12 = 2 \times 2 \times 3 \text{ (I)} = 2 \times 3 \times 2 \text{ (II)} = 3 \times 2 \times 2 \text{ (III)} \\ = 3 \times 4 \text{ (IV)} = 4 \times 3 \text{ (V)}$$

Ovo je dovelo do potrebe da se prenosnici predstavu u što jednostavnijem obliku, sa što više podataka, kako bi se lakše moglo doći do najpovoljnije varijante.

U tu svrhu se koristi šematski prikaz prenosnika u obliku:

- ✓ **strukturnog dijagrama;**
- ✓ **dijagrama brojeva obrtaja;**
- ✓ **kinematske šeme;**

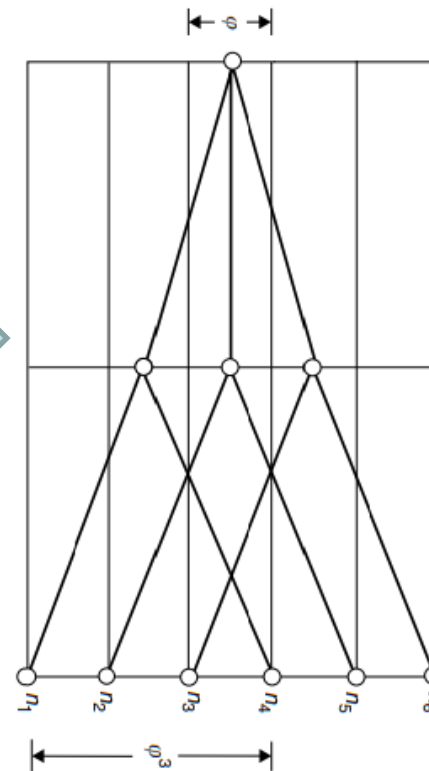
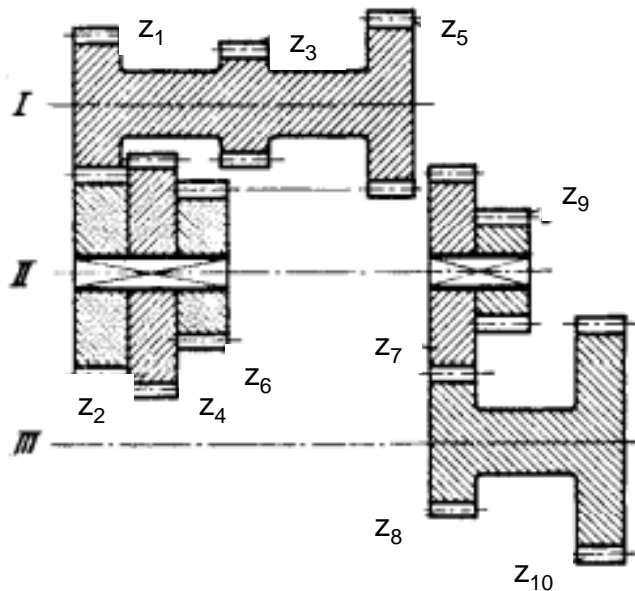
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Strukturni dijagram

Strukturni dijagram prikazuje sistem građe prenosnika u SIMETRIČNOM OBLIKU u mreži sa logaritamskom razmerom.

Mreža u kojoj se prikazuje strukturni dijagram se sastoji od vertikala koje predstavljaju brojeve obrtaja, i horizontalnih linija koje simbolično predstavljaju vratila.



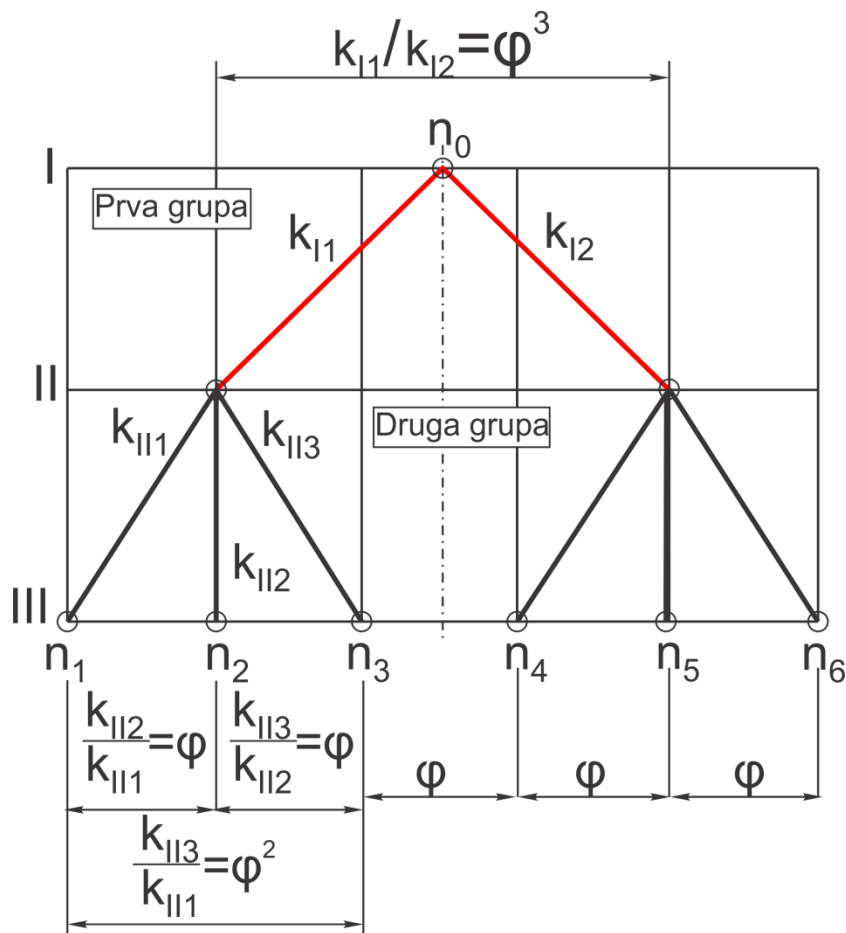
Strukturni dijagram za $m_n=6$

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURNA PREOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Strukturalni dijagram

a) Strukturalni dijagram $m_n = 6 = 2 \cdot 3$.



Prva grupa:

$$S_{nI} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_5}{n_2} = \frac{k_{I\max}}{k_{I\min}} = \frac{n_0 k_{I2}}{n_0 k_{I1}} = \frac{k_{I2}}{k_{I1}} = \varphi^3$$

Druga grupa:

$$S_{nII} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_3}{n_1} = \frac{k_{II\max}}{k_{II\min}} = \frac{n_2 k_{II3}}{n_2 k_{II1}} = \varphi^2, \text{ ili}$$

$$S_{nII} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_6}{n_4} = \frac{k_{II\max}}{k_{II\min}} = \frac{n_5 k_{II3}}{n_5 k_{II1}} = \varphi^2$$

Ukupan opseg regulacije

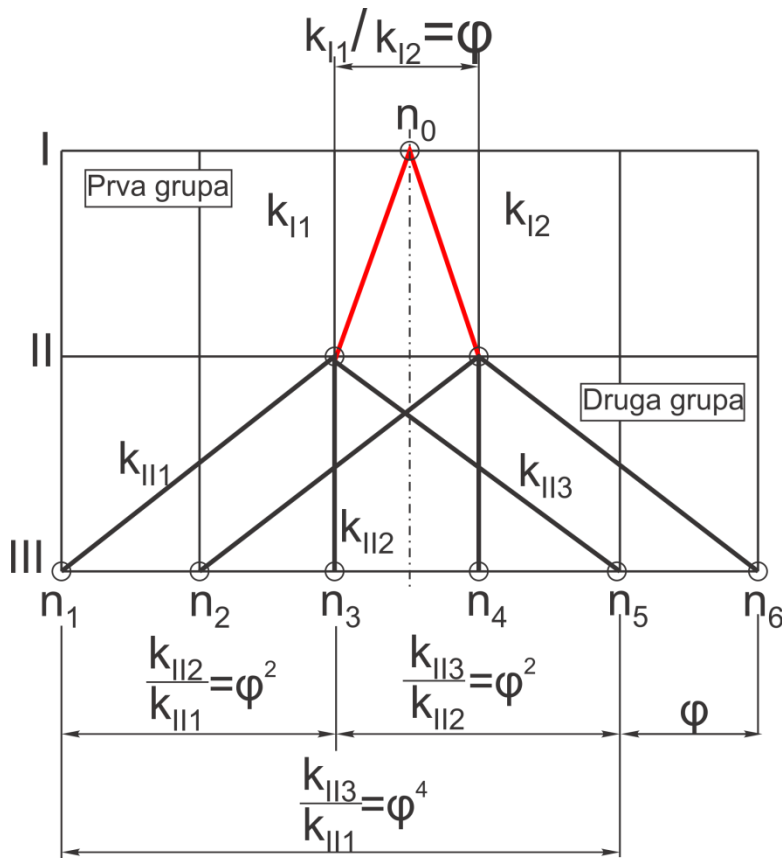
$$S_{nI} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_6}{n_1} = \frac{n_0 k_{I2} k_{II3}}{n_0 k_{I1} k_{II1}} = \frac{k_{I\max}}{k_{I\min}} \frac{k_{II\max}}{k_{II\min}} = \varphi^3 \cdot \varphi^2$$

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PREOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Strukturalni dijagram

b) Strukturalni dijagram $m_n = 6 = 2 \cdot 3$.



Prva grupa:

$$S_{nI} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_4}{n_3} = \frac{k_{I\max}}{k_{I\min}} = \frac{n_0 k_{I2}}{n_0 k_{I1}} = \frac{k_{I2}}{k_{I1}} = \varphi$$

Druga grupa:

$$S_{nII} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_5}{n_1} = \frac{k_{II\max}}{k_{II\min}} = \frac{n_3 k_{II3}}{n_3 k_{II1}} = \varphi^4, \text{ ili}$$

$$S_{nII} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_6}{n_2} = \frac{k_{II\max}}{k_{II\min}} = \frac{n_4 k_{II3}}{n_4 k_{II1}} = \varphi^4$$

Ukupan opseg regulacije

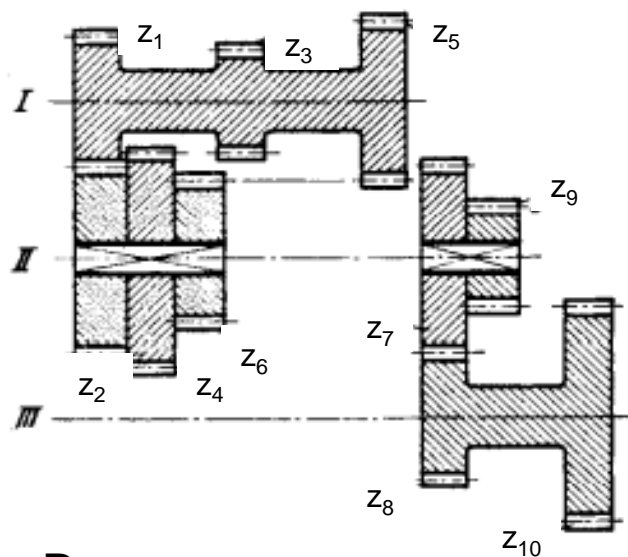
$$S_{nI} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_6}{n_1} = \frac{n_0 k_{I2} k_{II3}}{n_0 k_{I1} k_{II1}} = \frac{k_{I\max}}{k_{I\min}} \frac{k_{II\max}}{k_{II\min}} = \varphi \cdot \varphi^4$$

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Strukturni dijagram

c) Strukturni dijagram $m_n = 6 = 3 \cdot 2$.

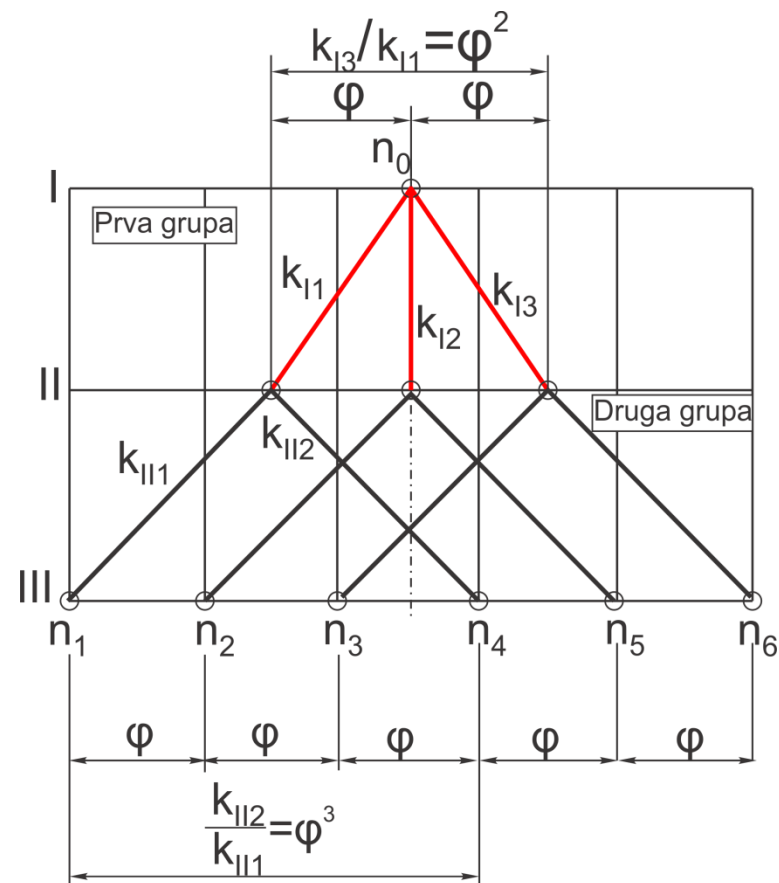
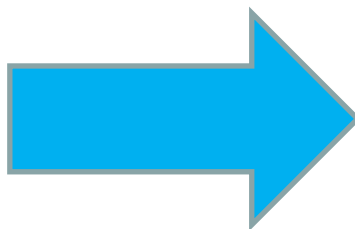


Prva grupa:

$$S_{nI} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{k_{I\max}}{k_{I\min}} = \frac{n_0 k_{I3}}{n_0 k_{I1}} = \frac{k_{I3}}{k_{I1}} = \varphi^2$$

Druga grupa:

$$S_{nII} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_4}{n_1} = \frac{k_{II\max}}{k_{II\min}} = \frac{n_0 k_{I1} k_{II2}}{n_0 k_{I1} k_{II1}} = \varphi^3$$



Ukupan opseg regulacije

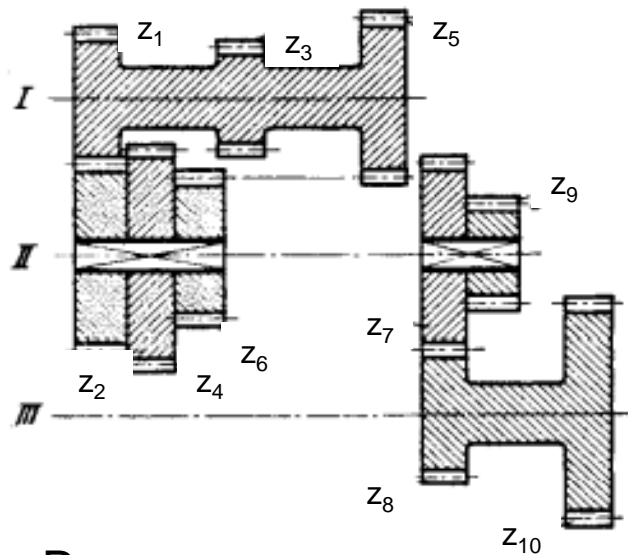
$$S_{nI} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_6}{n_1} = \frac{n_0 k_{I3} k_{II2}}{n_0 k_{I1} k_{II1}} = \frac{k_{I\max}}{k_{I\min}} \frac{k_{II\max}}{k_{II\min}} = \varphi^2 \cdot \varphi^3$$

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

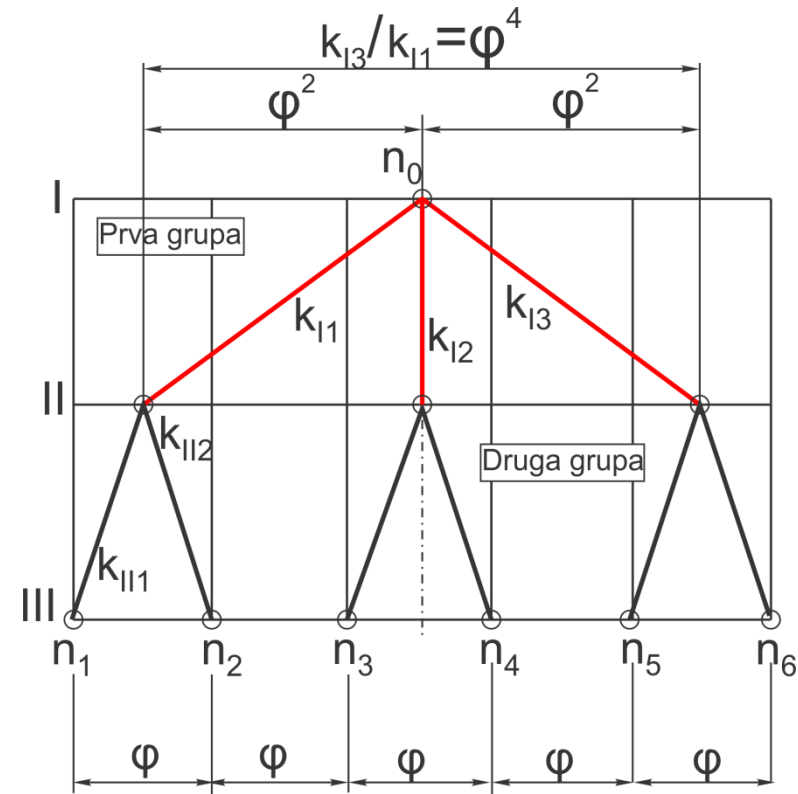
STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Strukturni dijagram

d) Strukturni dijagram $m_n = 6 = 3 \cdot 2$.



Prva grupa:

$$S_{nI} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{k_{I\max}}{k_{I\min}} = \frac{n_0 k_{I3}}{n_0 k_{I1}} = \frac{k_{I3}}{k_{I1}} = \varphi^4$$



Ukupan opseg regulacije

$$S_{nI} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_6}{n_1} = \frac{n_0 k_{I3} k_{II2}}{n_0 k_{I1} k_{II1}} = \frac{k_{I\max}}{k_{I\min}} \frac{k_{II\max}}{k_{II\min}} = \varphi^4 \cdot \varphi$$

Druga grupa:

$$S_{nII} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{k_{II\max}}{k_{II\min}} = \frac{n_0 k_{II2}}{n_0 k_{II1}} = \varphi$$

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Strukturni dijagram

Veći broj stupnjeva se može ostvariti različitim varijantama redosleda gradnje elementarnih prenosnika i njihovom parcijalnom opsegu regulacije brojeva obrtaja (S_i).

Strukturni dijagram ne sadrži podatke o pojedinačnim prenosnim faktorima, obzirom da se predstavlja u simetričnom obliku.

Prenosni faktori sadrže dimenzione odnose prenosnih elemenata što je važno kod definisanja koncepcije prenosnika.

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

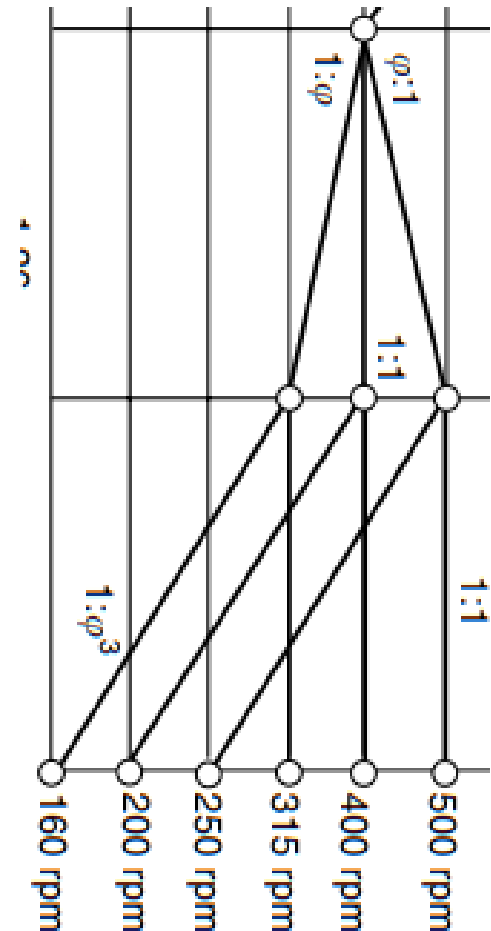
STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Dijagram broja obrtaja

Dijagram brojeva obrtaja prikazuje sistem građe prenosnika u mreži sa logaritamskom razmerom.

Mreža u kojoj se prikazuje dijagram se sastoji od vertikalnih linija koje predstavljaju brojeve obrtaja, i horizontalnih linija koje simbolično predstavljaju vratila.

Sam dijagram čine linije koje spajaju određene tačke pojedinih vratila.

Pojedine linije dijagrama brojeva obrtaja pokazuju tačne prenosne faktore i sadrže relativne dimenzione veličine prenosnih elemenata.



Dijagram broja obrtaja

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

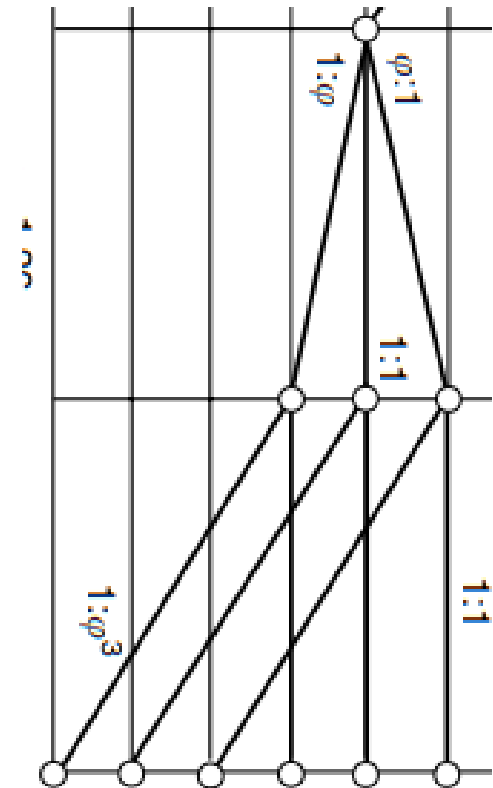
STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Dijagram broja obrtaja

Linije povučene **u levo** pokazuju zupčaste parove koji **redukuju broj obrtaja (usporenje)**.

Linije povučene **u desno** predstavljaju **ubrzanje**.

Eksponent uz φ označava broj polja mreže preko kojih je povučena linija.

Za vertikalne linije broj polja je 0 pa je prenosni faktor 1, spregnuti zupčanici su isti.

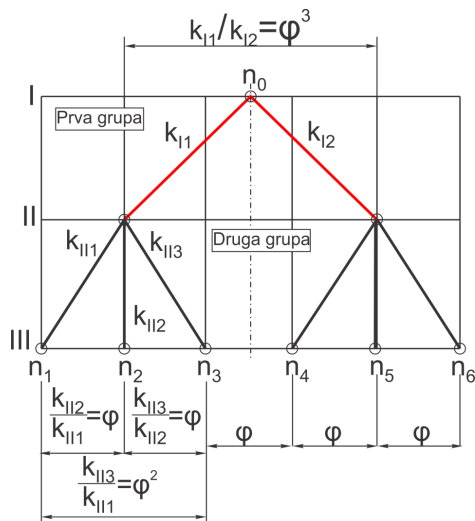


Dijagram broja obrtaja

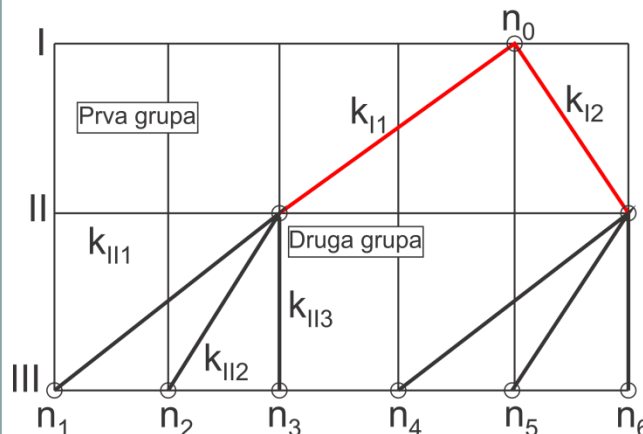
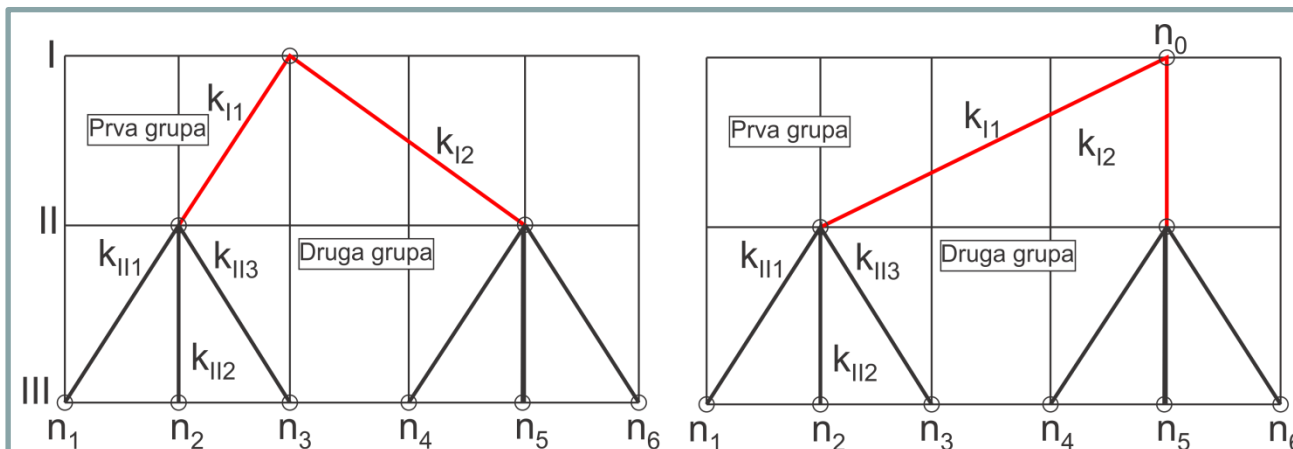
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Dijagram broja obrtaja



Strukturni dijagram



$$k_{I1} = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{z_1}{z_2} \frac{m_{1,2}}{m_{1,2}} = \frac{D_{01}}{D_{02}}; \quad D_{02} = \varphi^2 D_{01}$$

$$k_{I2} = \varphi = \frac{z_3}{z_4} \frac{m_{3,4}}{m_{3,4}} = \frac{D_{03}}{D_{04}}; \quad D_{03} = \varphi D_{04}$$

Dijagram brojeva obrtaja

PRVA GRUPA

$$k_{I1} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_3}{n_0} = \frac{n_3}{n_5} = \frac{1}{\varphi^2} < 1$$

$$k_{I2} = \frac{z_3}{z_4} = \frac{n_6}{n_0} = \frac{n_6}{n_5} = \varphi > 1$$

DRUGA GRUPA

$$k_{II1} = \frac{z_5}{z_6} = \frac{n_1}{n_3} = \frac{n_4}{n_6} = \frac{1}{\varphi^2} < 1$$

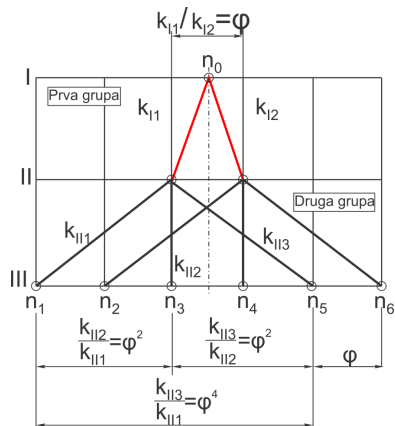
$$k_{II2} = \frac{z_7}{z_8} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{n_5}{n_6} = \frac{1}{\varphi} < 1$$

$$k_{II3} = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{n_3}{n_3} = \frac{n_6}{n_6} = \varphi^0 = 1$$

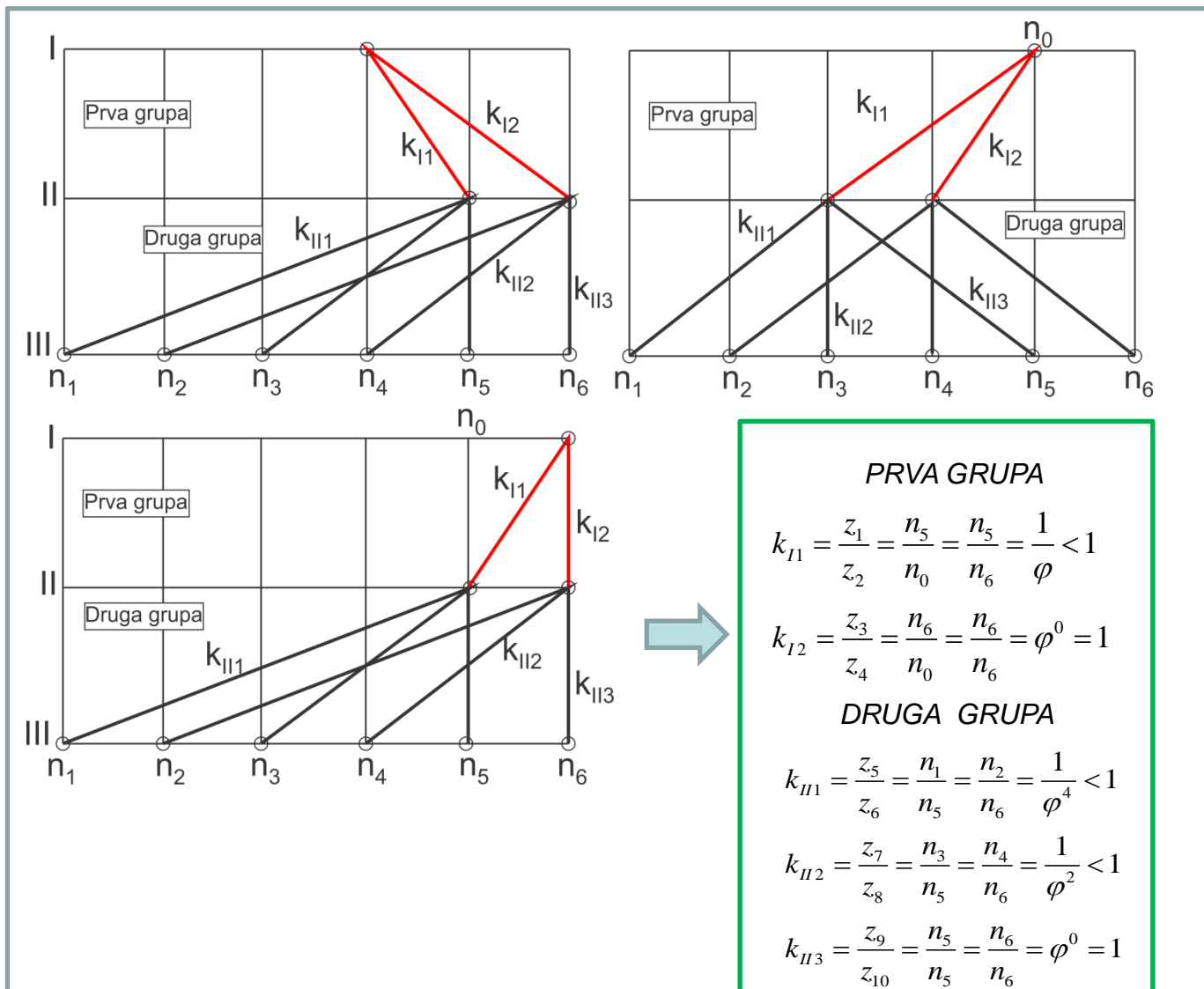
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Dijagram broja obrtaja



Strukturalni dijagram



Dijagram brojeva obrtaja

PRVA GRUPA

$$k_{I1} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_5}{n_0} = \frac{n_5}{n_6} = \frac{1}{\varphi} < 1$$

$$k_{I2} = \frac{z_3}{z_4} = \frac{n_6}{n_0} = \frac{n_6}{n_6} = \varphi^0 = 1$$

DRUGA GRUPA

$$k_{II1} = \frac{z_5}{z_6} = \frac{n_1}{n_5} = \frac{n_2}{n_6} = \frac{1}{\varphi^4} < 1$$

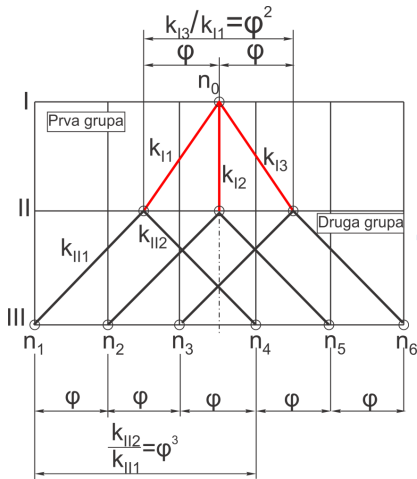
$$k_{II2} = \frac{z_7}{z_8} = \frac{n_3}{n_5} = \frac{n_4}{n_6} = \frac{1}{\varphi^2} < 1$$

$$k_{II3} = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{n_5}{n_5} = \frac{n_6}{n_6} = \varphi^0 = 1$$

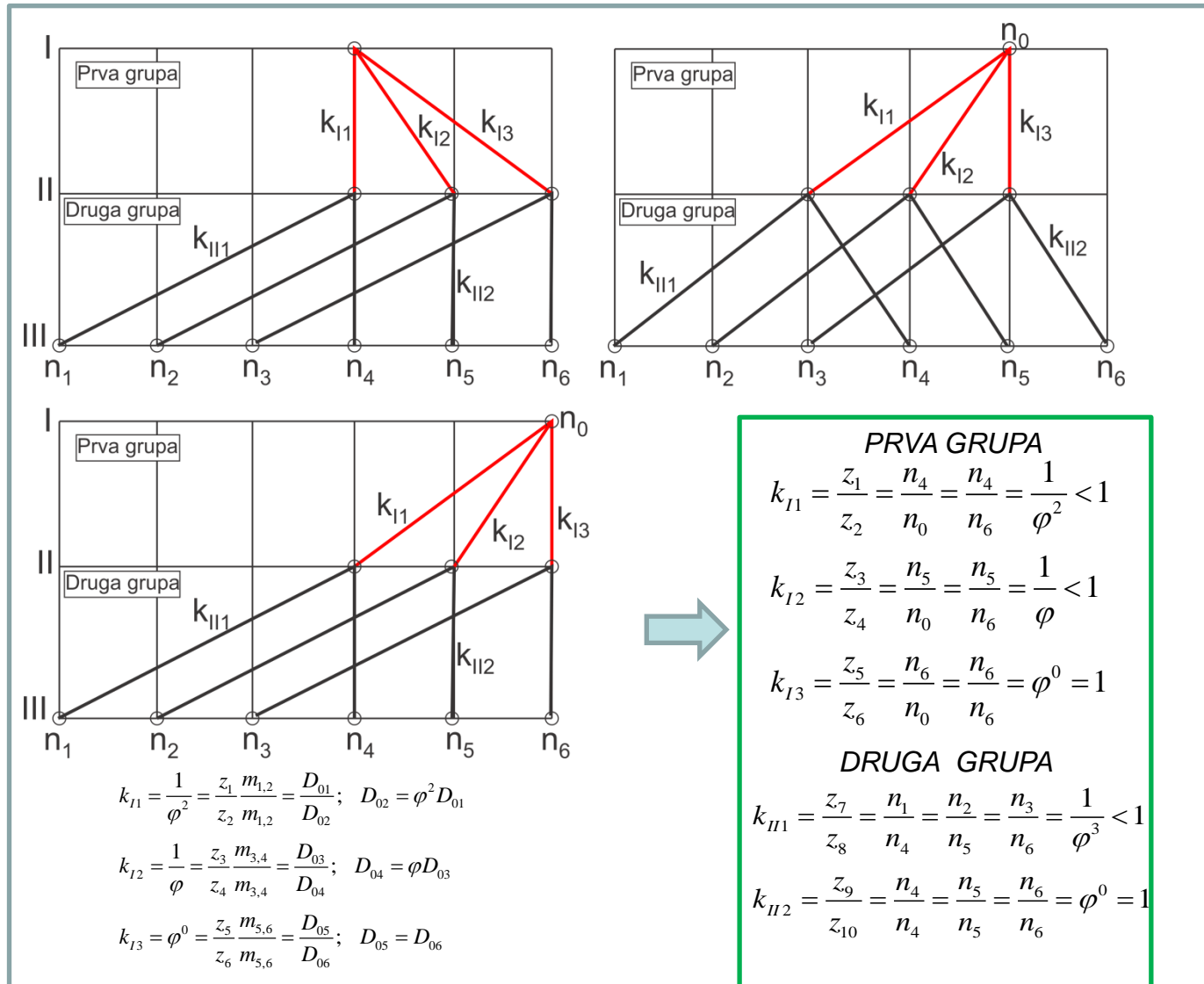
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Dijagram broja obrtaja



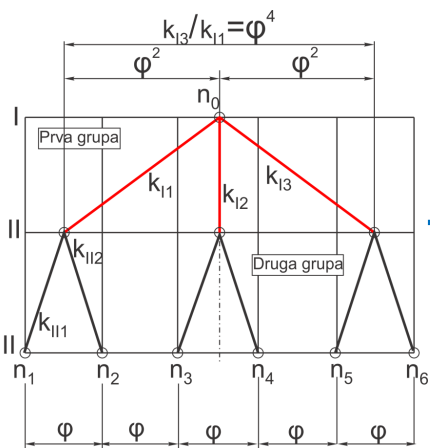
Strukturalni dijagram



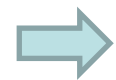
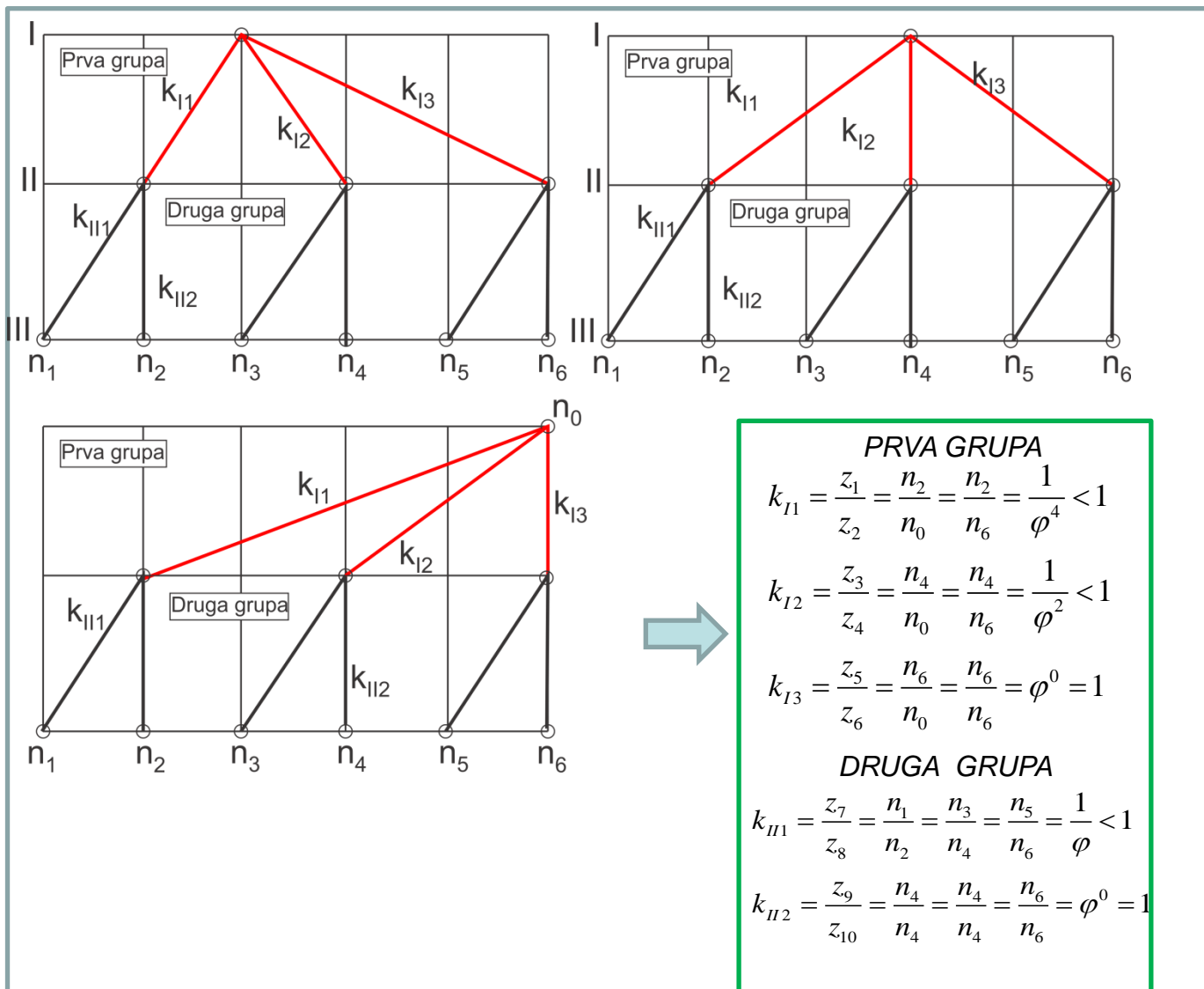
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Dijagram broja obrtaja



Strukturalni dijagram



PRVA GRUPA

$$k_{I1} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_0} = \frac{n_2}{n_6} = \frac{1}{\varphi^4} < 1$$

$$k_{I2} = \frac{z_3}{z_4} = \frac{n_4}{n_0} = \frac{n_4}{n_6} = \frac{1}{\varphi^2} < 1$$

$$k_{I3} = \frac{z_5}{z_6} = \frac{n_6}{n_0} = \frac{n_6}{n_6} = \varphi^0 = 1$$

DRUGA GRUPA

$$k_{II1} = \frac{z_7}{z_8} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{n_5}{n_6} = \frac{1}{\varphi} < 1$$

$$k_{II2} = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{n_4}{n_4} = \frac{n_4}{n_4} = \frac{n_6}{n_6} = \varphi^0 = 1$$

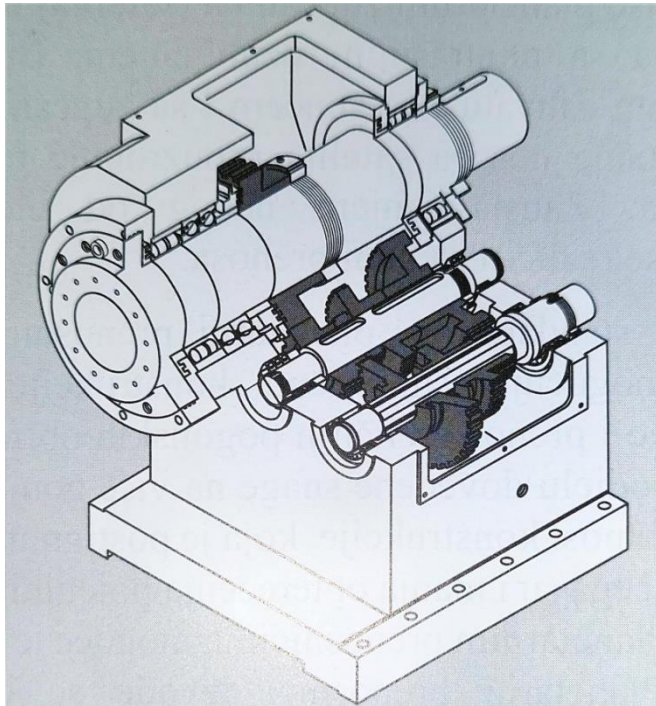
Dijagram brojeva obrtaja

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

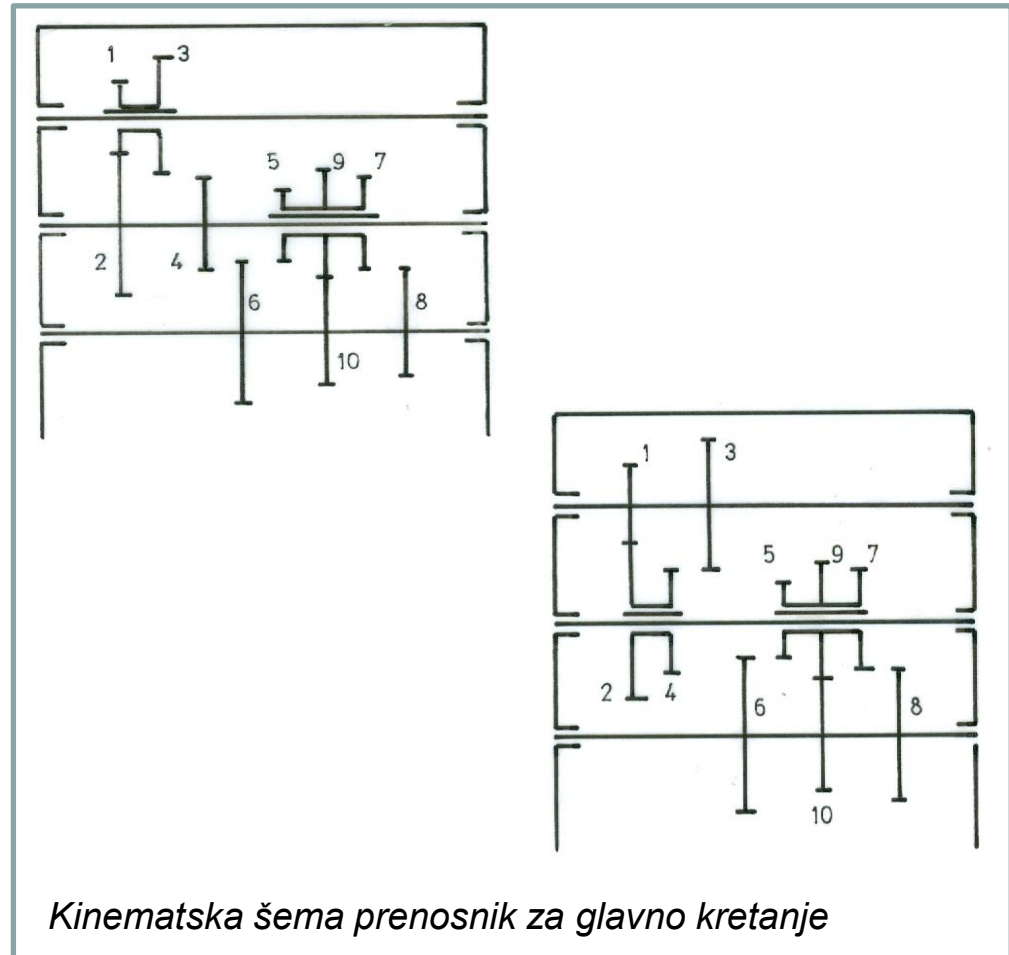
Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema

Kinematska šema prikazuje konstrukcionu osnovu prenosnika u vidu skice, a predstavlja šematski prikaz razvijenog (opruženog) aksijalnog preseka kroz (sve) ose vratila prenosnika.



Prenosnik za glavno kretanje

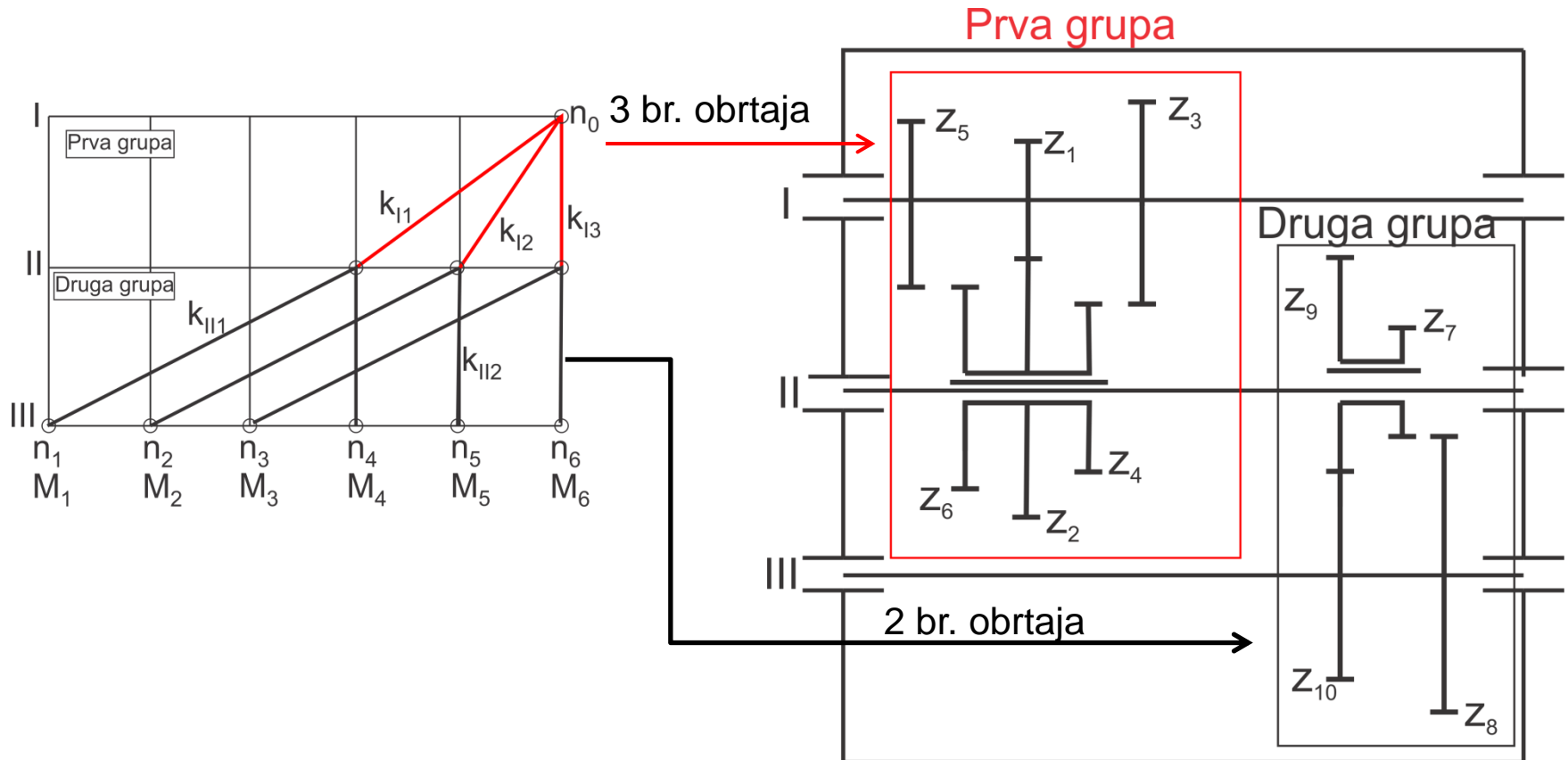


Kinematska šema prenosnik za glavno kretanje

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

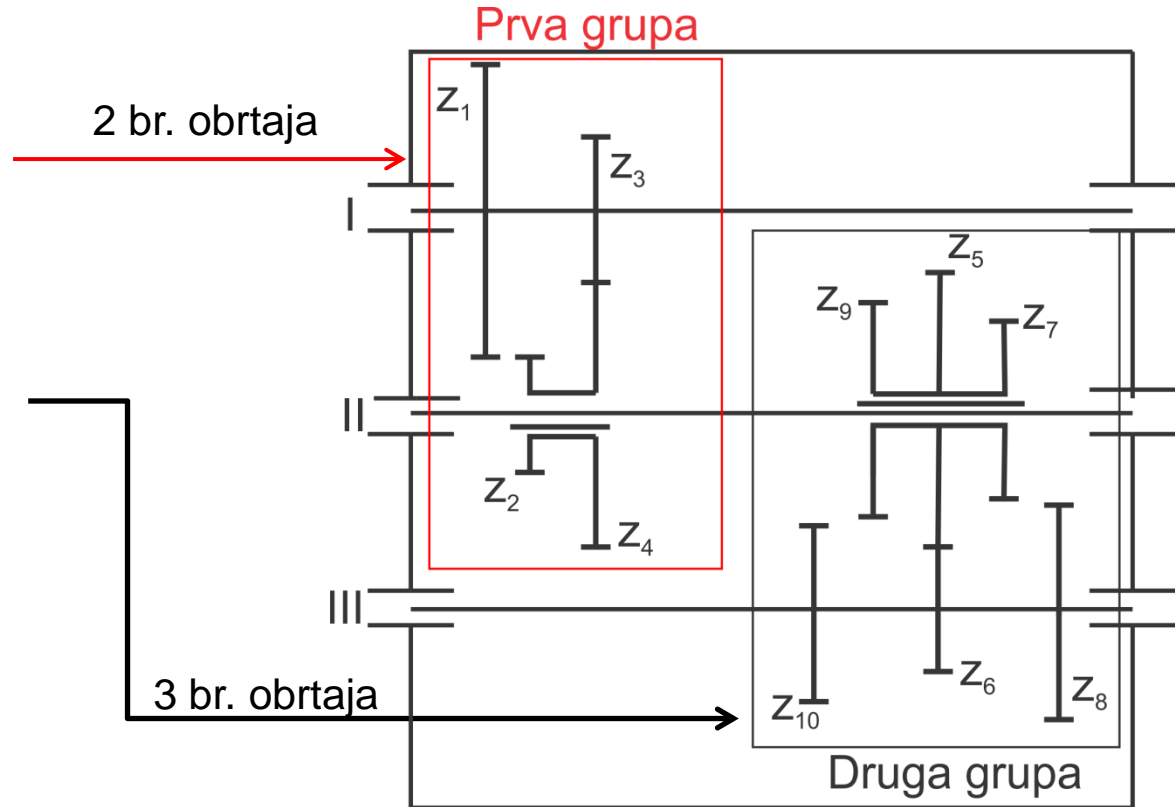
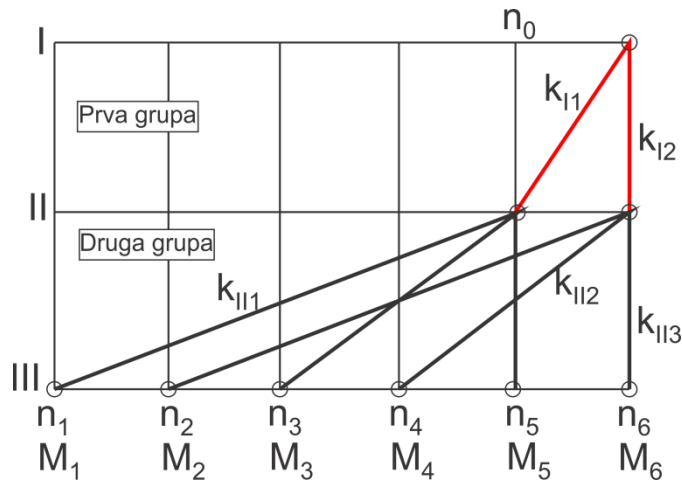
STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema



5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

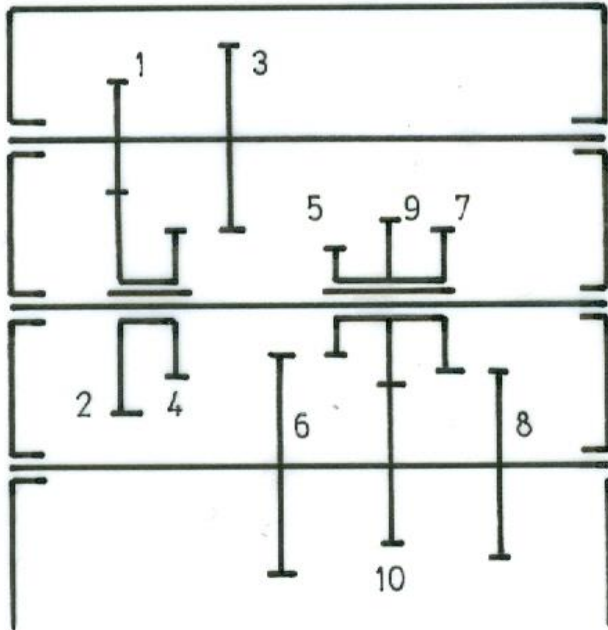
STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema



5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema



Kinematska šema prenosnik za glavno kretanje

Uslov osnog rastojanja:

$$a_{I,II} = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot m_{1,2} = \frac{z_3 + z_4}{2} \cdot m_{3,4}$$

$$a_{II,III} = \frac{z_5 + z_6}{2} \cdot m_{5,6} = \frac{z_9 + z_{10}}{2} \cdot m_{9,10} = \frac{z_7 + z_8}{2} \cdot m_{7,8}$$

z_i - celi brojevi

z_i – njaminji mogući bojevi (zahtev minimum gabarita cele konstrukcije)

Ako je moguće treba da je modul isti za sve zupčanike u prenosniku

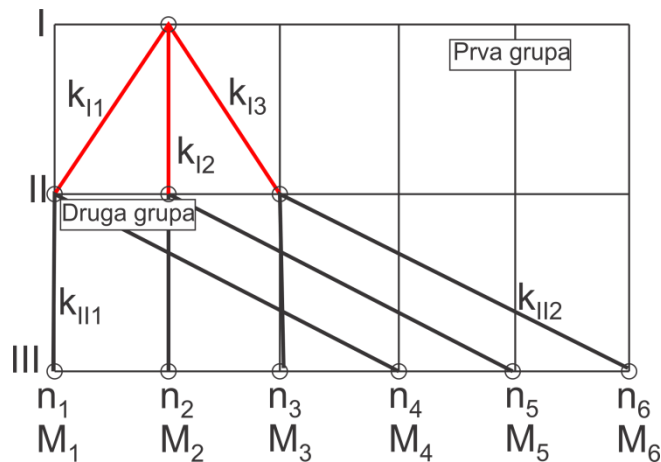
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

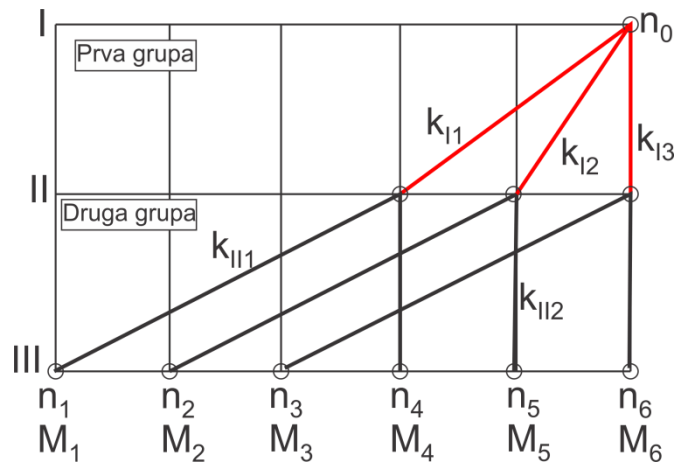
STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema

Kriterijumi za izbor varijante strukture prenosnika – Osnovni kriterijumi

a) Dijagram brojeva obrtaja treba da teži desnom pravouglom trouglu



a)



b)

$$M_i = \frac{30P}{\pi n_i}; \quad P = \text{Const.}$$

$$M_i = \frac{C}{\pi n_i}$$

$$d_i = 11-13 \sqrt[4]{M_i}$$

$$M_{2b} < M_{1a}$$

$$M_{4b} < M_{3a}$$



$$d_{Ib} < d_{Ia}$$

$$d_{IIb} < d_{IIa}$$

veći broj elemenata prenosnika
je opterećen manjim momentom

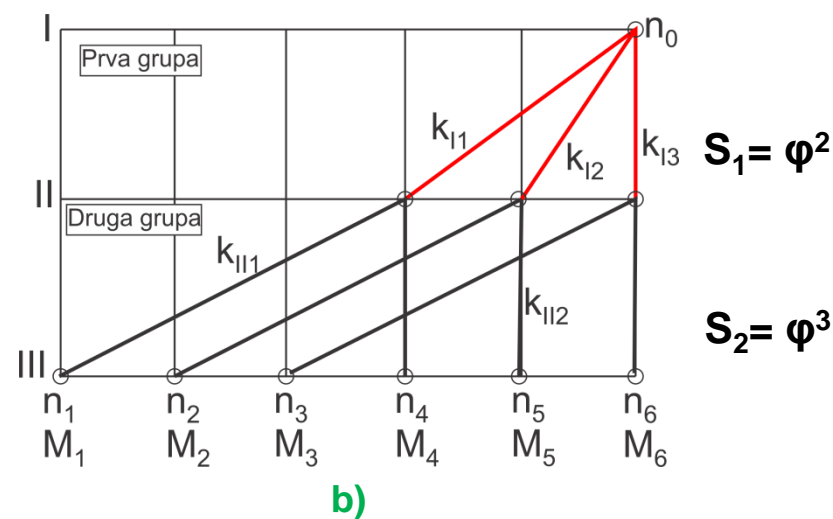
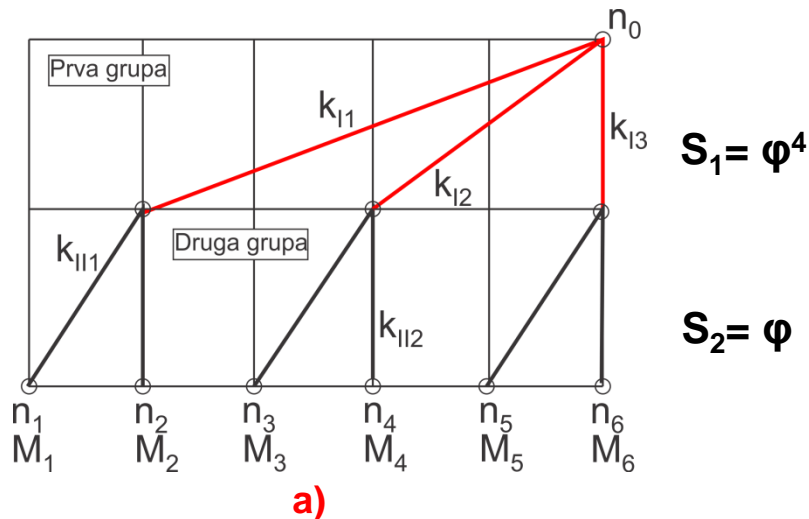
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema

Kriterijumi za izbor varijante strukture prenosnika – Osnovni kriterijumi

b) Opseg parcijalne regulacije brojeva obrtaja treba da raste ka izlazu iz prenosnika



$$D_{02(b)} = \varphi^2 D_{01(b)} < D_{02(a)} = \varphi^4 D_{01(a)}$$

$$D_{04(b)} = \varphi D_{03(b)} < D_{04(a)} = \varphi^2 D_{03(a)}$$

veći broj manje opterećenih elemenata prenosnika

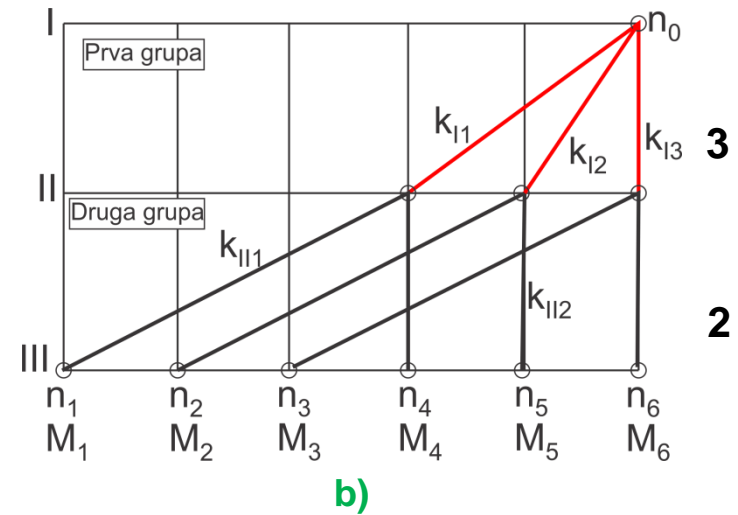
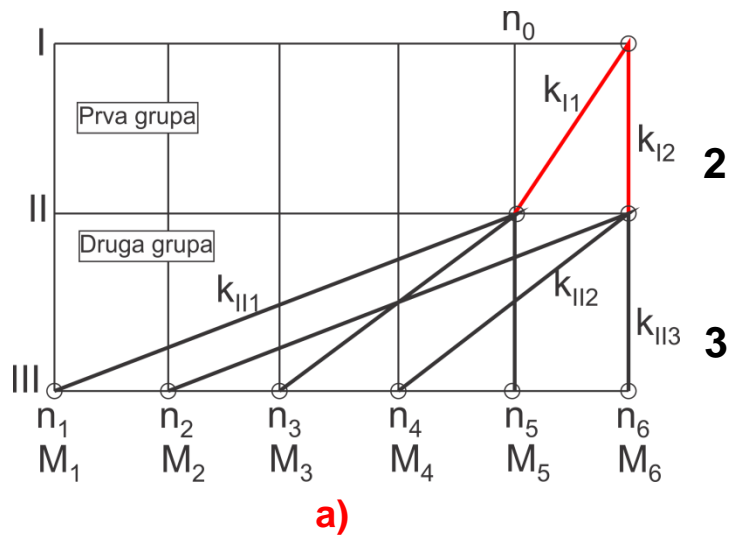
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema

Kriterijumi za izbor varijante strukture prenosnika – Osnovni kriterijumi

c) Složenost elementarnih prenosnika treba da opada ka izlazu iz prenosnika



elementarni prenosnik sa većim brojem prenosnih elemenata je postavljen u zoni manjih opterećenja.

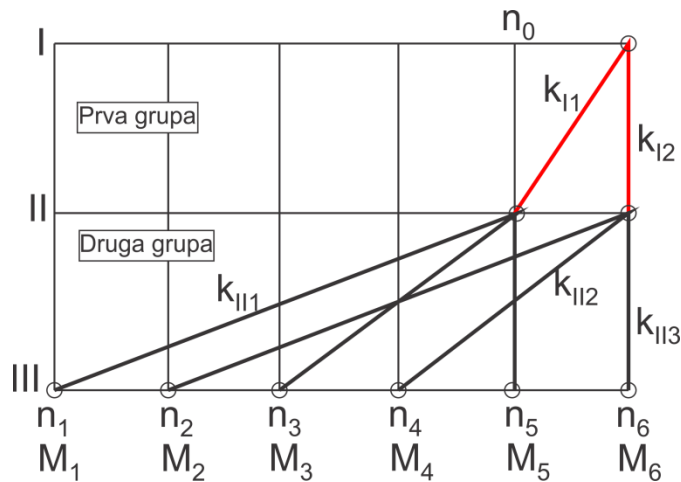
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema

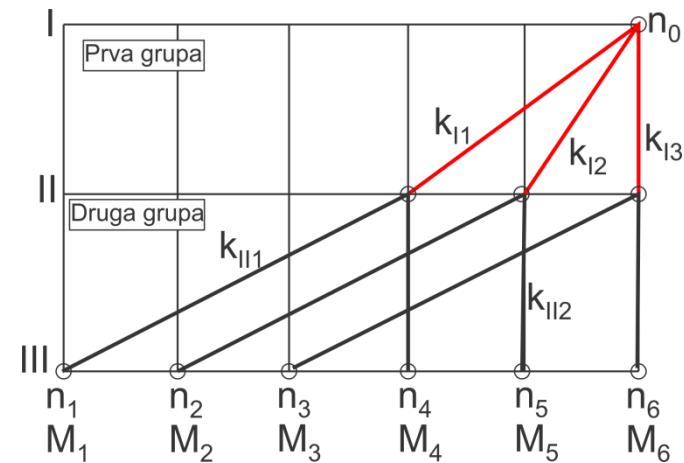
Kriterijumi za izbor varijante strukture prenosnika – Osnovni kriterijumi

d) Granice opsega prenosnog faktora $(1/4) \leq k \leq 2$



$$k_{II1} = \frac{z_5}{z_6} = \frac{1}{\varphi^4} \Rightarrow D_{06} = \varphi^4 D_{05} \quad \text{a)}$$

$$\frac{D_{06}}{D_{05}} = \varphi^4$$



$$k_{II1} = \frac{z_7}{z_8} = \frac{1}{\varphi^3} \Rightarrow D_{08} = \varphi^3 D_{07} \quad \text{b)}$$

Za izabrani faktor geometrijske promene prenosni faktor zavisi isključivo od eksponenta nad φ .

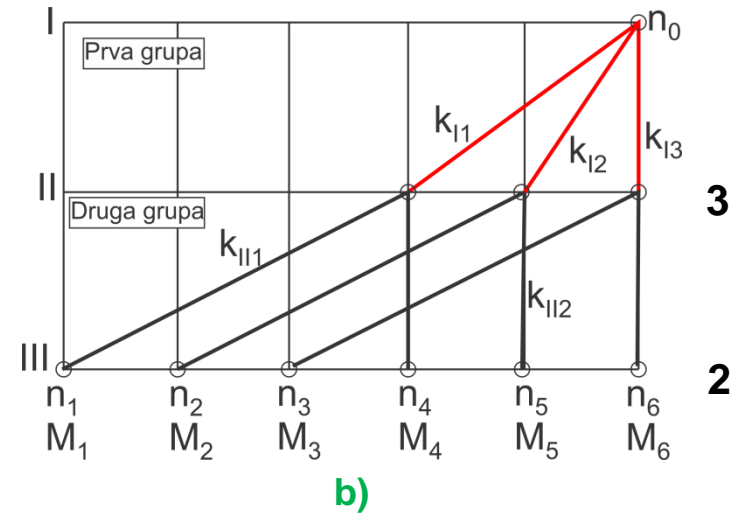
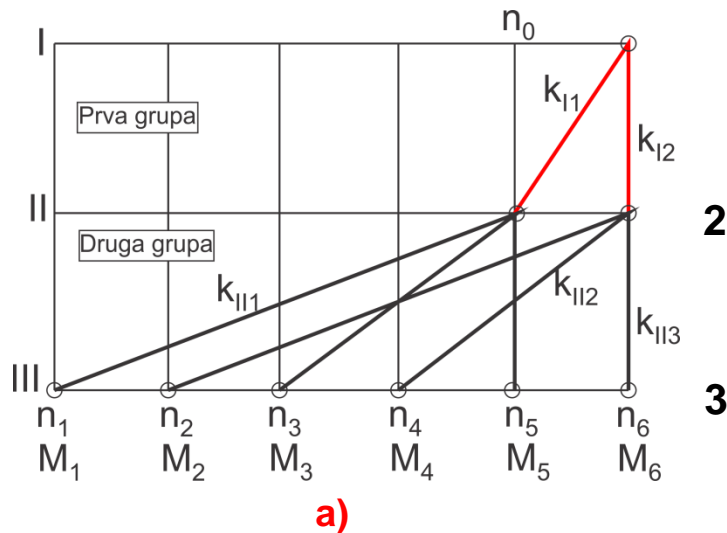
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema

Kriterijumi za izbor varijante strukture prenosnika – Osnovni kriterijumi

d) Granice opsega prenosnog faktora $(1/4) \leq k \leq 2$



Odnos prečnika spregnutih zupčanika je:

φ	1.25	1.4	1.6	2
D_{06}/D_{05}	2.4	3.8	6.5	16

$$\frac{D_{06}}{D_{05}} = \varphi^4$$

φ	1.25	1.4	1.6	2
D_{08}/D_{07}	1,9	2,7	4	8

$$\frac{D_{08}}{D_{07}} = \varphi^3$$

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema

Kriterijumi za izbor varijante strukture prenosnika – Osnovni kriterijumi

d) Granice opsega prenosnog faktora $(1/4) \leq k \leq 2$

Velike dimenzije zupčanika su nepovoljne zbog:

- veliki broj zuba zupčanika veći troškovi izrade ozubljenja;
- veći prečnik zupčanika veći utrošak materijala;
- većim zupčanicima odgovara veće osno rastojanje što povećava gabarite konstrukcije, zahteva i povećanje dimenzija svih drugih zupčanika između tih vratila;

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Zupčasti prenosnici- Kinematska šema

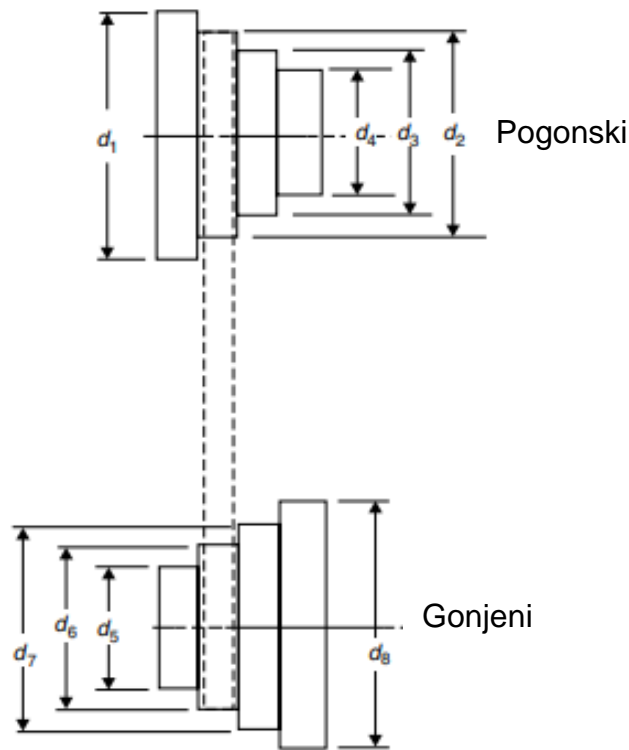
Kriterijumi za izbor varijante strukture prenosnika – Dopunski kriterijumi

- ukupan zbir brojeva zuba zupčanika treba da je što manji;
- broj različitih modula zupčanika treba da je što manji;
- gabaritne dimenzije prenosnika treba da su što manje;
- minimalni broj ožljebljenih vratila;
- na ulaznom i izlaznom vratilu iz prenosnika ne treba postavljati pomerljive grupe zupčanika;
- veliki zupčanik na izlaznom vratilu treba postaviti što bliže prednjem ležaju glavnog vretena; ...)
- raspored elemenata treba da je takav da omogućuje najjednostavniju konstrukciju i izradu kućišta prenosnika;
- što lakša montaža;
- što jednostavnije upravljanje, itd.

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Kaišni prenosnici



$$u_1 = \frac{d_1}{d_5}; \quad u_2 = \frac{d_2}{d_6}; \quad u_3 = \frac{d_3}{d_7}; \quad u_4 = \frac{d_4}{d_6};$$

U opštem slučaju je:

$$u_{n-1} = \frac{d_{Pn-1}}{d_{Gn-1}}; \quad u_n = \frac{d_{Pn}}{d_{Gn}};$$

Ako su prečnici remenice na pogonskom vratilu stepenasto postavljeni u skladu sa faktorom stupnjeva φ_1 i prečnici na gonjenom vratilu sa φ_2 onda je:

$$\frac{d_{Pn}}{d_{Pn-1}} = \varphi_1; \quad \frac{d_{Gn-1}}{d_{Gn}} = \varphi_2;$$

Ako $\varphi_1 = \varphi_2$ onda je:

$$\varphi_1^2 = \varphi_2^2 = \varphi; \quad \varphi_1 = \varphi_2 = \sqrt{\varphi}$$

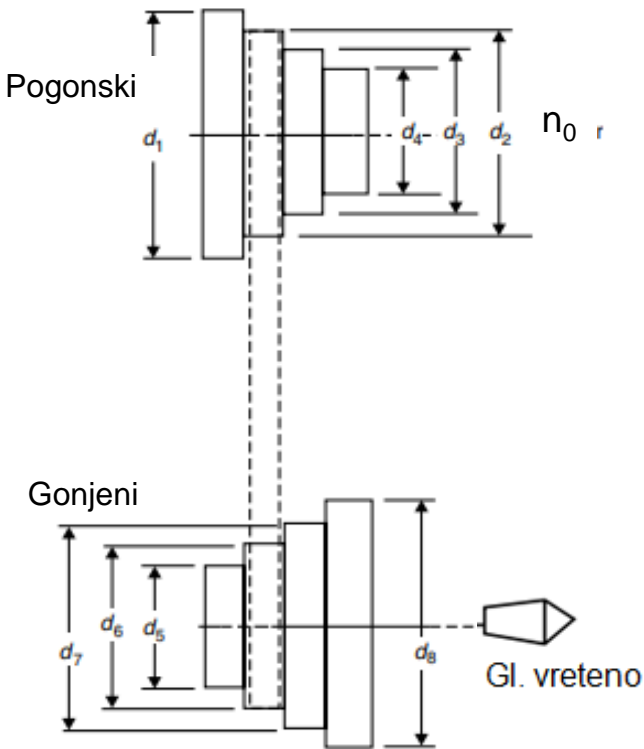
Da bi se dobila geometijska promena broja obrtaja mora biti:

$$\frac{u_n}{u_{n-1}} = \frac{d_{Gn}}{d_{Gn-1}} \cdot \frac{d_{Pn-1}}{d_{Pn}} = \varphi; \quad \varphi_1 \cdot \varphi_2 = \varphi$$

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Stupnjeviti prenosnici

STRUKTURA PRENOSNIKA – Kaišni prenosnici



$$\pi d_4 n_0 = \pi d_8 n_{\min}; \quad n_0 = \frac{d_4}{d_8} n_{\min}; \quad n_0 = \frac{d_1}{d_5} n_{\max}$$

$$\frac{d_4}{d_8} n_{\min} = \frac{d_1}{d_5} n_{\max};$$

ako je $d_4 = d_5 = d_{\min}$, i $d_1 = d_8 = d_{\max}$, odnosno, $\varphi_1 = \varphi_2$

$$\left(\frac{d_{\max}}{d_{\min}} \right)^2 = \frac{n_{\min}}{n_{\max}} = \frac{n_{\min}}{n_{\min} \varphi^{m-1}} = \frac{1}{\varphi^{m-1}};$$

$$\frac{d_{\max}}{d_{\min}} = \sqrt{\frac{1}{\varphi^{m-1}}}$$

Ako je broj stupnjeva $m \geq 6$ mora se upotrebljavati zupčasti prenosnik.

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Kontinualni prenosnici

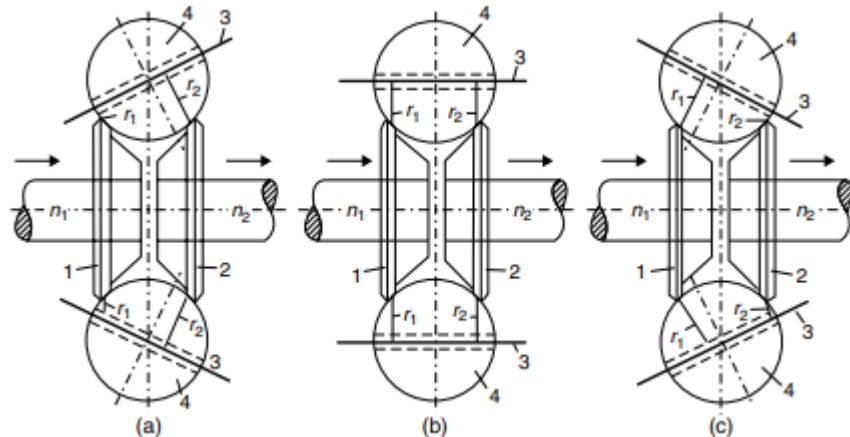
- Prenosnici sa kontinualnom promenom broja obrtaja, obezbeđuju veliki broj izlaznih brojeve obrtaja unutar definisanog opsega.
- Ovi prenosnici se koriste za glavno obrtno kretanje kako bi se obebedila najekonomičnija brzina rezanja za svaki prečnik obrade, čime se smanjuje glavno vreme.
- Obezbeđuju da se proces obrade postigne konstantnom brzinom rezanja, što dovodi do produženog veka alata i ujednačenog kvaliteta obrađene površine.
- Promena broja obrtaja i brzine rezanja bez zaustavljanja mašine dovodi do značajnog smanjenja vremena proizvodnje i povećanja produktivnosti.

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Kontinualni prenosnici

Kopp-ov prenosnik (varijator)

- Na osovine (3) su postavljene pogonske kuglice (4) koje su u kontaktu sa pogonskim konusima (1 i 2) koji imaju identične efektivne poluprečnike ($r_1=r_2$). Pogonski konusi su pričvršćeni na koaksijalno postavljena ulazno i izlano vratilo.
- Kada su osovine pogonskih kuglica paralelne sa osma vratila ulazni i izlazni broj obrtaja je isti (b).
- Kada su osovine nagnute, menjaju se prečnici r_1 i r_2 što dovodi do povećanja (a) ili smanjenja (c) izlaznog broja obrtaja.
- Kopp-ov varijator radi u opsegu broja obrtaja $S_n = 9$
- Efikasnost je veća od 80%
- $P < 9 \text{ kW}$

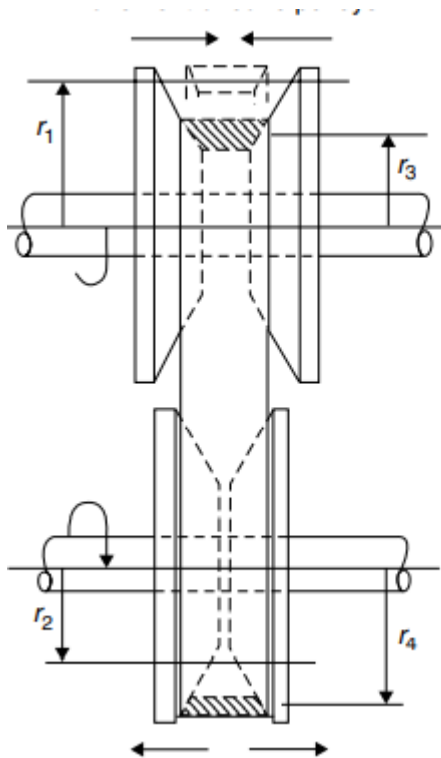


5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Kontinualni prenosnici

Prenosnik sa konusnim kaišnicima (Reeves-ov varijator)

Ovaj prenosnik se sastoji od dvostrukih remenica povezanih V kaišem. Remenice su sastavljena od dva konusna diska. Diskovi klize podjednako i istovremeno duž vratila i obrću se s njim. Diskovi na vratilu se pomeraju jedan ka drugom tako da se prečnik povećava ili smanjuje.

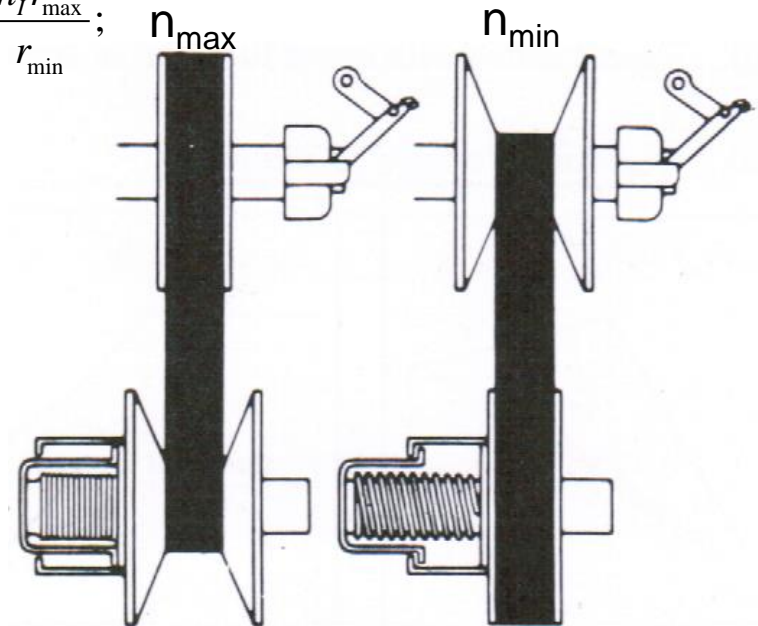


$$k = \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{r_1}{r_2}; n_{II \max} = \frac{n_I r_1}{r_2} = \frac{n_I r_{\max}}{r_{\min}};$$

$$n_{I \min} = \frac{n_I r_3}{r_4} = \frac{n_I r_{\min}}{r_{\max}};$$

$$S_n = \frac{n_{II \max}}{n_{I \min}} = \left(\frac{r_{\max}}{r_{\min}} \right)^2 \leq 6$$

$$P \leq 30 [kW]$$

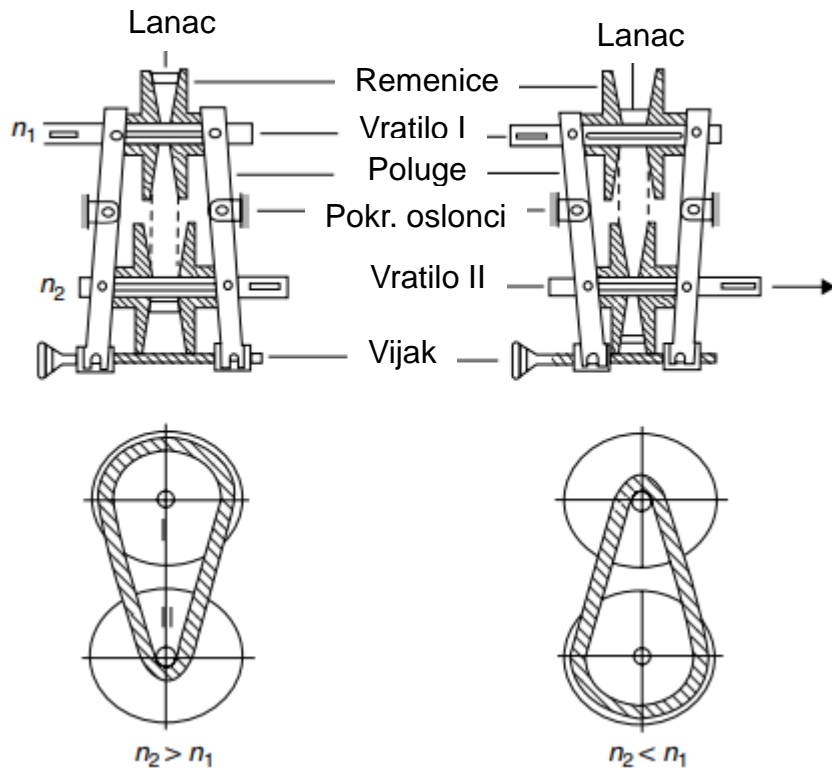


5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Kontinualni prenosnici

Prenosnik tipa "PIV"

Prenosnik se sastoji od dva lančana točka, u vidu konusa konusa koji se pomeraju duž vratila u aksijalnom pravcu. Zubi lančanih točkova su povezani posebnim lancem. Okretanjem vijka, poluge se pomeraju, menjajući na taj način lokaciju remenica lanca, a samim tim i broj obrtaja.



$$n_{II} = \frac{d_1}{d_2} n_I;$$

$$d_{1max} = d_{2max} = d_{max};$$

$$d_{1min} = d_{2min} = d_{min}$$

$$n_{IImin} = \frac{d_{min}}{d_{max}} n_I;$$

$$n_{II max} = \frac{d_{max}}{d_{min}} n_I;$$

$$S_n = \frac{n_{II max}}{n_{II min}} = \left(\frac{d_{max}}{d_{min}} \right)^2 \leq 10$$

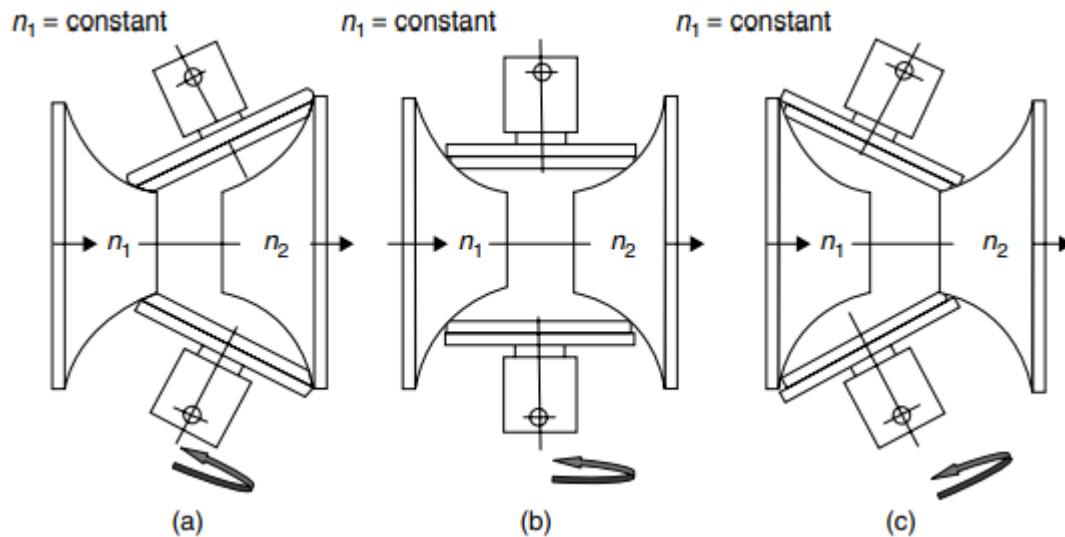
$$P \leq 40 [kW]$$

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Kontinualni prenosnici

Prenosnik tipa SVETOZAREV

Sastoji se od frikcionih diskova koji se obrću sa n_1 i n_2 , pri čemu se promena brojeva obrtaja ostvaruje zaokretanjem frikcionih točkova u levu ili desnu stranu.



a) $n_2 < n_1$; b) $n_2 = n_1$; c) $n_2 > n_1$

$$S_n \approx 8$$
$$P \leq 25 \text{ kW}$$

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - Kontinualni prenosnici

Nedostaci kontinualnih prenosnika:

- imaju relativno mali opseg regulacije brojeva obrtaja, najčešće nedovoljan za mašine alatke;
- prenose relativno male snage;
- ne obezbeđuju strogu zavisnost kretanja;
- složene su konstrukcije, izrada im je kompleksna i skupi su;
- najčešće rade na principu trenja;

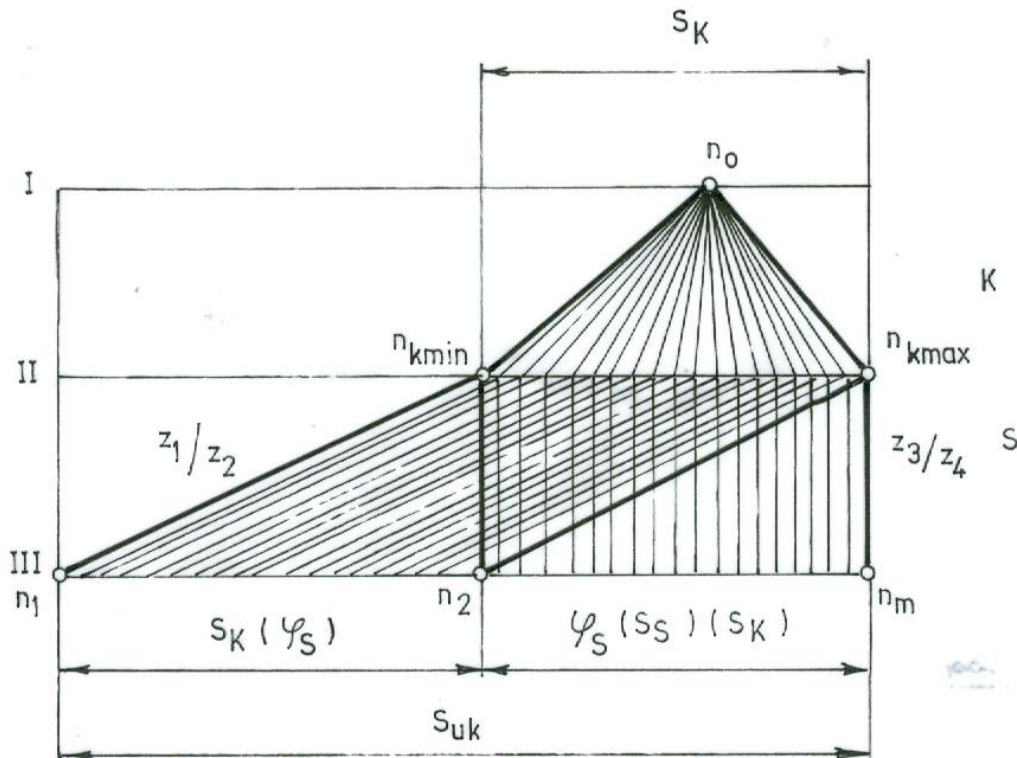
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - **Kombinovani prenosnici**

Kombinovani prenosnik = Kontinualni + Stupnjeviti

U tom slučaju opseg regulacije mašine alatke, tj. ukupnog prenosnika je

$$S_{uk} = S_k * S_s$$



$$S_k = \varphi_s;$$

$m = 2$ (stupnjevitog prenosnika)

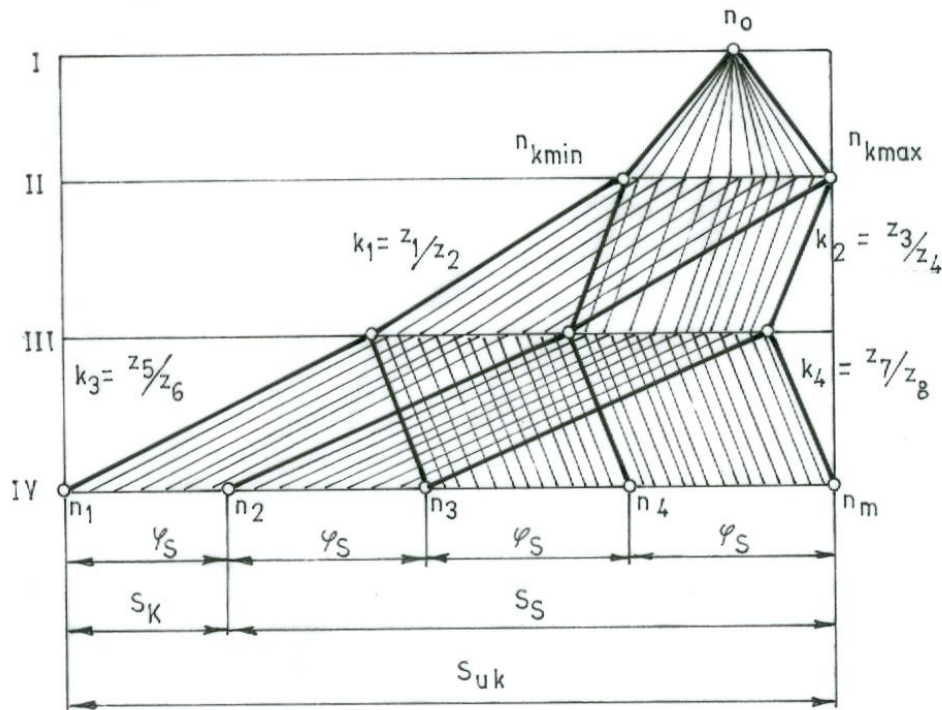
$$S_s = \varphi_s^{(m-1)}; S_s = S_k^{(m-1)}$$

$$S_{uk} = S_k S_s = S_k S_k^{(m-1)} = S_k^m$$

5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno obrtno kretanje - **Kombinovani prenosnici**

Kombinovani prenosnik = Kontinualni + Stupnjeviti



n_1 do n_2 - kontinualni prenosnik;

n_2 do n_m - stupnjeviti prenosnik;

$m_{stup.} = 4$

$S_s = n_m/n_2$

$n_3 = n_2 \varphi_s$; $n_4 = n_3 \varphi_s = n_2 \varphi_s^2$

$n_m = n_2 \varphi_s^3 = n_2 \varphi_s^{(m-1)}$;

$S_s = n_m/n_2 = (n_2 \varphi_s^{(m-1)}) / n_2$; $\varphi_s = S_k$;

$S_s = S_k^{(m-1)}$;

$S_{uk} = S_k S_s = S_k S_k^{(m-1)} = S_k^m = \varphi_s^m$;

$m = (\log S_{uk}) / (\log S_k)$

Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje

- Kako bi se na bazi obrtnih kretanja elektromotora, mogla realizirati potrebna linearna kretanja, potrebno je obezbediti mehaničke sisteme za pretvaranje obrtnog u pravolinijsko kretanje.
- **Prenosnici za glavno pravolinijsko kretanje** pretvaraju obrtno kretanje pogonskog vratila u pravolinijsko kretanje radnog stola ili nosača alata.
- Prvi deo ovih prenosnika gradi se na isti način kao što je to bio slučaj sa prenosnicima za glavno obrtno kretanje.
- Drugi deo ovih prenosnika ima zadatak da obrtno kretanje pretvori u pravolinijsko.
- Ovaj prenosnik mora da obezbedi zaustavljanje kretanja, promenu smera, povratno kretanje, zaustavljanje, ponovnu promenu smera.

Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje

- Osnovni zahtevi koji se postavljaju pred ove prenosnike su:
 - ✓ odgovarajuća tačnost pomeranja (pozicioniranja);
 - ✓ dovoljna krutost;
 - ✓ odsustvo zazora u elementima prenosa;
 - ✓ što ravnomerniju brzinu u radnom hodu (brzinu rezanja) i što veću brzinu u povratnom hodu

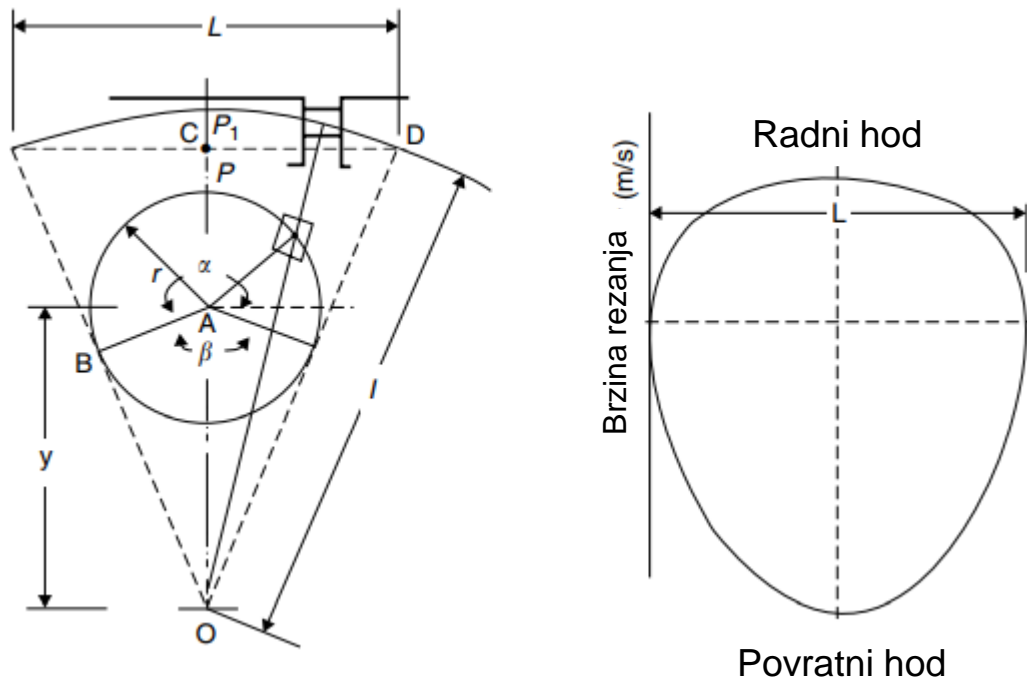
- U zavisnosti od veličine hoda, razlikuju se:
 - ❖ **prenosnike za kratke hodove;**
 - ❖ **prenosnike za duge hodove;**

Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje – Prenosnici za kratke hodove

➤ Kulisni mehanizam

Kod ovog mehanizma, krivaja se ravnomerno obrće oko poluge (A) i preko klizača (B) pokreće klatno koje osciluje oko tačke (O). Shodno tome, dužina hoda se kontroliše pozicijom poluge i klizača A i B.

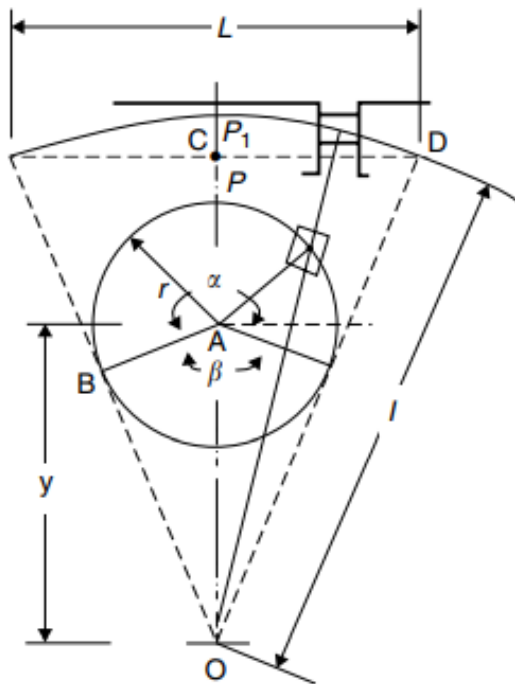
Radni hod se odvija za vreme obrtanja krivaje za ugao α , a povratni za za ugla obrtanja β (obično je odnos 2:1).



5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje – Prenosnici za kratke hodove

➤ Kulisni mehanizam



Brzina tački P za datu dužinu hoda L biće ona na koja odgovara poluprečniku krivaje (r). Brzina rezanja v_r u tački P1 je:

$$v_r = 2\pi r n \frac{l}{y+r}; [m/min]$$

Maksimalna povratna brzina je:

$$v_p = 2\pi r n \frac{l}{y-r}; [m/min]$$

U skladu sa dužinom hoda (l) za maksimalni radijus iz sličnosti trouglova OBA i OCD je:

$$\frac{OD}{OA} = \frac{DC}{AB}; \frac{l}{y} = \frac{L}{2r};$$

$$v_r = \pi n \frac{lL}{l+L/2};$$

$$v_p = \pi n \frac{lL}{l-L/2};$$

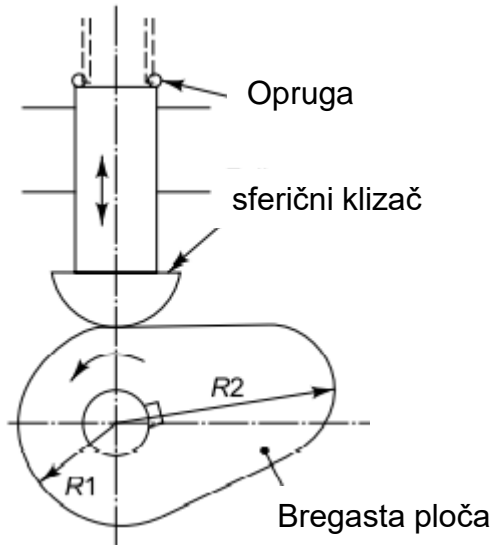
$$S = \frac{v_r}{v_p} = \frac{2l+L}{2l-L}$$

- Odnos brzina

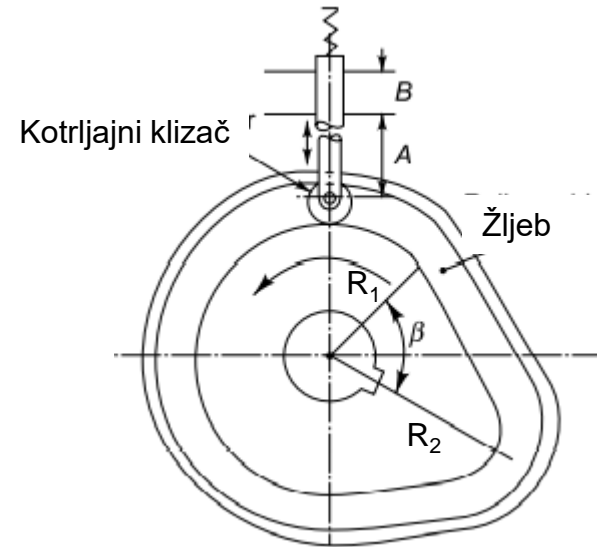
5.2 Mehanički prenosnici za glavno kretanje

Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje – *Prenosnici za kratke hodove*

Bregasta ploča kao pogon klizača



Čeoni žljeb kao pogon klizača



Srednja brzina se može dobiti na bregastoj ploči ili žljebu kao:

$$v = \frac{R_2 - R_1}{\beta} \cdot 360 \cdot n; [m/\min]$$

Promena brzine zavisi od oblika brega, odnosno žljeba.

Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje – Prenosnici za duge hodove

- Kod dugohodnih mašina alatki primena prethodno razmatranih mehanizama zahtevala bi konstrukciju nedopustivo velikih dimenzija.
- U praksi se koristi nekoliko karakterističnih rešenja kod prenosnika za duge hodove:
 - ✓ **zupčanik – zupčasta letva,**
 - ✓ **puž – pužna zupčasta letva,**
 - ✓ **puž – pužna letva,**
 - ✓ **zavojno vreteno – navrtka,**

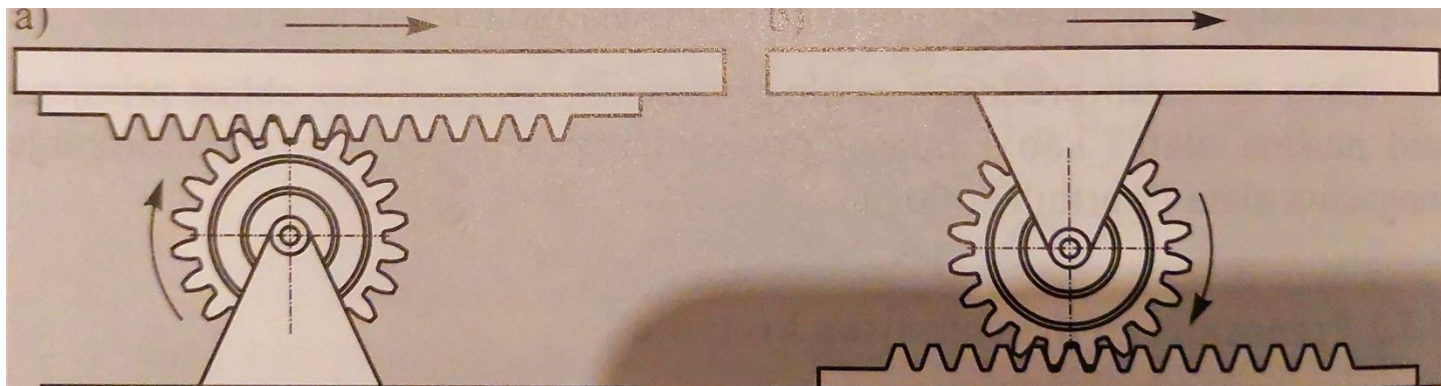
Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje – Prenosnici za duge hodove

Zupčanik – Zupčasta Letva

Zupčasta letva može biti pričvršćena na pokretni izvršni organ ili na nepokretni deo mašine.

Zupčasta letva pričvršćena za pokretni element – obrtanje fiksnog zupčanika izaziva pravolinijsko kretanje zupčaste letve zajedno sa pokretnim elementom mašine.

Zupčasta letva pričvršćena na nepokretni deo mašine – obrtanje vratila zupčanika uležštenog u pokretnom elementu, dovodi do kotrljanja zupčanika po zupčastoj letvi – pravolinijsko kretanje zupčanika po zupčastoj letvi



Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje – Prenosnici za duge hodove

Zupčanik – Zupčasta Letva

Kod ovih prenosnika pretvaranje kretanja se odvija uz mali broj obrtaja i visoki obrtni moment zupčanika.

Brzina kretanja zavisi od srednjeg prečnika i broja obrtaja zupčanika:

$$v = D_p \pi n_z$$

Ukupna krutost ovog prenosnika se sastoji od savojne i kontaktne krutosti, pri čemu, se dozvoljena sila određuje kao:

$$F = \frac{1.4 f_c^2 D_p b \sin 2\alpha}{E}$$

D_p - podeoni prečnik zupčanika;

E – modul elastičnosti;

b – širina zupčanika;

f_c - dozvoljeni kontaktni napon

500 do 400 MPa za liveno gvoždje

450 do 500 MPa za čelik S.45

1000 do 1100 MPa zatvrde legure (4Cr1, 40N, MO28)



Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje – Prenosnici za duge hodove

Zupčanik – Zupčasta Letva

Ovi prenosnici se koriste kada ne postoji veliki zahtevi u pogledu visoke tačnosti i ponovljivosti pozicioniranja.

Prenosnici izvedeni na principu zupčastog para imaju **prednosti** kao što su:

- ✓ mogućnost ostvarivanja velikog prenosnog odnosa,
- ✓ jednostavna i kompaktna konstrukcija;
- ✓ dug vek eksploatacije,
- ✓ visok stepen iskorišćenja,

Nedostaci:

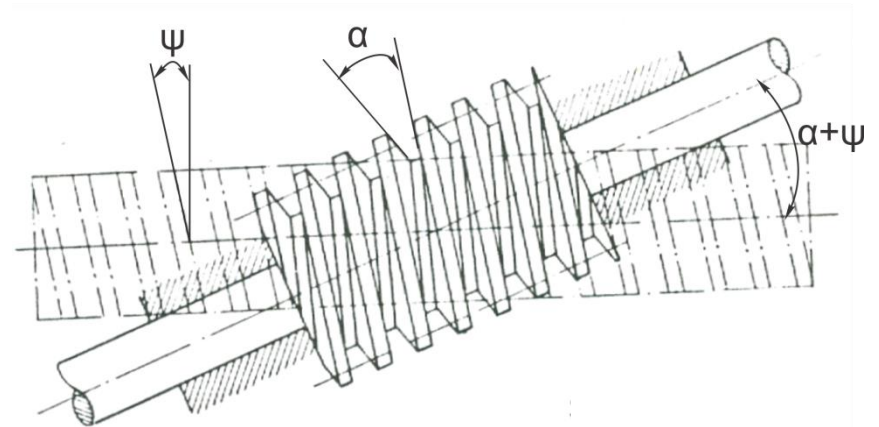
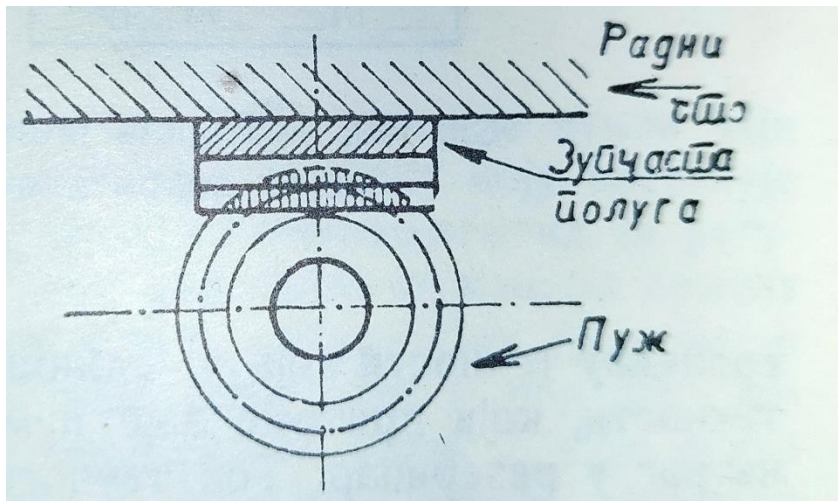
- buka i vibracije,
- nemaju samokočivost,
- pojava zazora, itd.. (poništava se korištenjem dva zupčanika s kosim ozubljenjem koja su napregnuta oprugama.)

Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje – Prenosnici za duge hodove

Puž – Zupčasta letva

Prenos zupčanicima se koristi za leke i srednje teške mašine, dok se za teške upotrebljavaju pužni prenosnici.

Zupčasta letva je pričvršćena za donju stranu radnog stola i dobija pogon od pužnog točka. Zubi zupčaste letve su nagnuti za ugao trenja Ψ , a osa puža je nagnuta za ugao $\alpha + \Psi$, prema pravcu kretanja stola, kako bi zubi puža bili u pravcu zuba zupčaste letve.

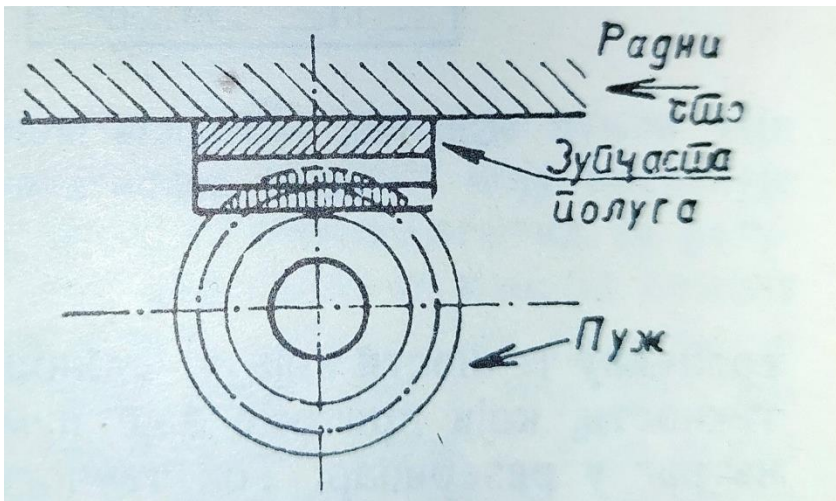


Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje – Prenosnici za duge hodove

Puž – Zupčasta letva

Brzina stola, odnosno, brzina rezanja je $v = nh\cos(\alpha+\Psi)$, gde je n broj obrtaja puža, a h korak puža.

Nedostak ovog prenosnika se ogleda u tome da je kontaktna površina između puža i zupčaste letve mala i elementi prenosa su postavljeni pod uglom.



Prenosnik za glavno pravolinijsko kretanje – Prenosnici za duge hodove

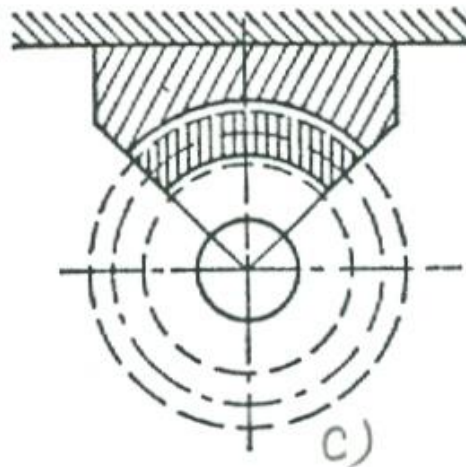
Puž – Pužna Letva

Kako bi se izbegli nedostaci prenosnika puž – zupčasta letva, zupčasta letva se zamenjuje pužnom letvom.

Osa puža se poklapa sa pravcem kretanja radnog stola.

Pužna zupčasta letva je pužni točak beskonačno velikog prečnika.

Dodirna površina između zba puža i pužne upčaste letve je veća, pošto letva jednim delom obuhvata puž.



Prenosnik za pomoćno obrtno kretanje

U zavisnosti od načina ostvarenja različitih brojeva obrtaja na izlaznom vratilu ovi prenosnici mogu biti (*slično prenosnicima za glavno obrtno kretanje*):

➤ **sa stupnjevitom promenom brojeva obrtaja**

- ✓ prema aritmetičkoj progresiji (promeni)
- ✓ prema geometrijskoj progresiji (promeni)
- ✓ prema dvostrukoj geometrijskoj progresiji (promeni)
- ✓ prema logaritamskoj progresiji (promeni)
- ✓ prema konkretnom zahtevu

➤ **sa kontinualnom promenom brojeva obrtaja**

➤ **sa kombinovanom – kontinualno stupnjevitom promenom brojeva obrtaja**

Prenosnik za pomoćno obrtno kretanje

Primeri primene:

- Brusilice za spoljašnje i unutrašnje okruglo brušenje (obrtnje obradka (radnog predmeta));
- Pfauter glodalice (obrtnje obradka - zupčanika ili pužnog točka);
- Fellows rendisaljke (obrtnje obradka - zupčanika);
- Maag rendisaljke (obrtnje obradka - zupčanika);
- Univerzalne glodalice sa podeonim aparatom (obrtnje obradka sa zavojnim žljebom ili Arhimedovom spiralom);

Prenosnik za pomoćno obrtno kretanje

- Po principu gradnje oni su vrlo slični prenosnicima za glavno kretanje, a obzirom da su po pravilu manje opterećeni, razlikuju se po dimenzijama elemenata: manji prečnici vratila (ukoliko ova nisu opterećena većim momentima savijanja), manji moduli zupčanika (pa samim tim i prečnici), manje širine zupčanika, itd.
- Ovi prenosnici mogu biti **nezavisni** ili **zavisni**.
- Nezavisni prenosnici imaju sopstveni pogon - najčešće elektromotor.
- Zavisni prenosnici su u kinematskoj vezi sa prenosnikom za glavno kretanje koji im obezbeđuje pogon.

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

U zavisnosti od metode obrade, pomoćno pravolinijsko kretanje se javlja kao periodično i ustaljeno, pa se tako i dele ovi prenosnici:

- ✓ sa stalnim (ustaljenim) kretanjem,
- ✓ sa periodičnim kretanjem.

Primeri primene:

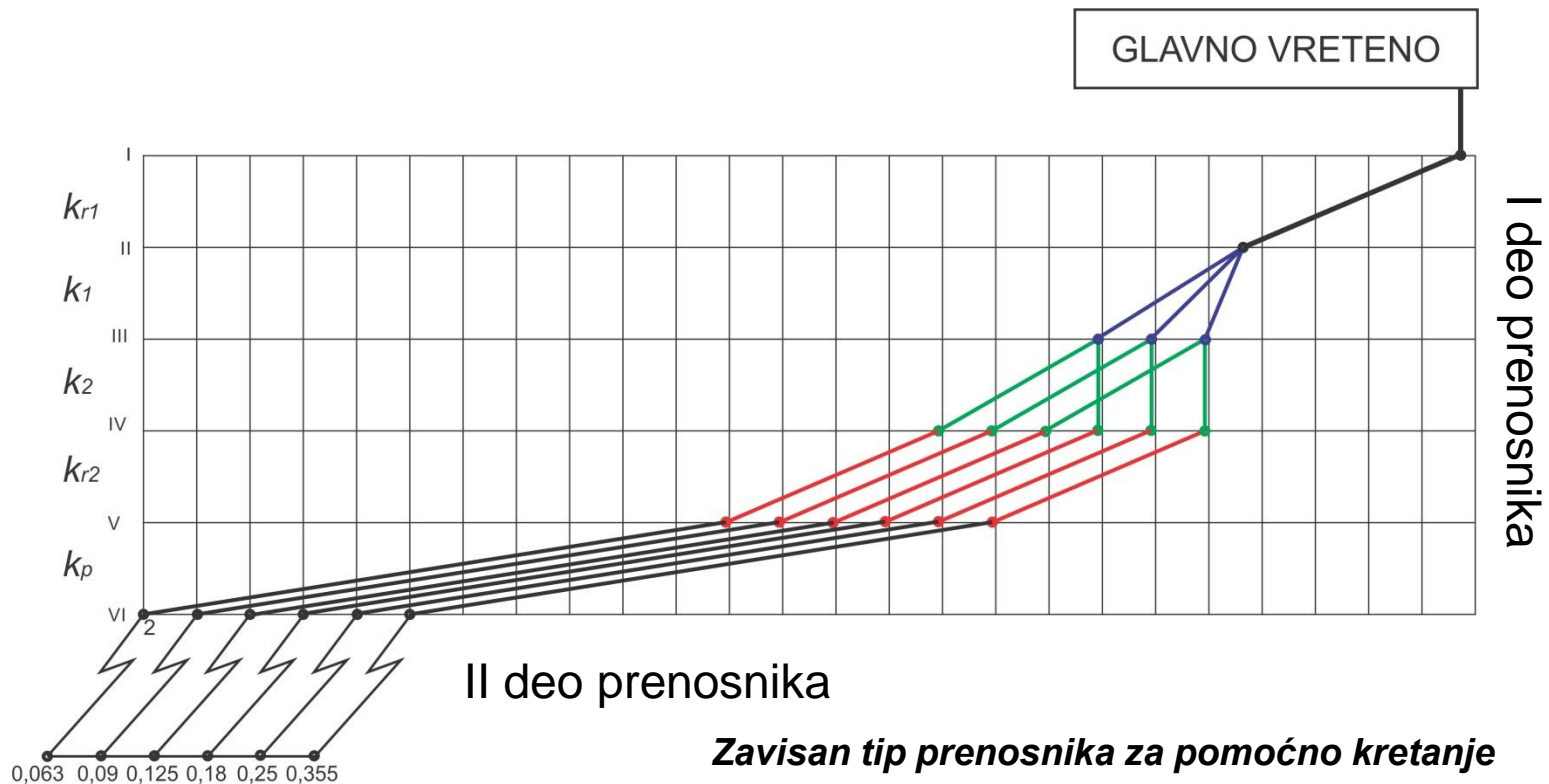
- **Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem:**
 - ✓ strugovi;
 - ✓ glodalice;
 - ✓ bušilice;
- **Mašine sa periodičnim pravolinijskim kretanjem:**
 - ✓ rendisaljke;

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem

Ovi prenosnici obezbeđuju neprekidno kretanje obradka ili alata u određenom vremenskom periodu.

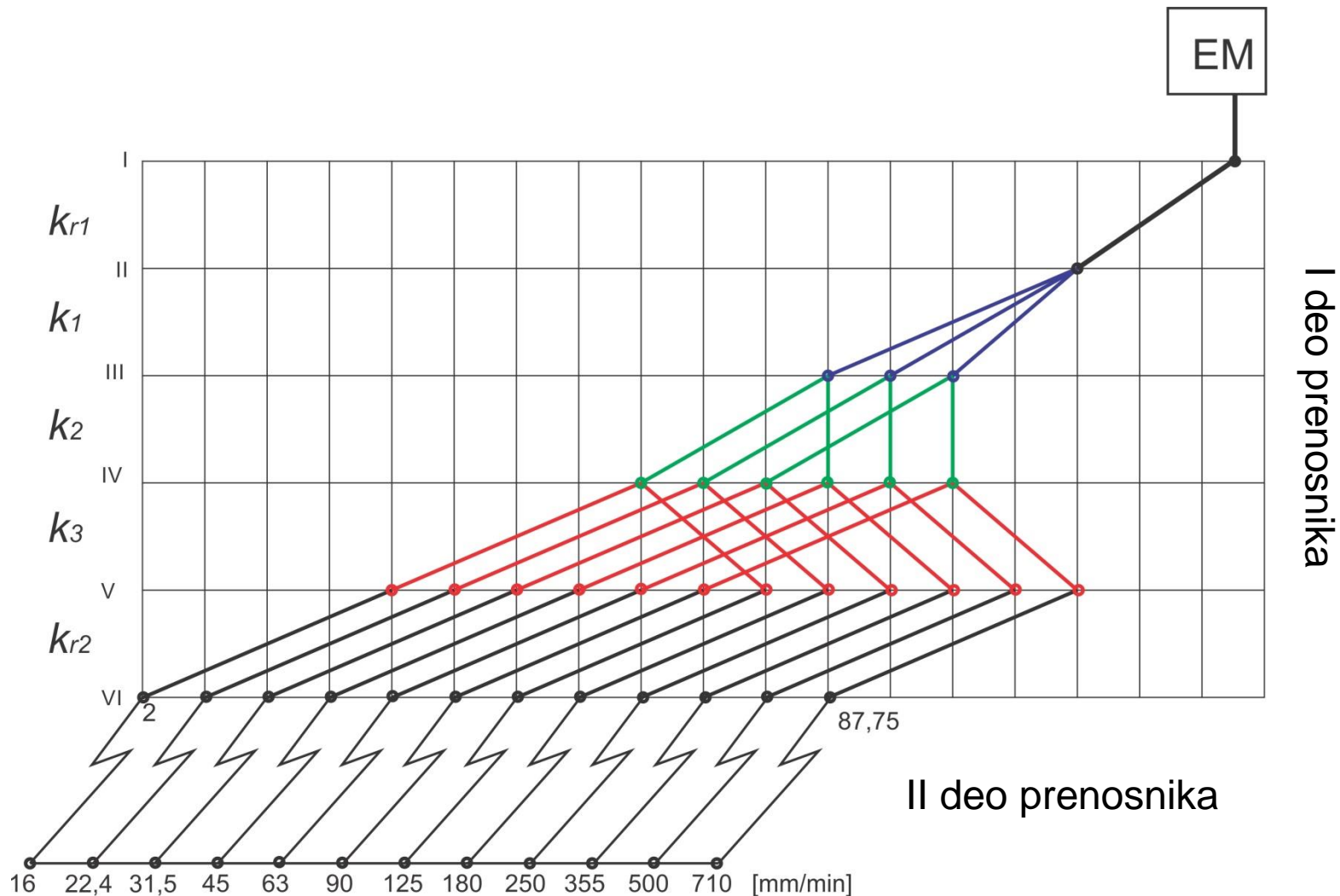
U odnosu na prenosnik za glavno kretanje oni mogu biti zavisni ili nezavisni.



5.3 Mehanički prenosnici za pomoćno kretanje

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem



Nezavisan tip prenosnika za pomoćno kretanje

5.3 Mehanički prenosnici za pomoćno kretanje

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem

Zakovitost promene pomaka kod ovih prenosnika je najčešće geometrijska.

U tom slučaju **su veličine pomoćnog kretanja standardizovane.**

Standardne vrednosti pomaka u skladu sa ISO/R229 i DIN 803

Nominalne vrednosti

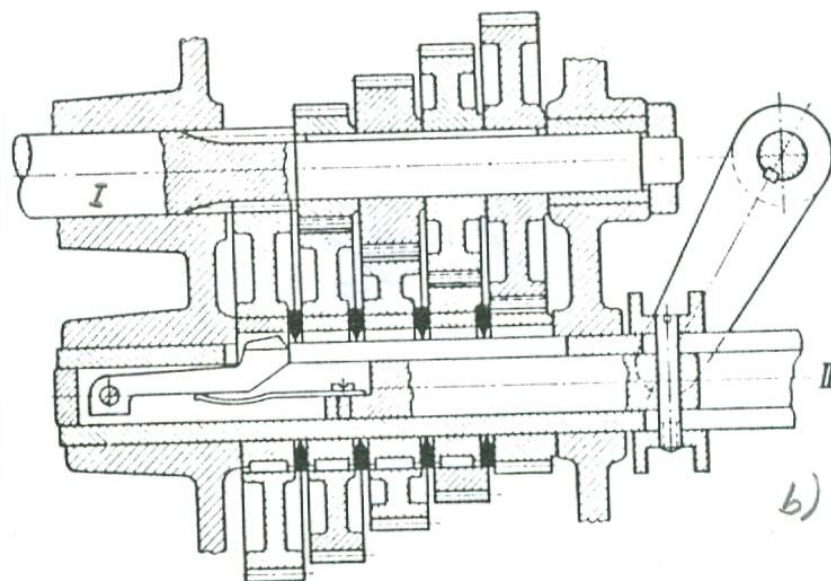
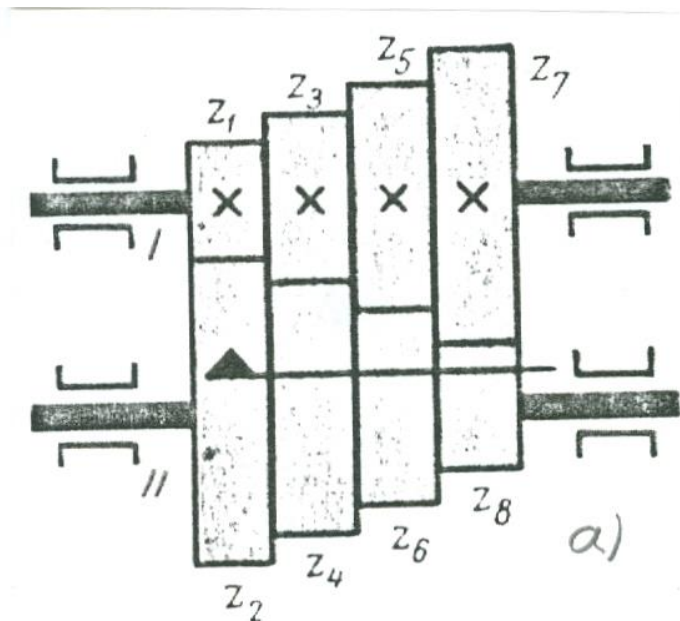
R20	R20/2	R20/3 ...1...	R20/4	R20/6 ...1...
$\varphi = 1.12$	$\varphi = 1.25$	$\varphi = 1.4$	$\varphi = 1.6$	$\varphi = 2.0$
1.00	1.0	1.0	1.0	1.0
1.12			11.2	
1.25	1.25	0.125		0.125
1.40		1.4		
1.60	1.6		16	16
1.80		0.18		
2.00	2.0	2.0		2.0
2.24			20	
2.50	2.5	0.25	2.5	0.25
2.80		2.8		
3.15	3.15		31.5	31.5
3.55		0.355		
4.00	4.0	4.0	4	4.0
4.50			45	
5.00	5.0	0.5		0.5
5.60		5.6		
6.30	6.3		63	63
7.10		0.71		
8.00	8.0	8.0		8.0
9.00			90	
10.00	10.0	1000	10	

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem

U strukturi prvog dela prenosnika za pomoćno pravolinijsko kretanje nalaze se **klasični elementarni prenosnici**.

Osim razmatranih tipova, primenjuju se ovde i neki drugi **vrste prenosnika za neke mašine alatke**.

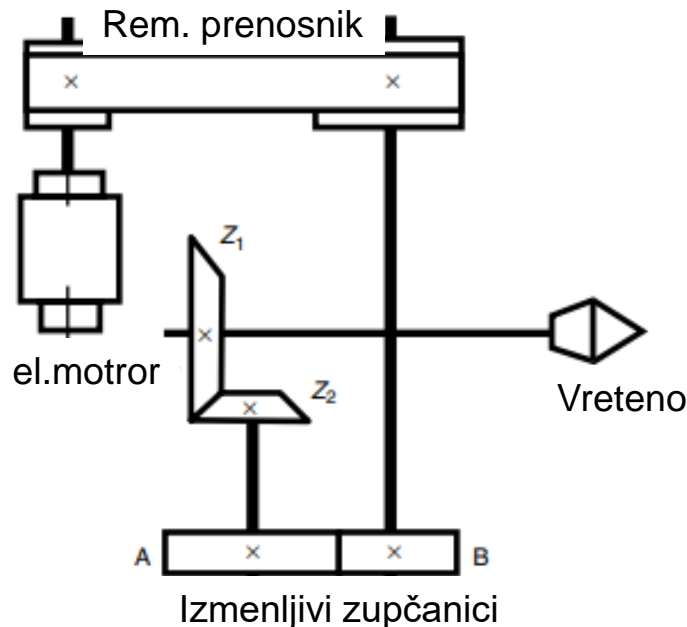


Prenosnik sa pomerljivim klinom kod bušilice

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem

Koristi se u mašinama alatkama za serijsku proizvodnju, kao što su automatske, poluautomatske i specijalne mašine alatke. Ovi prenosnici su jednostavne konstrukcije i slični su onima koji se koriste za glavna kretanja.

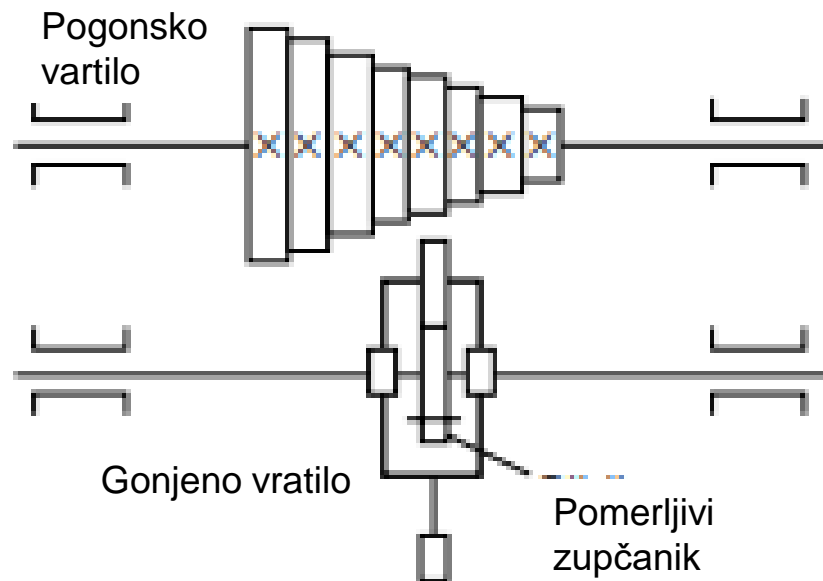


Prenosnik sa izmenljivim zupčanicima kod struga

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem

Zbog zahteva za izradu zavojnica većeg broja koraka, kod **strugova** se primenjuju elementarni prenosnici sa većim brojem stupnjeva - **NORTON-ov prenosnik**. Ovaj prenosnik je sa aritmetičkom promenom stupnjeva pomaka.



Nortovo-ov prenosnika kod struga

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

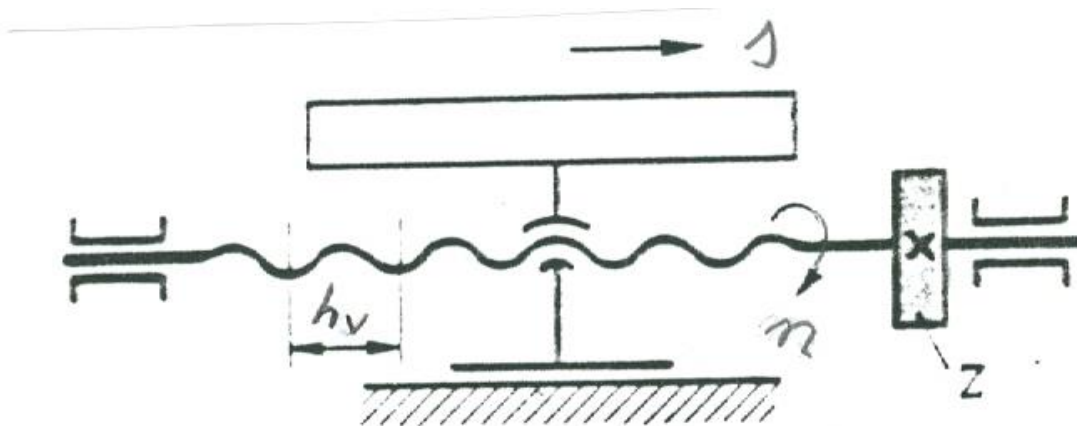
Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem

- Kada postoje zahtevi za povišenom tačnošću i ponovljivosti pozicioniranja, velikim brzinama, smanjenim trenjem i habanjem, kao pretvarači obrtnog u pravolinijsko kretanje se koriste zavojno vreteno – navrtka.
- Obzirom na trenje koje se javlja pri kontaktu vretena i navrtke razlikuju se dva tipa prenosnika po ovom principu:
 - prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja klizanja,
 - prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja.
- Postoji nekoliko načina ugradnje zavojnih parova, pri čemu način ugradnje zavisi od: **kinematske strukture mašina alatki, položaja osa, potrebnog hoda, intenziteta sila rezanja, itd.**

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem Zavojno vreteno navrtka – Mogući načini ugradnje zavojnih parova

- Navrtka se posebnim veznim elementom vezuje za pokretni izvršni element mašine alatke, dok je zavojno vreteno uležišteno u nepokretnom elementu.
- Pogonski i/ili prenosni elementi daju odgovarajući broj obrtaja koji se dovodi na zavojno vreteno. Zavojno vreteno može biti povezano sa elektromotorom direktno ili preko zupčastih ili remenih prenosnika.



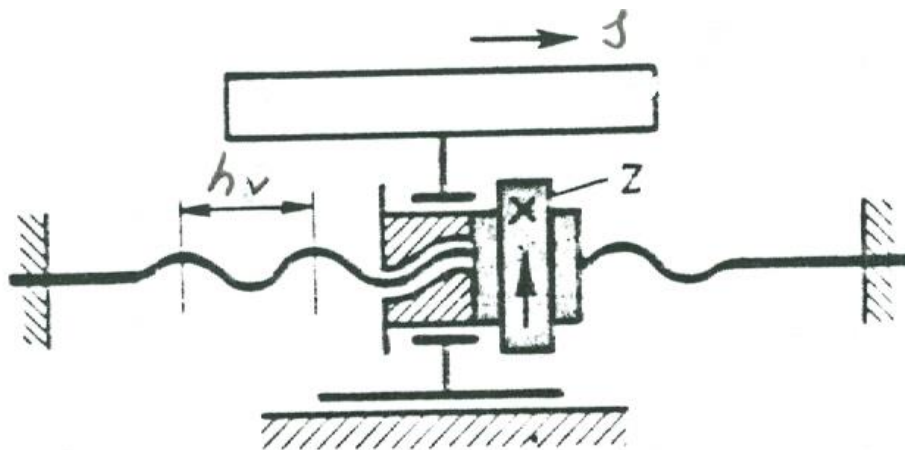
Pokretna navrtka, nepokretno zavojno vreteno

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem

Zavojno vreteno navrtka – *Mogući načini ugradnje zavojnih parova*

- Kod veoma dugačkih zavojnih vretena, zavojno vreteno je nepokretno i vezano za nepokretni deo mašine alatke, dok je navrtka uležištena na pokretnom elementu.
- Obrtanjem navrtke dolazi do njenog pomeranja duž zavojnog vretena, što dovodi i do kretanja izvršnih organa mašine alatke.



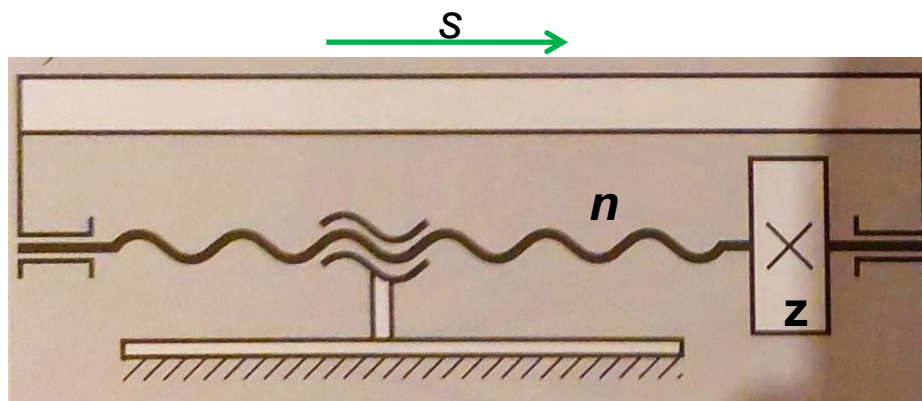
Pokretna navrtka, nepokretno zavojno vreteno

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem

Zavojno vreteno navrtka – *Mogući načini ugradnje zavojnih parova*

- Navrtka je vezana u nepokretnom elementu i nema mogućnost ni obrtnog ni pravolinijskog kretanja.
- Zavojno vreteno je uležišteno u pokretnom delu ima mogućnost aksijalnog pomeranja, što dovodi do pomeranja izvršnog organa mašine.

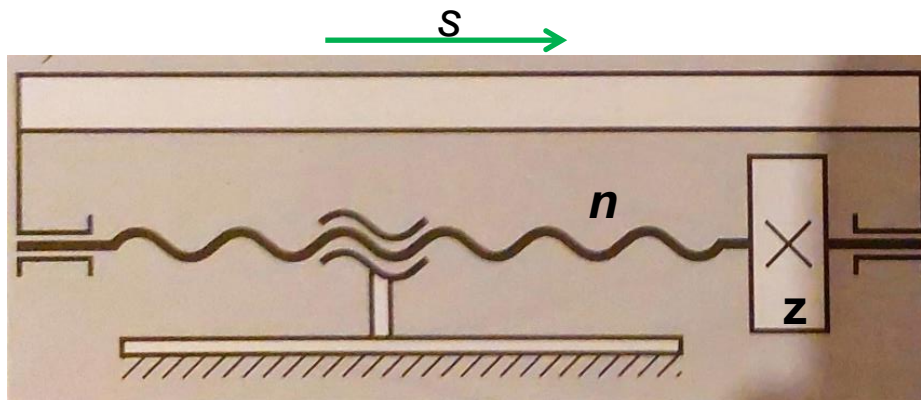


Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Mašine sa ustaljenim pomoćnim pravolinijskim kretanjem

Zavojno vreteno navrtka – *Mogući načini ugradnje zavojnih parova*

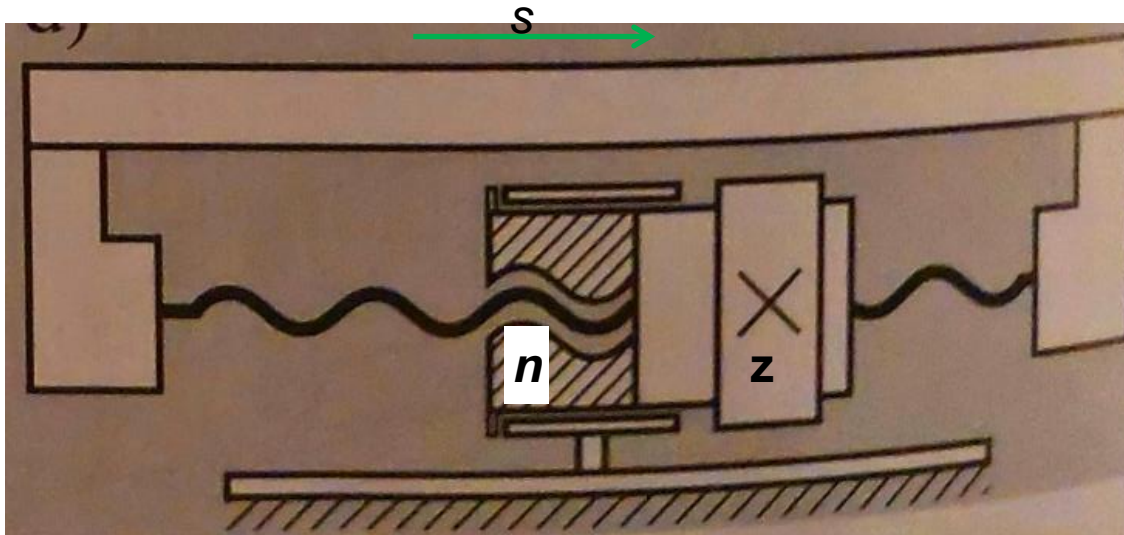
- Navrtka je vezana u nepokretnom elementu i nema mogućnost ni obrtnog ni pravolinijskog kretanja.
- Zavojno vreteno je uležišteno u pokretnom delu ima mogućnost aksijalnog pomeranja, što dovodi do pomeranja izvršnog organa mašine.



Prenosnik za pomočno pravolinijsko kretanje

Zavojno vreteno navrtka – *Mogući načini ugradnje zavojnih parova*

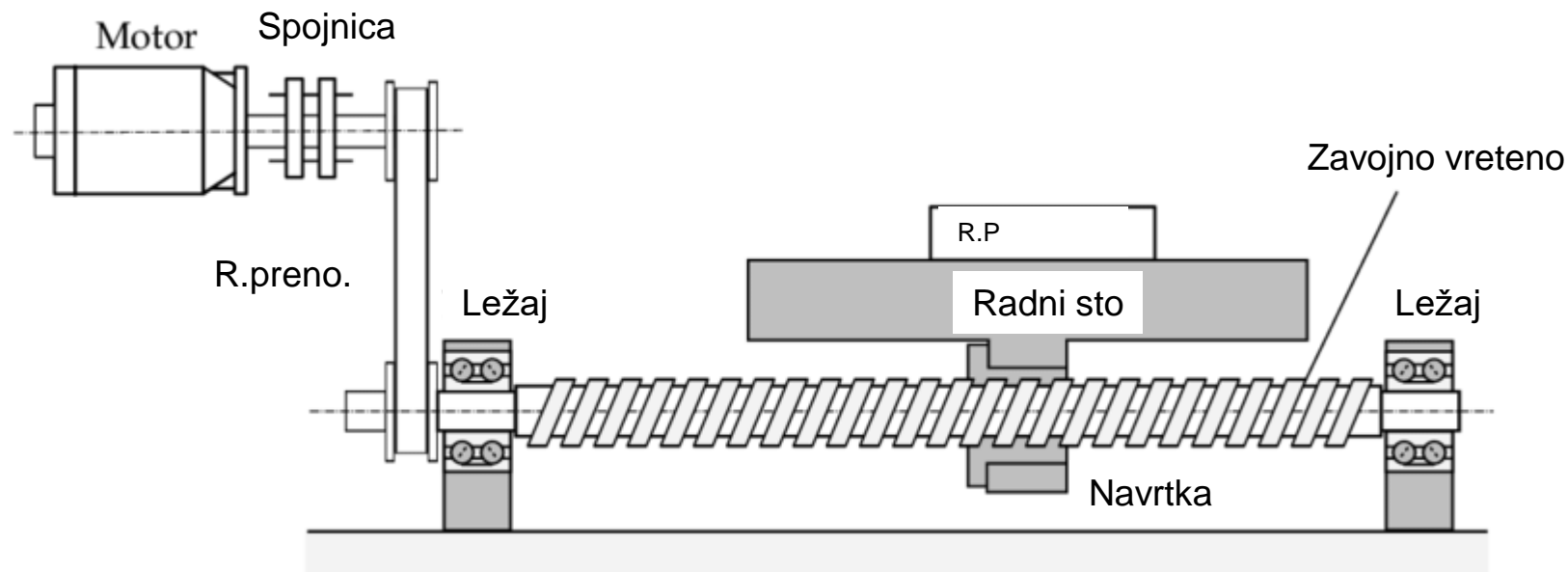
- Navrtka je vezana za nepokretni deo mašine i na nju se sa elektromotora dovodi obrtno kretanje.
- Zavojno vreteno se aksijalno pomera čime obezbeđuje pravolinijsko kretanje izvršnog oorgana mašine alatke.



Prenosnik za pomočno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja klizanja

- Kod prenosnika na bazi trenja klizanja koristi se zavojno vreteno i navrtka sa standardnim pravougaonim ili trapeznim profilom.
- Ove prenosnike karakteriše kompaktnost konstrukcije, jednostavna izrada i velika nosivost.
- Posедуje samokočivost pa se koristi kod vertikalno vođenih elemenata mašina alati.



Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja klizanja

- Kod ovih prenosnika se mora posvetiti pažnja izboru materijala elemenata zavojnog spoja usle velikog trenja dodirnih površina.
- Za zavojno vreteno se koriste ugljenični ili legirani čelici, dok se navrtka izrađuje od olovne bronzne ili antifrikcionog sivog liva.
- Veza između pravolinijskog i obrtnog kretanja je u ovom slučaju:

$$s_i = h_v \cdot n_i$$

- Dozvoljena aksijalna sila pritiska je:

$$F_a = p \cdot \pi \cdot h_v \cdot l_v \cdot n;$$

h_v – korak zavojnog vretena;

$$n = \frac{\text{Širina navrtke}}{h_v};$$

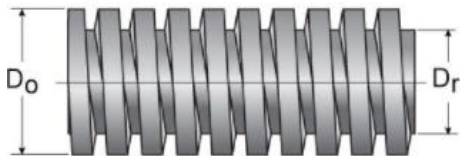
$$l_v = D_0 - D_r$$

p - dozvoljeni pritisak u ležaju [MPa]:

= 80 za čelična vretena i navrtke od livenog gvožđa

= 30 za čelična vretena i navrtke od bronzne (za precizna pomoćna kretanja)

= 120 za čelična vretena i navrtke od bronzne (za glodalice)



Prenosnik za pomočno pravolinijsko kretanje

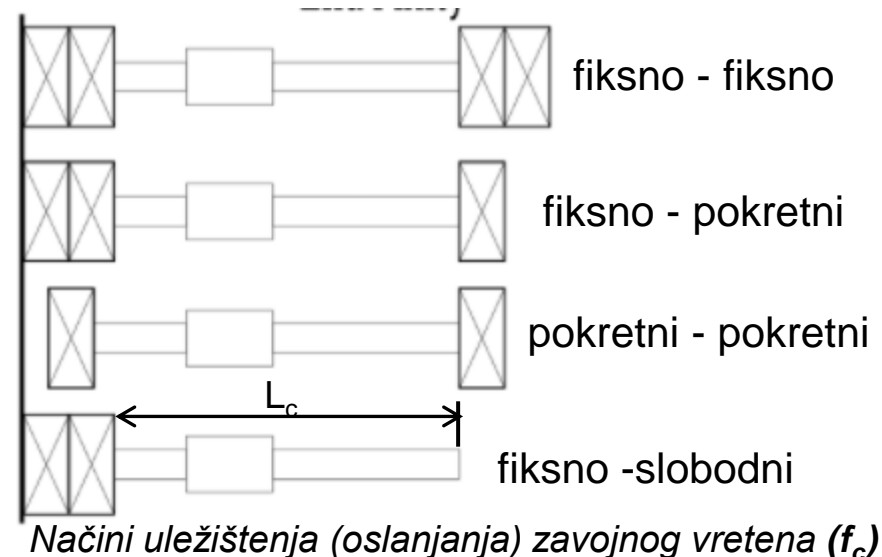
Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja klizanja

- Pri izboru ovih prenosnika mora se voditi računa o :
- ✓ **Kritičnoj brzini** – maksimalni broj obrtaja u minuti, što se zasniva na sopstvenoj frekvenciji zavojnog vretena. Kritični broj obrtaja je u funkciji prečnika, dužine i načina oslanjanja zavojnog vretena.
 - ✓ Dužina zavojnog vretena je određena zahtevima primene,
 - ✓ Kritični broj obrtaja za datu dužinu zavojnog vretena može se povećati izborom većeg prečnika ili korišćenjem oslonaca veće krutosti.

$$n_c = f_c \left(\frac{d_v}{L_c} \right) \cdot 10^7; [o/min]$$

Radni broj obrtaja bi trebalo biti:

$$\underline{n \leq 0,8 \cdot n_c}$$



Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja klizanja

Prednosti:

- Zavojna vretena su jeftinija i lakša za proizvodnju. Isplativija su od kugličnih zavojnih vretena pri malim brzinama i kod lakih i srednje teških mašina i alatki;
- Efikasniji su kod vertikalnih kretanja;
- Pojedina zavojna vretena imaju osobinu samokočivosti. Ovo je obično prisutno kod navrtki od bronce koje imaju visok koeficijent trenja.
- Manja buka;
- Obloženi su samopodmazujućim premazom – ne zahtevaju primenu spoljašnjeg podmazivanja.

Prenosnik za pomočno pravolinijsko kretanje

Prenosniki sa zavojnim parom na bazi trenja klizanja

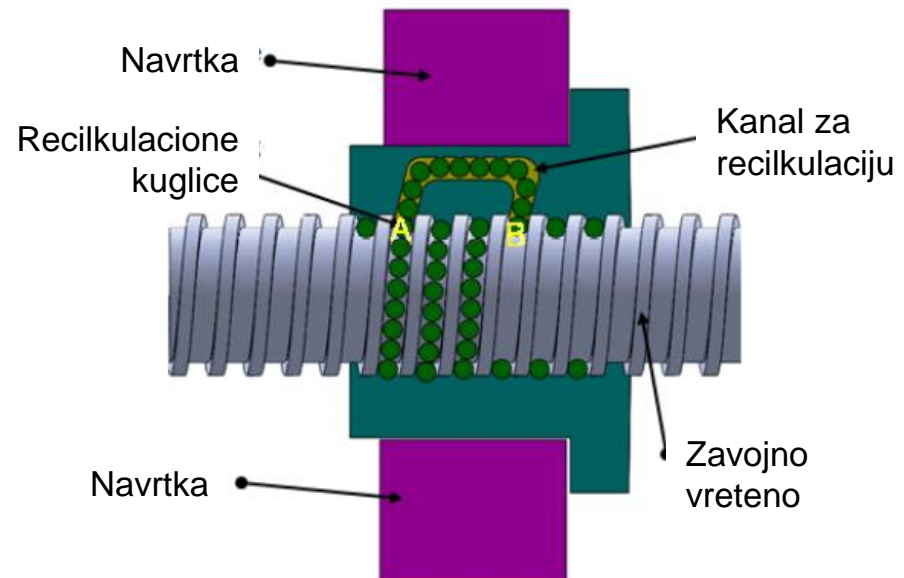
Nedostaci:

- Imaju niži stepen efikasnosti od 20 do 80%. Ne preporučuju se za kontinualne prenosnike.
- Imaju manji vek trajanja od kugličnih zavojnih vretena. Habanje navoja je brže jer se stvara velika količina trenja između vretena i navrtke
- Toplota nastala trenjem izaziva toplotna širenja, što negativno utiče na tačnost.
- Zahtevaju pogosnke elektromotore veće snage jer im je potreban veći obrtni momenta.

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja

- Kod ovih prenosnika između navrtke i zavojnog vretena se nalaze kotrljajna tela.
- Postoji mogućnost regulisanja prednaprezanja.
- Zavojna vretena sa kugličnim kotrljajnim telima se sastoje od
 - ✓ zavojnog vretena,
 - ✓ navrtke sa sistemom za recikulaciju kuglica i
 - ✓ kuglica kao recirkulacionih tela



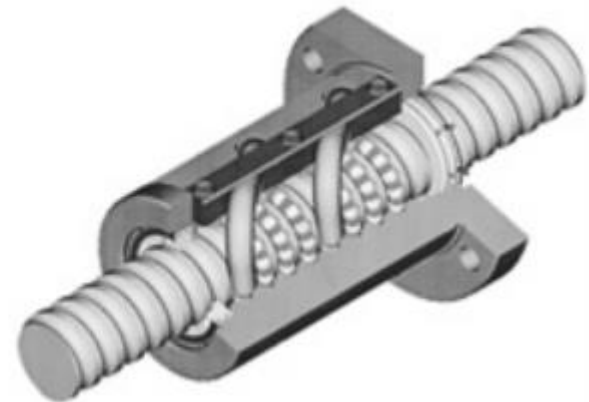
Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja

- Postoje dva načina recikulacije kuglica: **spoljašnja i unutrašnja recikulacija**.
- Spoljašnja recirkulacija kuglica se postiže pomoću recirkulacijske cevi ili kanala. Prilagođen dizajn cevi omogućava kuglicama da izađu iz navrtke i da u uđu tangencijalno, omogućavajući ravnomerniji i glatki protok kao i viši brzine.



Reciklacioni kanal



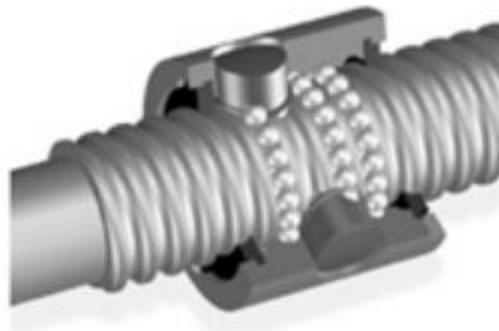
Reciklacioni cev

Spoljašnja recikulacija

Prenosnik za pomočno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja

- Kod unutrašnjeg sistema reciklacije, reciklacija kuglica se vrši u kanalima smeštenim unutar navrtke.



Reciklaciona jedinica (S-oblik ili ravna reciklacija)

Unutrašnja reciklacija

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja

- Prenosnici sa kugličnim zavojnim vretenima dužine približno do 12 m mogu se koristiti u mašinama sa dugim hodom.
- U zavisnosti od primene, prečnik zavojnog vretena je u opsegu od 16 do 160 mm, dok je korak između 5 i 40 mm.
- Sadašnji prenosnici sa kugličnim zavojnim vretenom podržavaju brzinu kretanja do 100 m/min sa ubrzanjem od 2 g.
- Optimizacija konstrukcije zavojnog kuličnog vretena, premazivanje kuglica radi smanjenja trenja i habanja, ugib i prednaprezanja navrtke, dovele su do značajnog povećanja brzine i preciznosti prenosnika sa kugličnim zavojnim vretenom.

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja - *Prednaprezanje*

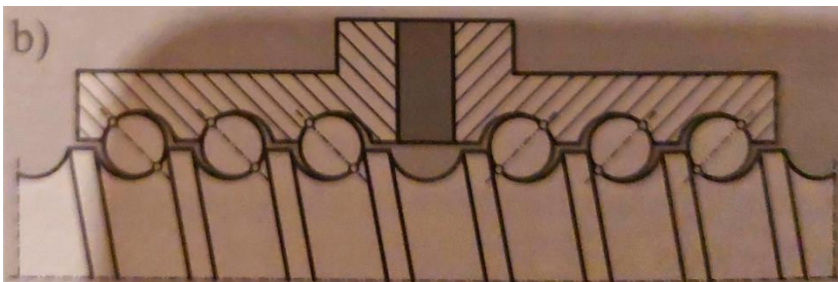
- Kod kugličnih zavojnih vretena, kako bi se smanjila greška pozicioniranja i povećala tačnost pri promeni smera kretanja je potrebno eliminisati zazor što se izvodi prednaprezanjem.
- Prednaprezanje stvara početne elastične deformacije u kuglicama i stazama kotrljanj u navrtci i vretenu obezbeđujući aksijalno opterećenja.
- Pravilno definisana veličina prednaprezanja treba da obezbedi postizanje optimalne efikasnosti i povećanje veka zavojnog vretena.
- Prednaprezanje sistema zavojno vreteno - navrtka se izvodi :
 - ✓ **primenom dvodelne navrtke,**
 - ✓ **promenom rastojanja između kotrljajnih tela,**
 - ✓ **povećanjem prečnika kotrljajnih tela.**

Prenosnik za pomočno pravolinijsko kretanje

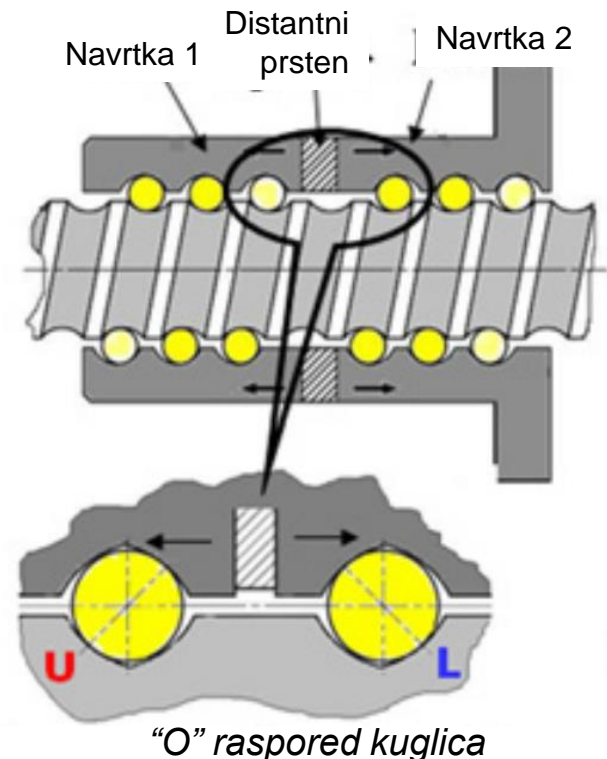
Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja – **Prednaprezanje**

Prednaprezanje primenom dvodelne navrtke

- Najefikasniji metod koji obezbeđuje srednje i velike vrednosti sile prednaprezanja se ostvaruje primenom dve navrtke koje se kreću u suprotnim smerovima, a između njih se nalazi distantni prsten.
- ❑ Razmicanjem navrtki zavojno vreteno je opterećeno na istezanje, ostvaruje se “O” raspored kuglica.
- ❑ Primicanjem navrtki vreteno je opterećeno na pritisak čime se ostvaruje “X” raspored kuglica.



“X” raspored kuglica



“O” raspored kuglica

5.3 Mehanički prenosnici za pomoćno kretanje

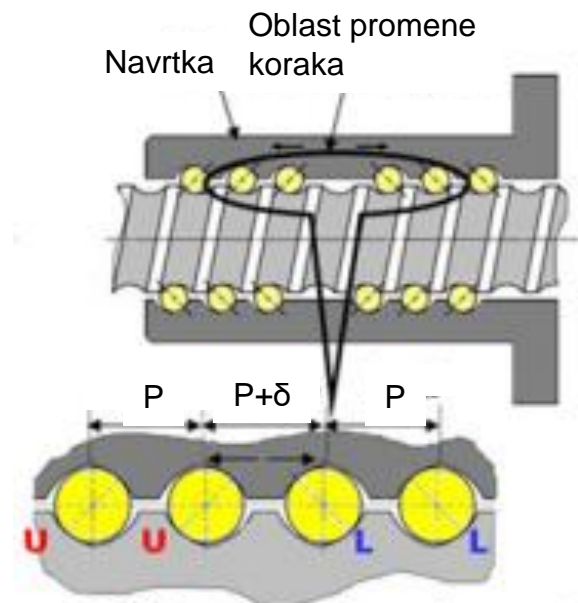
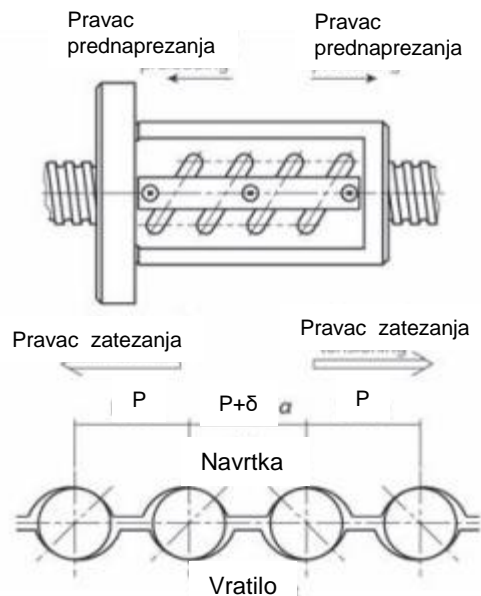
Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja – **Prednaprezanje**

Promenom rastojanja između kotrljajnih tela (promenom koraka)

Srednje vrednosti prednaprezanja se mogu ostvariti promenom koraka zavojnog vretena, pri čemu kuglice osvaruju kontakt sa vretenom i navrtkom u dve tačke.

- Kod ovog tipa prednaprezanja rastojanje između kotrljajnih tela je uvećano za veličinu prednaprezanja δ .



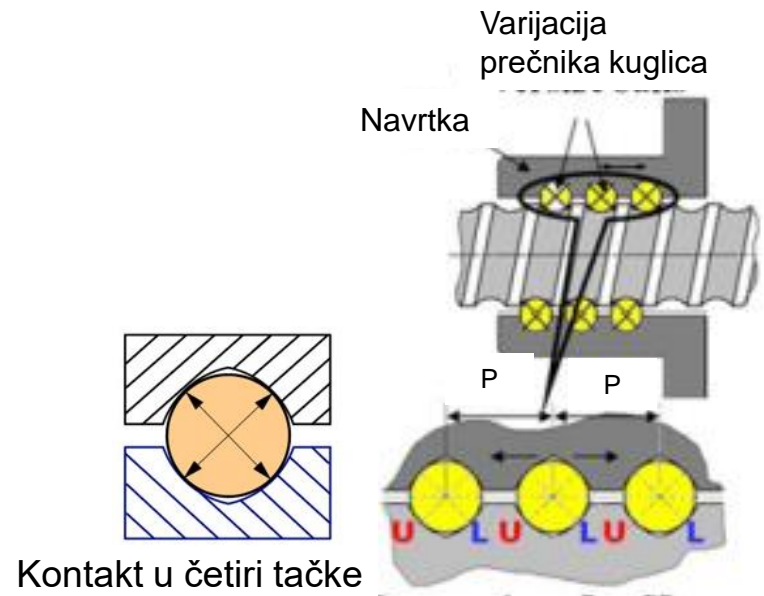
Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja – **Prednaprezanje**

Povećanjem prečnika kotrljajnih tela.

Prednaprezanje ostvarno ovom metodom je najjednostavniji način prednaprezanja. U ovom slučaju su kuglice malo većeg prečnika od prečnika staza kotrljanja i ostavruje se kontakt u četiri tačke.

Ovaj slučaj se može primeniti pri malom prednaprezanje zbog habanja kuglica.



5.3 Mehanički prenosnici za pomoćno kretanje

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja – **Prednaprezanje**

Vrednost prednapretzanja određuje aksijalnu krutost kugličnog zavojnog vretena - veća vrednost prednaprezanja - veća je krutost komponenti.

U skladu sa Hecovom teorijom kontaktno, odnos između sile prednaprezanja i krutosti zavojnog vretena K_a se može napisati kao:

$$K_a = \frac{1}{3} F_p^2; ili$$

$$K_a = \frac{F_a}{\delta_{a0}} \frac{3F_p}{0,5\delta_a}$$

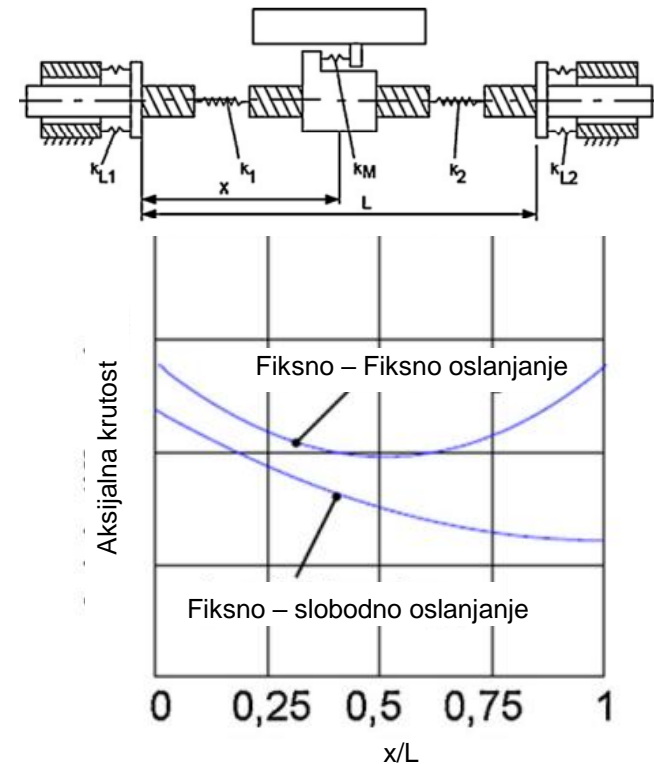
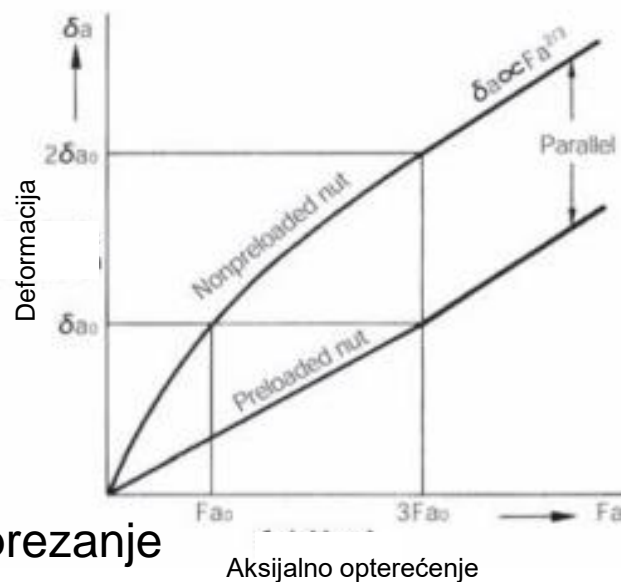
Malo prednaprezanje

$$K_a = 0,05Ca$$

Srednje i veliko prednaprezanje

$$K_a = (0,05 - 0,1)Ca$$

Ca – dinamička nosivost



5.3 Mehanički prenosnici za pomoćno kretanje

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja

- Projektovanje i proračun zavojnih vretena sa recirkulacijom kuglica je definisano standardima npr.: DIN 69051-3, DIN69051-4 i DIN69051-5

ULAZ

Masa pokretnih delova, maksimalna brzina, vreme ubrzanja, koeficijent trenja, orijentacija (vertikalno/horizontalno), vek, tačnost pozicioniranja.

Privremeni izbor zavojnog vretena na bazi prečnika, dužine, koraka na osnovu eksploatacionih uslova

Maksimalna sila pritiska < Dozvoljene sile pritiska

Maksimalni broj obrtaja < Dozvoljeni broj obrtaja

Određivanje i/ili provera krutosti

Određivanje i provera veka zavojnog vretena

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja - **PREDNOSTI**

- Manji startni moment;
- Manji koeficijent trenja u poređenju sa zavojnim vretenima na bazi klizanja;
- Efikasnost prenosa energije je veoma visoka i iznosi 95 %.
- Može se lako ostvariti prednaprezanje da bi se eliminisao zazor;
- Sila trenja je praktično nezavisna od brzine kretanja i trenje u mirovanju je veoma malo; shodno tome;
- Imaju duži vek;
- Kuglična zavojna vretena su prilagođena za velike snage, brzine i sa kontinualnom i stupnjevitom promenom.

Prenosnik za pomočno pravolinijsko kretanje

Prenosnici sa zavojnim parom na bazi trenja kotrljanja - **NEDOSTACI**

- Zahtevaju periodično remontovanje da bi se održala njihova efikasnost;
- Prljavštine ili druge čestice smanjuje vek;
- Nemaju samokočivost;
- Zahtevaju visok nivo podmazivanja.