

FTN - DPM

Katedra za mašine alatke, tehnološke procese,
FTS i procese projektovanja

Laboratorija za mašine alatke, FTS i APP

Osnovne akademske studije

Novi Sad, oktobar 2021.

OBRAĐNI I TEHNOLOŠKI SISTEMI

Studijski program:

PROIZVODNO MAŠINSTVO

Naziv predmeta:

OBRADNI I TEHNOLOŠKI SISTEMI (P 304)

Semestar: V

Fond časova: 3+3

Status predmeta: Obavezni

Izvođači nastave:

Predavanja: dr Aleksandar **ŽIVKOVIĆ**, redovni profesor

Vežbe: dr Cvijetin **MLAĐENOVIĆ**, asistent

Ms.c Dejan Marinković, asistent

Autorizovani materijal za predavanja – Zabranjeno je štampanje i umnožavanje

Obradni i tehnološki sistemi - Uvod u predmet

KORIŠĆENA LITERATURA:

1. Borojev, Lj⁺., Zeljković, M.: Glavne karakteristike i kinematska struktura obradnih i tehnoloških sistema, autorizovani rukopis predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, školska 2016/2017. god.
2. Čiča, Đ.: Mašine alatke, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2016.
3. Graham T., S.: Machine Tool Metrology - An Industrial Handbook, Springer, 2016
4. Großmann, K.: Thermo-energetic Design of Machine Tools - Lecture Notes in Production Engineering, Springer, 2015
5. Josh, P., H.: Machine tools Handbook-Design and operation, McGraw-Hill Publishing Company, 2007.
6. Juneja, B.L.; Seth, Nitin and Sekhon, G.S. : Fundamentals of Metal Cutting and Machine Tools, NEW AGE INTERNATIONAL, 2017
7. Kalajdžić, M.: Tehnologija mašinogradnje, Mašinski fakultet, Beograd, 2004, ISBN 86-7083-487-1
8. Koenigsberger, F.: Design Principles Of Metal-Cutting Machine Tools, Pergamon Press, 1964
9. Mašine alatke i industrijska proizvodnja mašina, Građevinska knjiga, Beograd, 1967
10. Sredanović, B., Globočki, L, G.: Podloge za vežbe iz obradnih sistema za obradu rezanjem, Radna verzija skripte za vežbe, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2014.
11. Stanković, P.: Mašinska obrada – Obrada metala rezanjem, Građevinska knjiga, Beograd, 1967.
12. Yoshimi I.: Modular Design for machine tools, McGraw-Hill Publishing Company, 2008

Obradni i tehnološki sistemi - Uvod u predmet

KORIŠĆENA LITERATURA:

13. Youssef, H.,A., El-Hofy, H.: Machine technology-Machine tools and operation, CRC Press Taylor & Francis Group, 2008
14. Zeljković, M, Tabaković, S.: Proizvodno mašinstvo početkom XXI veka, 42. Jupiter konferencija, Mašinski fakultet, Beograd, 2020
15. Zeljković, M., Živković, A., Tabaković, S., Mladenović, C., Knežev, M.: Kinematska struktura i glavne karakteristike mašina alatki, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2021. (u štampi).
16. Zeljković, M.: Obradni i tehnološki sistemi, autorizovana prezentacija predavanja Fakultet tehničkih nauka, 2012 – 2020.

Obradni i tehnološki sistemi - Uvod u predmet

PROVERA ZNANJA I OCENJIVANJE

1. Redovno prisustvo predavanjima	5 poena
2. Redovno prisustvo vežbama	5 poena
3. Urađen i prihvaćen grafički rad (4 L.V.)	20 poena
4. Kolokvijum 1 (20 pitanja)	20 poena
5. Kolokvijum 2 (10 pitanja)	20 poena

Predispitne obaveze	70 poena
4. Pismeni ispit	30 poena

Ukupno: max. 100 poena

GRAFIČKI RAD

Obrada rezultata laboratorijskih merenja:

- Ispitivanje tačnosti pozicioniranja obradnog centra FM 38;
- Ispitivanje statičkog ponašanja struga;
- Ispitivanje dinamičkog ponašanja mašine alatke
- Ispitivanje bučnosti mašina alatki;

Pismeni deo ispita:

2 zadatka (po sadržaju odgovaraju zadacima rađenim na vežbama)

FTN - DPM - LAMA

Predmet: Obradni i tehnološki sistemi

Novi Sad, oktobar 2021. god.

1.0 UVOD - OSNOVNI POJMOVI

1.0 UVOD – OSNOVNI POJMOVI

1.1 Tehnologija kao naučna disciplina

**1.2 Položaj tehnologije obrade rezanjem
u savremenoj proizvodnji**

1.3 Značaj industrije mašina alatki

1.1 Tehnologija kao naučna disciplina

Tehnologija se definiše kao primenjena, naučno-tehnička disciplina koja proučava međusobni odnos sredstava i metoda proizvodnje u svim sferama ljudske delatnosti saglasno zakonima prirodnih nauka i ekonomske celishodnosti.

Tehnologije, se mogu podeliti na:

- **materijalne** i
- nematerijalne

Tehnologija kao naučna disciplina

Materijalne tehnologije su:

- bazne (hemijska) i
- ***mehaničke.***

Nematerijalne tehnologije obuhvataju

- transformaciju ili preradu **energije** i **informacija,**
- transport, organizaciju i logistiku transporta
- čuvanje i ispitivanje materijala i proizvoda.

Tehnologija kao naučna disciplina

Bazne tehnologije obuhvataju:

- dobijanje materijala od prirodnih sirovina
- procese promena strukture materijala

Mehaničke tehnologije obuhvataju:

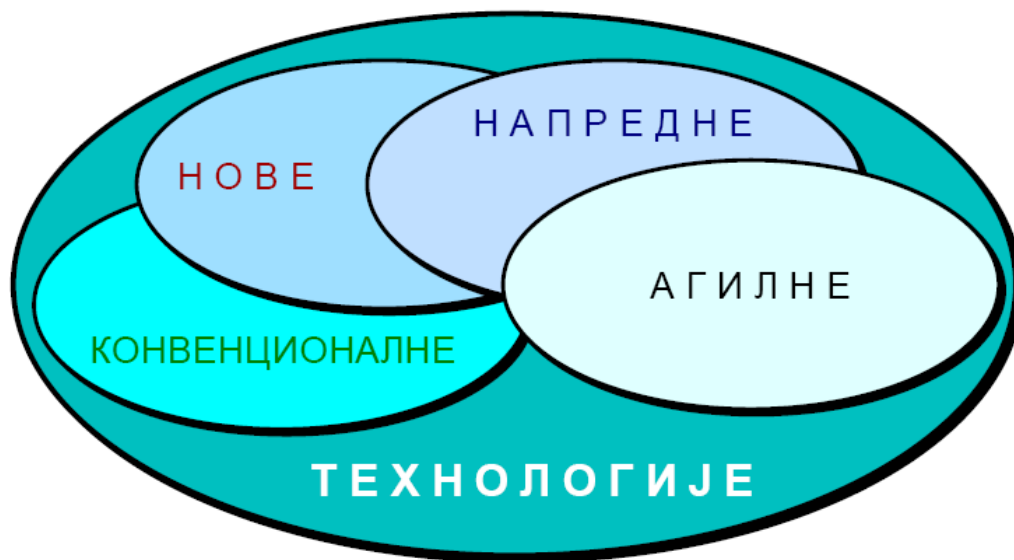
- tehnologiju livenja i sinterovanja,
- **tehnologiju mašinske obrade rezanjem (skidanjem strugotine),**
- tehnologiju mašinske obrade plastičnim deformisanjem sa i bez odvajanja,
- tehnologiju obrade nekonvencionalnim postupcima,
- tehnologiju spajanja, tehnologiju montaže i tehnologiju zaštite površina.

Tehnologija kao naučna disciplina

Mehaničke tehnologije, tehnologije mašingradnje ili proizvodne tehnologije

Proizvodne tehnologije predstavljaju nauku i industrijsku praksu u postupku dobijanja gotovih proizvoda prvenstveno delova i mašina. Mogu biti:

- konvencionalne
- nove
- napredne (visoke)
- agilne.



Razvoj tehnologija

Tehnologija kao naučna disciplina

Definicija pojmova:

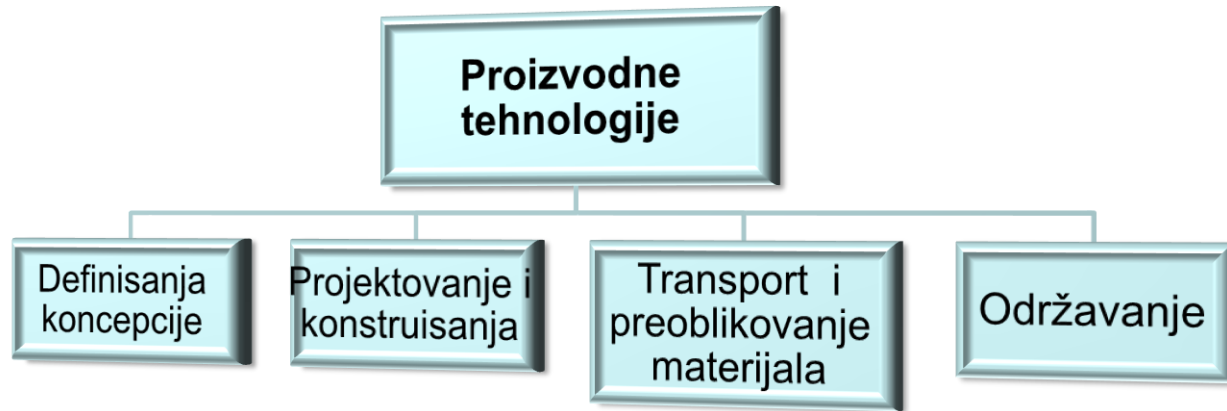
Konvencionalne tehnologije: Tehnologije koje se realizuju u okviru obradnih i tehnoloških sistema sa ručnim upravljanjem, u okviru automatskih sistema sa krutim nosiocima upravljačkih informacija, agregatnih sistema (sistema na osnovnom nivou automatizacije), i sl.

Nove tehnologije: Svaka osvojena tehnologija koja doprinosi razvoju proizvoda, pogona, fabrike, industrijskog kompleksa i ukoliko je ekonomski celishodna.

Napredne (visoke) tehnologije: Podrazumevaju visok nivo hardvera i softvera, i odnosi se na tehnologije u okviru KNU, DNU, FTS, ITS, nanotehnologije i sl.

Agilne ili tehnologije brzog dejstva: Posebne proizvodne tehnologije koje se odnose na brzu izradu prototipa i brzu izradu alata.

Tehnologija kao naučna disciplina



Proizvodne tehnologije sadrže sve aktivnosti od definisanja **koncepcije** proizvoda, projektovanja i konstruisanja, pa sve do aktivnosti koje se odnose na transport i preoblikovanje materijala u procesu proizvodnje, kao i **održavanje opreme za proizvodnju**.

Tehnologija kao naučna disciplina

Proizvodne tehnologije se realizuju kroz određene faze proizvodnog procesa.

Realizaciju faza proizvodnog procesa obezbeđuje **tehnički sektor preduzeća**.

Faze realizacije proizvodnih tehnologija:

A. Izrada konstrukcione dokumentacije za proizvod;

B. Priprema proizvodnje;

C. Proizvodni proces (proces proizvodnje);

Tehnologija kao naučna disciplina

A. Izrada dokumentacije:

- **projektovanje proizvoda**
(definisanje glavnih karakteristika u dovoljnoj meri da se posle može pristupiti konstruisanju sklopova i delova);
- **konstruisanje**
(neposredna izrada dokumentacije za proizvodnju svih delova (osim gotovih delova - robe) potrebnih za izradu proizvoda);

Tehnologija kao naučna disciplina

B. Priprema proizvodnje (u širem smislu obuhvata)

- proveru konstrukcije proizvoda kroz **izradu i ispitivanje prototipa**;
- izradu tehnološke (proizvodne) dokumentacije za proizvodnju,
- izrada alata i pribora;
- proveru tehnološke dokumentacije za proizvodnju, alata i pribora kroz **izradu nulte serije**;

Tehnologija kao naučna disciplina

C. Proizvodni proces (proces proizvodnje)

Proizvodni proces se realizuje na **sredstvima rada**, tj. mašinama alatkama koje omogućuju, zajedno sa ostalim elementima obradnog sistema:

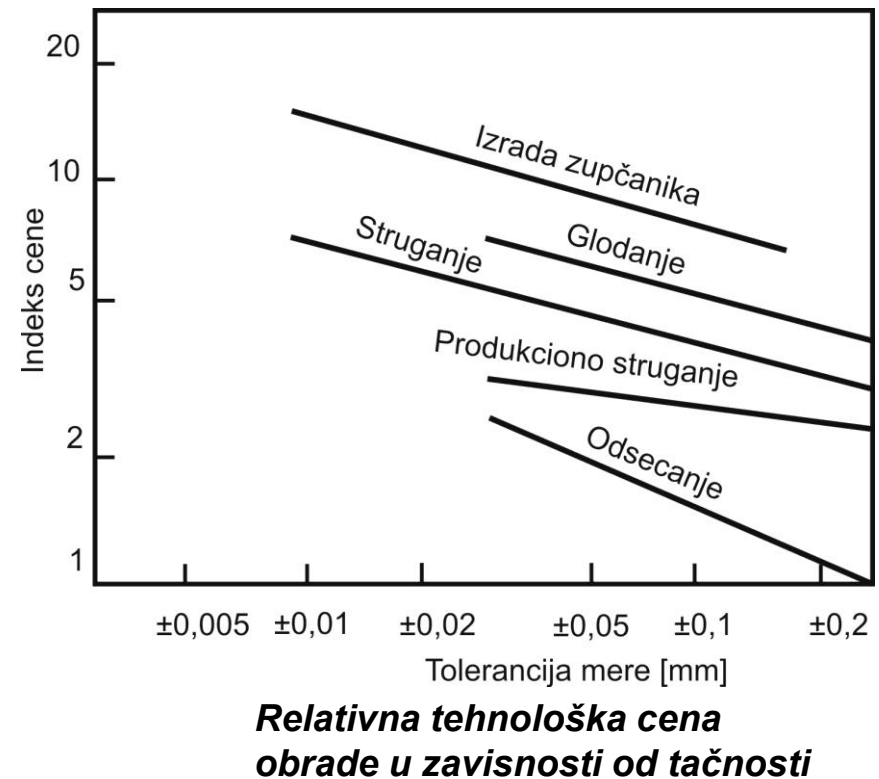
- Izradu poluproizvoda (pripremake);
- Obradu pripremake i dobijanje gotovih delova (izradaka);
- Montažu (sklapanje izradaka u podsklopove i sklopove);
- Završnu kontrolu (regulisanje, kontrola i ispitivanje proizvoda);
- Površinsku zaštitu;
- Pakovanje gotovih proizvoda (saglasno uslovima za uskladištenje, transportovanje i sl.);

Tehnologija kao naučna disciplina

Proizvodnim tehnologijama je obuhvaćena proizvodnja pojedinačnih delova – **diskretna** (komada) **proizvodnja** i **kontinualna proizvodnja**.

Poseban značaj u projektovanju proizvoda i projektovanju tehnoloških procesa izrade ima:

- **odnos zahtevane tačnosti,**
- **tehnološke cene i**
- **metoda obrade.**



Tehnologija obrade rezanjem zauzima *veoma značajno* mesto u okviru proizvodnih tehnologija.

- u svetskoj proizvodnji i potrošnji mašina alatki više od **70%** su mašine alatke za obradu rezanjem.
- u Saveznoj Republici Nemačkoj, proizvodnja mašina alatki čine oko 7,44[%] ukupnog obima proizvodnje industrije prerade metala, a 6,96[%] zaposlenih radi u ovoj industriji.
- troškovi mašinske obrade rezanjem u SAD, iznosili su približno 15 [%] vrednosti svih proizvoda koje je proizvela industrija prerade metala u ovoj zemlji.

Očigledan je značaj, za ekonomsko blagostanje nacije, kontinualno istraživanju i razvoj nove i sve produktivnije tehnologije obrade.

Položaj tehnologije obrade rezanjem u savremenoj proizvodnji

Posmatrano po metodama obrade rezanjem, odnosno učešću pojedinih vrsta mašina alatki u svetskoj proizvodnji,

- **30 %** - mašine za obradu struganjem;
- **30 %** - za obradu glodanjem i bušenjem (obradni centri);
- **više od 10%** su mašine za obradu brušenjem.

Krajem dvadesetog veka numerički upravljane mašine alatke su činile oko 50 [%] ukupne svetske proizvodnje mašina alatki po vrednosti, a u industriji prerade metala Evrope 38[%] mašina je povezano u fleksibilne tehnološke sisteme.

- **Tačnost obrade je jedan od najvažnijih izlaznih parametara svake obrade.**
- Pri projektovanju proizvoda definiše se minimalna tačnost koja će zadovoljiti funkciju dela.
- Posmatrano tokom vremena minimalna tačnost se povećava, tj. smanjuju se tolerancije izrade, a savremeni obradni sistemi omogućuju realizaciju ove tačnosti na ekonomičan način.

Za povećanje tačnosti izrade delova postoje dva razloga:

- veća tačnost izrade stvara preduslove za pouzdaniji rad i duži vek eksploatacije svakog dela i proizvoda;
- veća tačnost izrade obezbeđuje bolju zamenljivost delova pri održavanju proizvoda.

FTN - DPM - LAMA

Predmet: Obradni i tehnološki sistemi

Novi Sad, oktobar 2021. god.

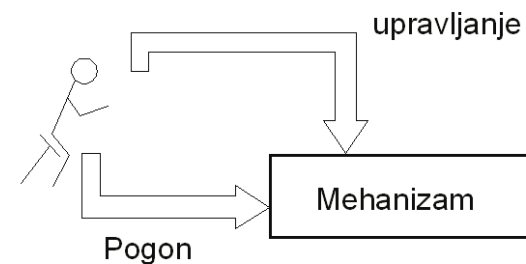
2.0 ISTORIJA RAZVOJA MAŠINA ALATKI I SISTEMA

2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

Razvoj mašina za obradu se može rekonstruisati kroz grafičke i pisane dokumente, kao i sakupljene istorijske predmete.

Prvi alati bili su dleta i alat za struganje čiji je efekat povećan primenom poluge.

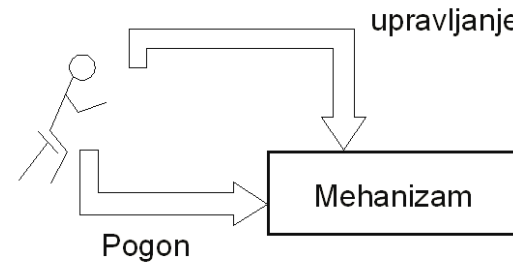
Među najstarije alate spadaju i alati za bušenje, a datiraju još iz kamenog doba.



*Bušenje kretanjem zategnutog užeta
(1400-1300 pnv)*

2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

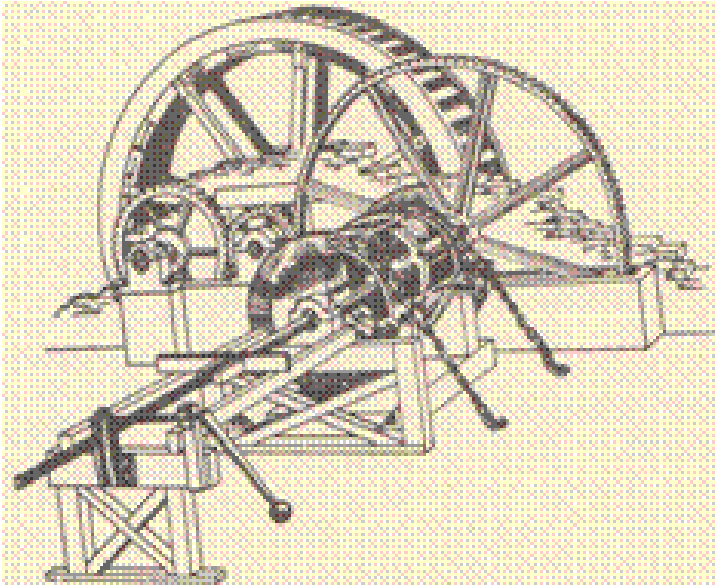
Do polovine XVIII veka, korišćen je manuelni pogon, a elementi mašine su se najčešće izrađivani od drveta, što je između ostalog imalo za rezultat malu tačnost.



Struganje drvenih obradaka na strugu sa manuelnim pogonom (približno 1425. god.)

2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

Prvom složenijom konstrukcijom mašine alatke smatra se **Vilkinsonova mašina za obradu cilindara parne mašine iz U** razvoju mašina alatki nastupila je faza mehanizacije.



Vilkinson-ova mašina za obradu cilindara

2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

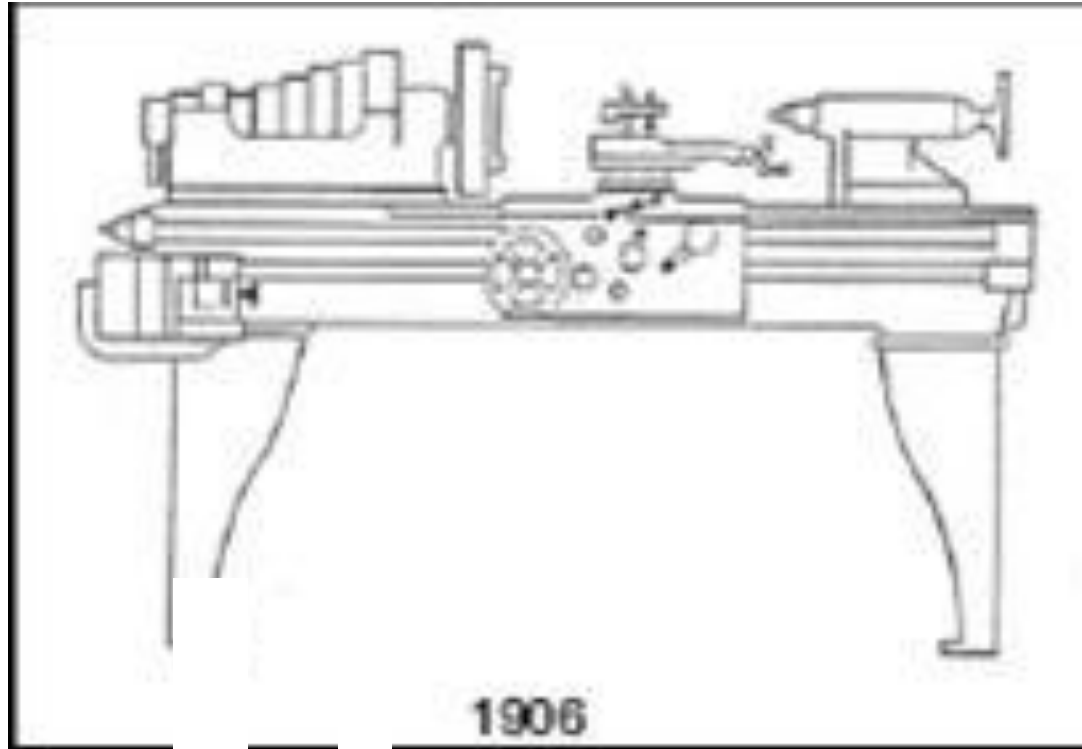


1797

1797

Maudsly –ev strug za izradu zavojnica iz 1797. god.

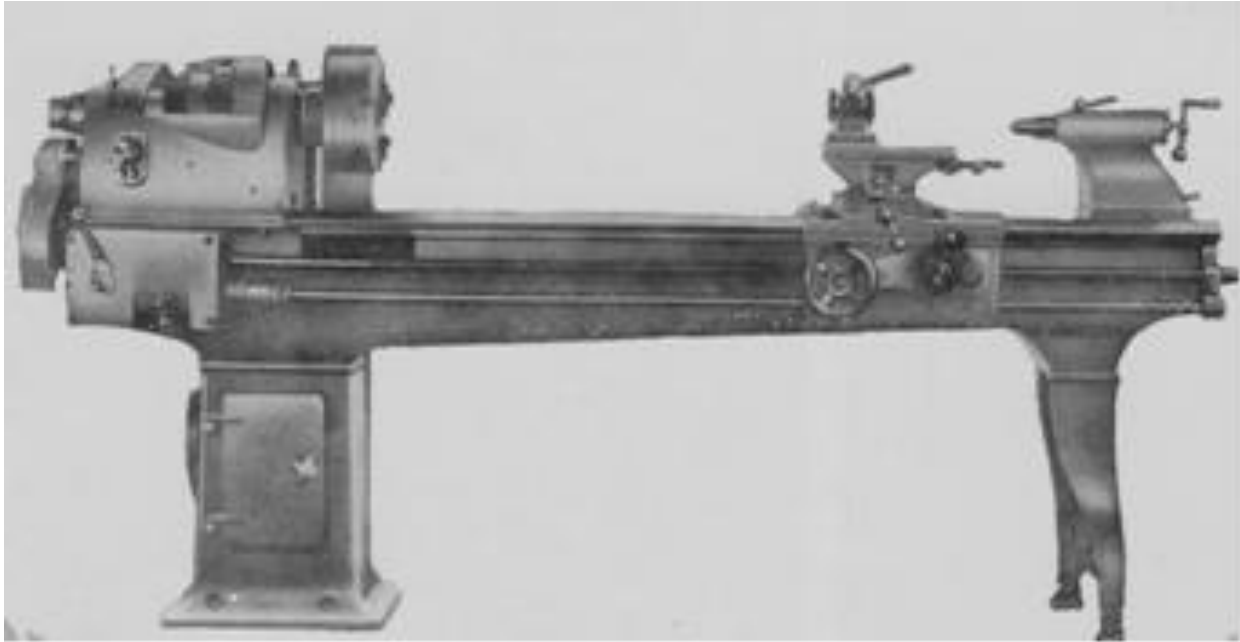
2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema



1906

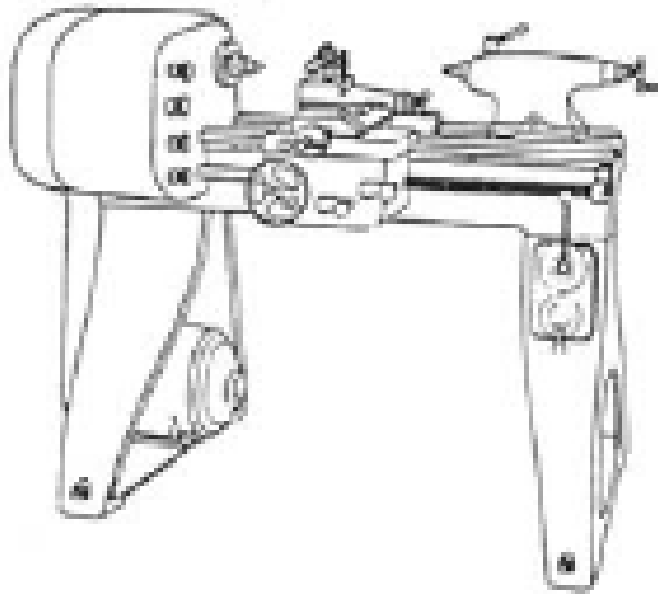
Strug proizvođača Index (Nemačka)

2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema



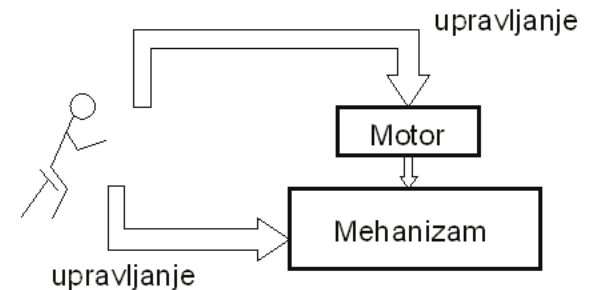
*Prva mašina alatka-strug proizveden u Vojvodini
(1922 g. zanatska radionica Ištvana Kelemena u Adi)*

2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema



1925

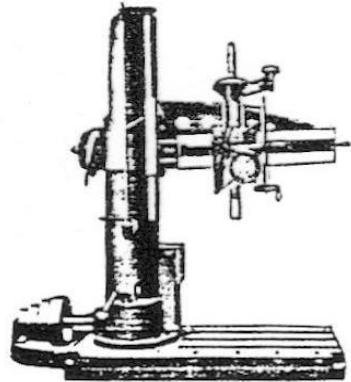
1925



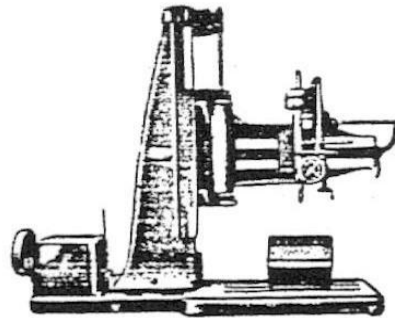
Druga industrijska revolucija – elektrifikacija; ~ 1900

- pojedinačni pogon mašina alatki;
- naučni pristup u proizvodnim tehnologijama – Tejlorizam;
- centralizovano upravljanje;

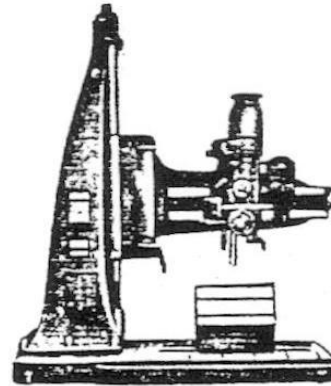
2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema



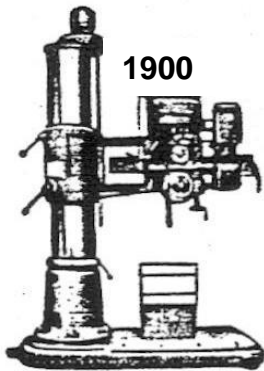
1900



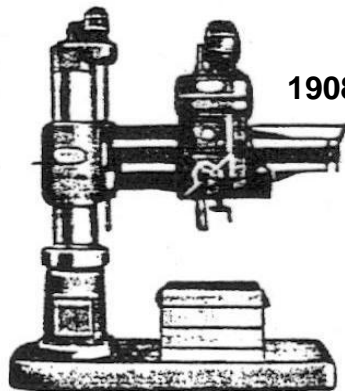
1908



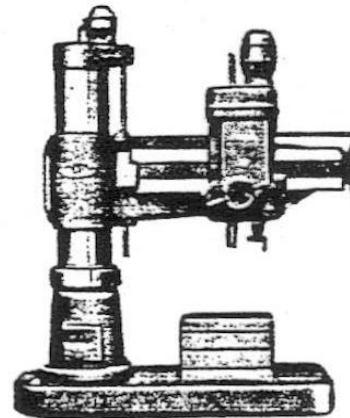
1910



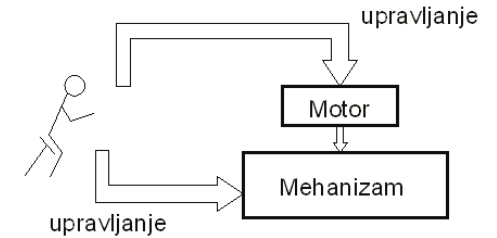
1924



1936



1939



1900

1924

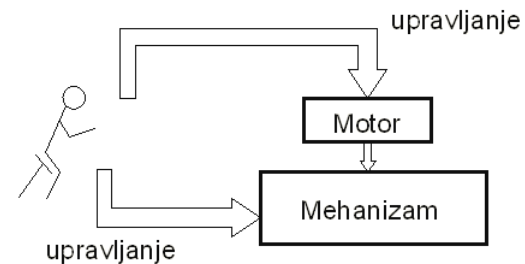
1936

1939

RABOMA

2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

U prvoj polovini 20-og veka, u principu, razvijene su mašine za sve vrste obrade. Njihova konstrukcija postala je relativno složena.

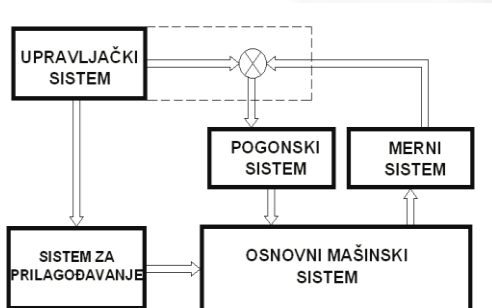
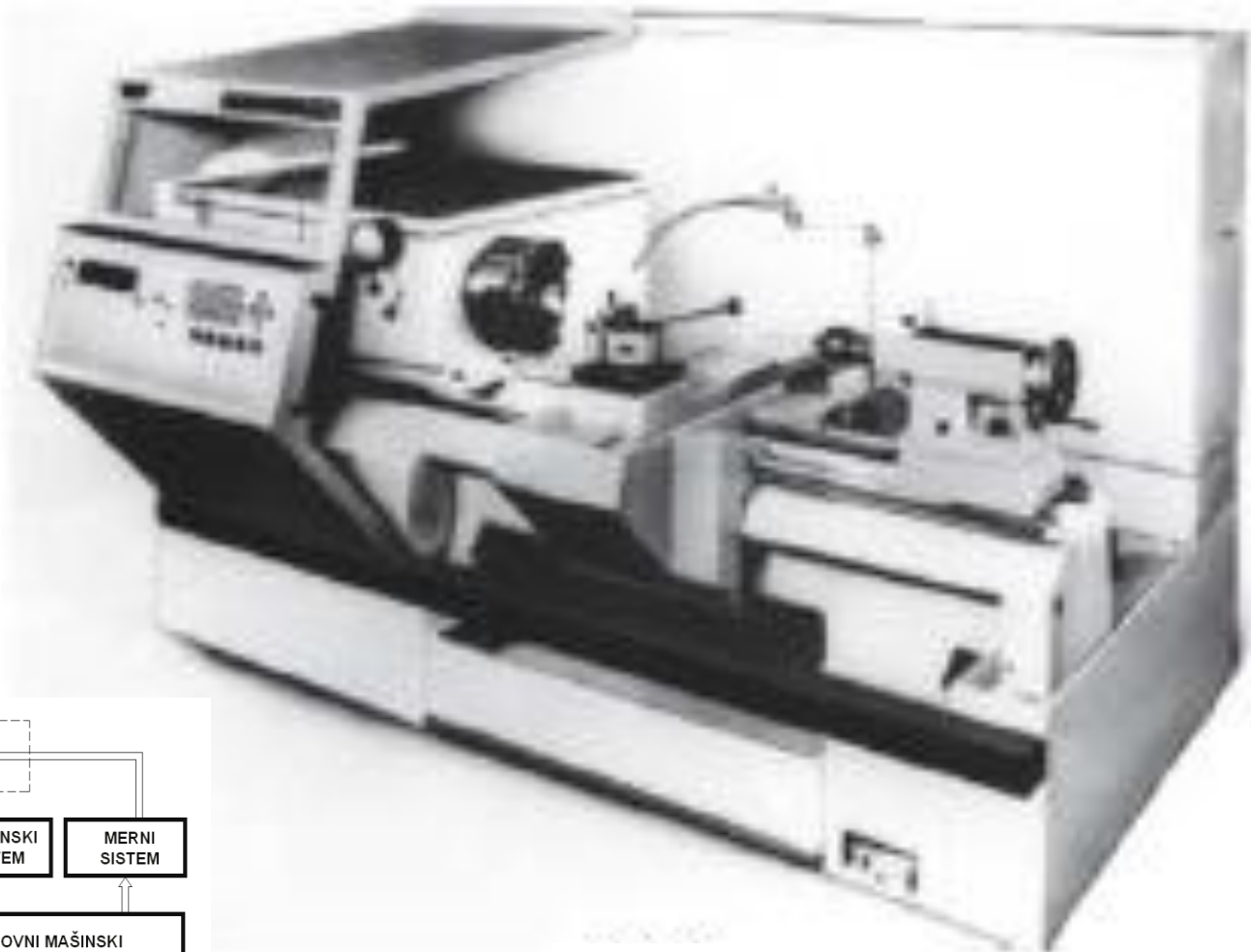


Univerzalni strug iz druge polovine 20-veka

2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

- Posle 1970. godine, razvoj mikroprocesorske tehnike doprineo je poboljšanju karakteristika NU upravljačkog sistema mašine kao i njegovom značajnom pojeftinjenju.
- Numeričko upravljanje prerasta u kompjuterizovano ili *kompjutersko numeričko upravljanje (KNU)* koje pored relativno lakog programiranja ovih mašina omogućava i njihovo povezivanje u složene celine kao što su fleksibilni tehnološki sistemi (**treća industrijska revolucija - automatizacija ~ 1970**).

3. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

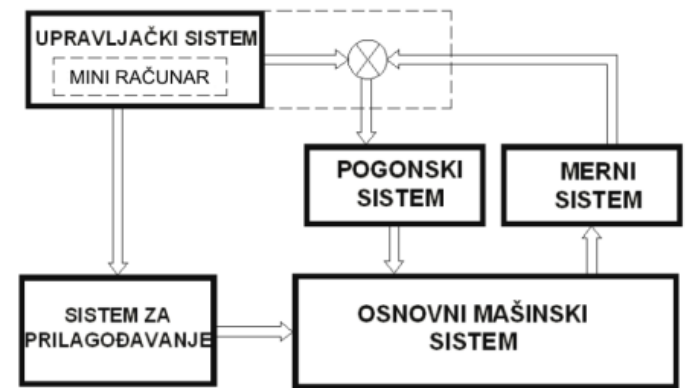


1978

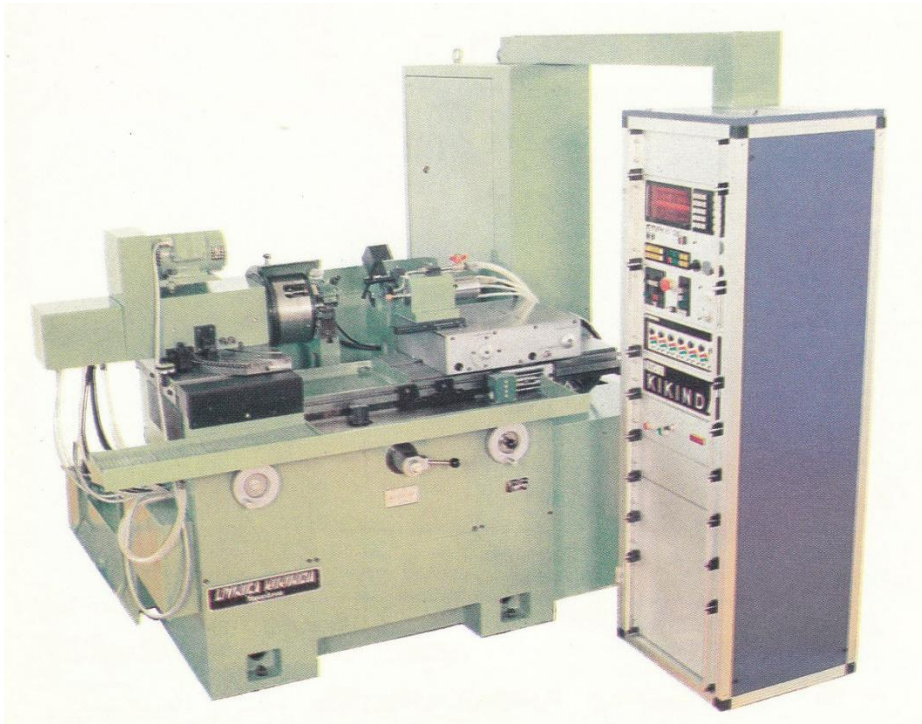
2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema



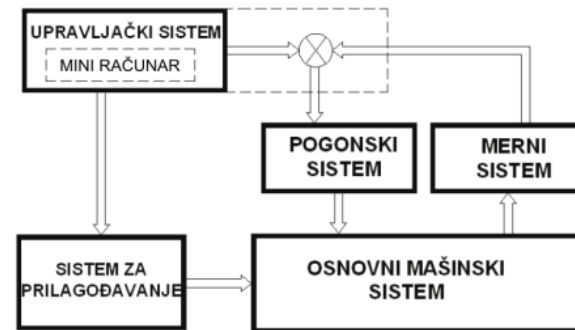
*KNU strug PA 25/30 - proizvod fabrike
Potisje (sredina 80-tih godina XX veka)*



2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema



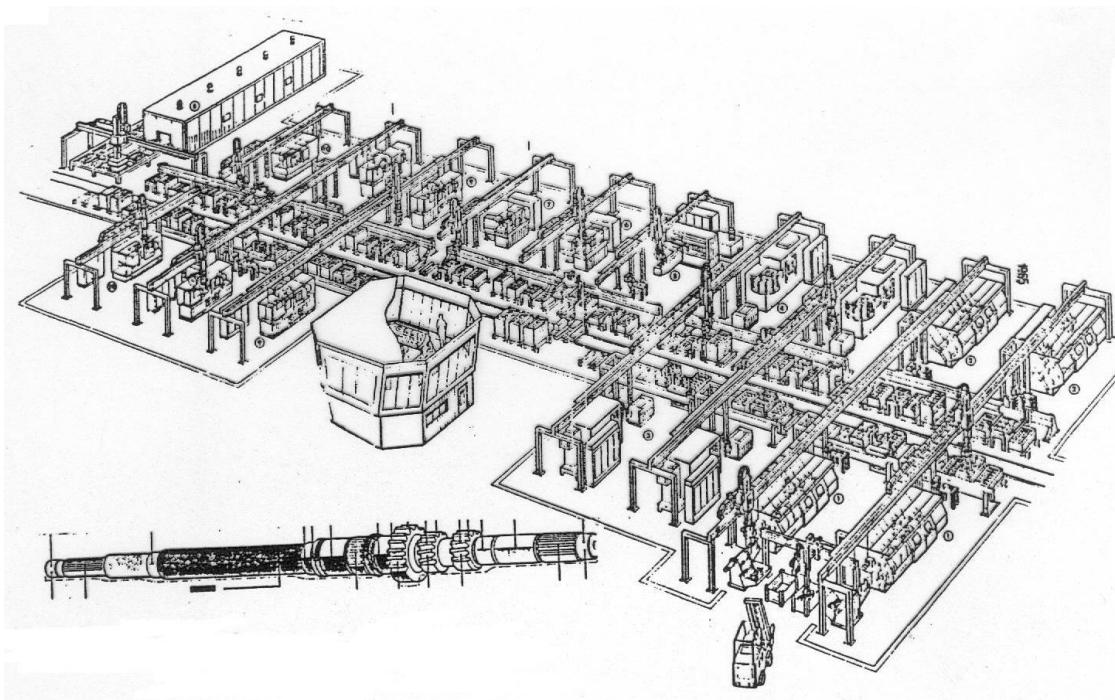
KNU brusilica B 380 -proizvod fabrike Livnica Kikinda



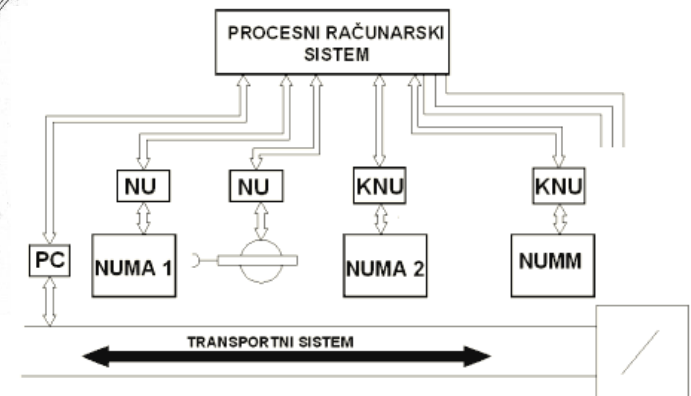
2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

- Dalji razvoj strugova rezultirao je obradnim centrom za struganje.
- Omogućena je automatizovana manipulacija radnim predmetima, alatima i priborima.
- Mašine su snabdevene funkcijama nadzora i dijagnostike kao i integrisanim senzorima koji obezbeđuju besprekornu automatsku obradu i osigurana je brza dijagnoza grešaka.

2. FT strukture, funkcionisanje i njihovo komponovanje



FTS za obradu rotacionih delova



2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

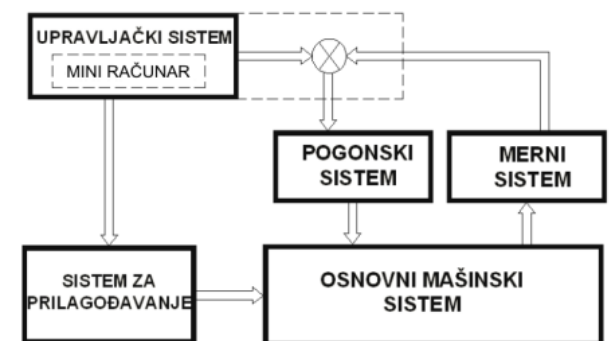


2000

2000

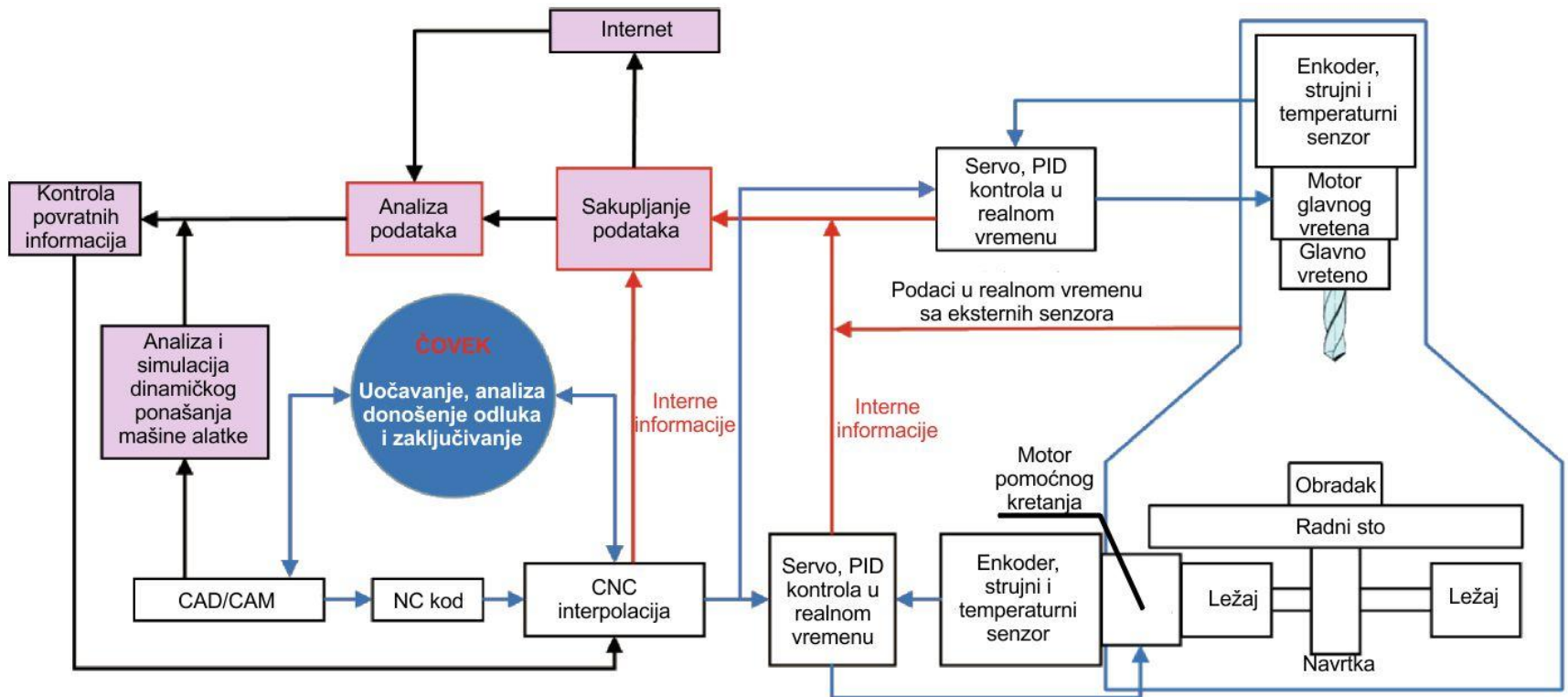


Qualite: INDEX



2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

“Pametna” mašina alatka



2. Istorijat razvoja mašina alatki i tehnoloških sistema

Razvoj proizvoda – sredstava rada kroz istoriju

(analogija bioloških i tehničkih sistema) :

- oponašanje mehaničkog rada čoveka

→ **MEHANIZMI**

- oponašanje metabolizma ljudskog organizma

→ **TOPLOTNE MAŠINE**

- oponašanje nervnog sistema

→ **KIBERNETIKA, UPRAVLJANJE**

- oponašanje umnog rada

→ **VEŠTAČKA INTELIGENCIJA, INTELIGENTNI
SISTEMI**

Četvrta industrijska revolucija – digitalizacija ~ 2011

FTN - DPM - LAMA

Predmet: Obradni i tehnološki sistemi

Novi Sad, oktobar 2021. god.

3.0 SISTEMI I PROCESI U PROIZVODNOM MAŠINSTVU

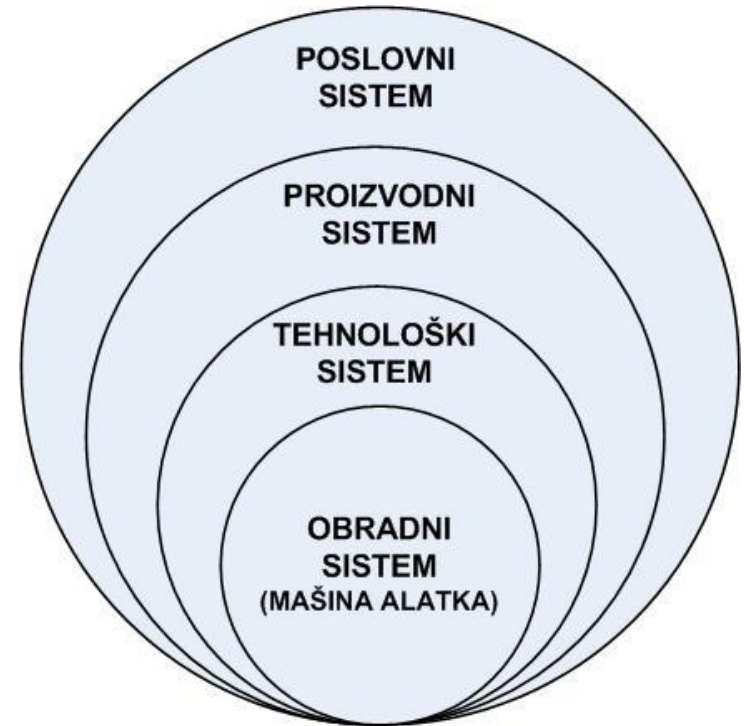
Definisanje osnovnih pojmova

Sistem - skup fizičkih i apstraktnih činilaca povezanih u cilju ostvarenja osnovnih funkcija:

- izvođenje procesa,
- upravljanje procesom i
- kontrola stanja procesa.

U proizvodnom mašinstvu, postoje sledeći sistemi:

- poslovni
- proizvodni,
- tehnološki i
- obradni.



Sistemi u proizvodnom mašinstvu

Definisanje osnovnih pojmova

- **Poslovni sistem** – obuhvata jedan ili više proizvodnih sistema zajedno sa drugim delatnostima kao što su ekonomsko – finansijski, društveno - socijalni itd. (Kompanije, “Biznis sistem”)

- **Proizvodni sistem** – obuhvata više tehnoloških podsistema, uz neophodnu podršku društveno-ekonomskih podsistema, a sa **ciljem podizanja vrednosti** polaznih materijala u smislu dobijanja gotovog proizvoda.

Sastoji se od elemenata u kojima započinje definisanje koncepcije proizvoda, da bi se završio sa elementima u kojima se dobija gotov proizvod spreman za plasman na tržište.

Definisanje osnovnih pojmova

- **Tehnološki sistem** – je obuhvaćen proizvodnim sistemom.

Sadrži skup podsistema u kojima se od polufabrikata ili drugih sirovina dobijaju gotovi delovi ili sklopovi. To je npr. linija ili grupa mašina gde se izvode određene aktivnosti i operacije tako da se od polufabrikata dobije gotov deo.

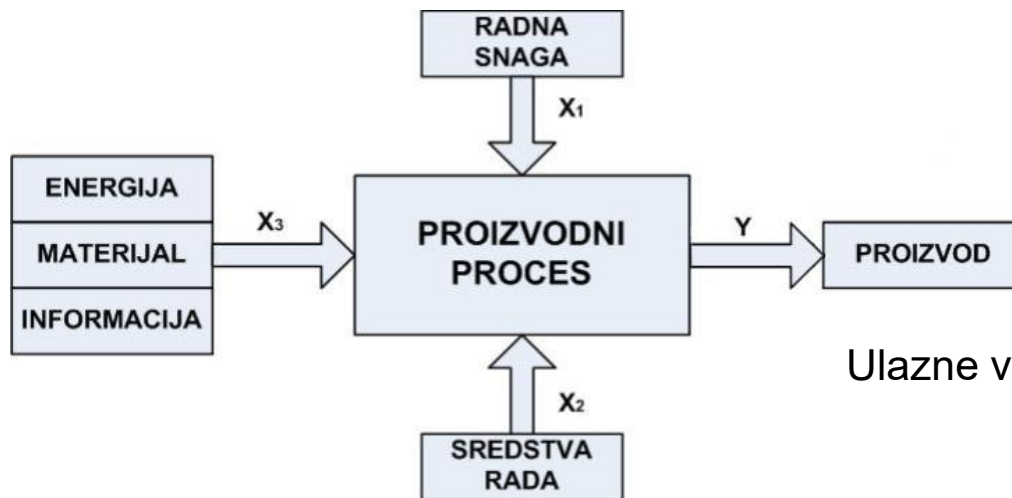
- **Obradni sistem** – (u okviru tehnološkog sistema) je mašina alatka ili grupa mašina alatki koje izvode skup određenih operacija.
- Mašina alatka ili grupa mašina alatki sa radnikom koji vrši upravljanje predstavlja obradni sistem.
- Mašina alatka sa automatskim upravljanjem je takođe obradni sistem.

Definisanje osnovnih pojmova

- **Proces** - skup aktivnosti povezanih u cilju transformacije informacija, energije i materijala pri stvaranju gotovog dela, odnosno proizvoda, od sirovine ili polufabrikata

Proizvodni proces

Skup međusobno povezanih aktivnosti koje imaju za **cilj transformaciju polufabrikata ili sirovine u gotov proizvod.**



Ulazne veličine:

x_3 - ~ konstantni troškovi po proizvodu
 x_1, x_2 - funkcija trajanja procesa obrade

$$x_1 = f(t_k)$$

$$x_2 = f(t_k)$$

Model proizvodnog procesa

Definisanje osnovnih pojmova

Proizvodni procesi se, prema dejstvu aktivnosti, dele na :

- direktne (osnovne) procese;
- indirektne (posebne) procese;
- dopunske procese;
- pomoćne procese;

Definisanje osnovnih pojmova

Proizvodni proces

Direktni (osnovni) procesi sadrže, aktivnosti koje se odnose **direktno na dobijanje gotovog dela ili proizvoda.**

Oni obuhvataju:

- projektovanje i konstrukciju proizvoda,
- projektovanje tehnološkog procesa izrade proizvoda,
- izradu delova,
- spajanje i montažu podsklopova i sklopova,
- konačnu montažu proizvoda, zaštitu i pakovanje.

Indirektni (posebni) procesi sadrže aktivnosti koje se odnose na:

- unutrašnji transport materijala,
- kontrolu i sortiranje delova,
- ispitivanje proizvoda i dr.

Definisanje osnovnih pojmova

Proizvodni proces

Dopunski procesi sadrže aktivnosti koje se odnose na:

- izradu **specijalnih pribora**,
- izradu **specijalnih alata**,
- **oštrenje alata**,
- održavanje (remont) tehnološke opreme i sl.

Pomoćni procesi obuhvataju aktivnosti u okviru proizvodnog procesa koje se odnose na:

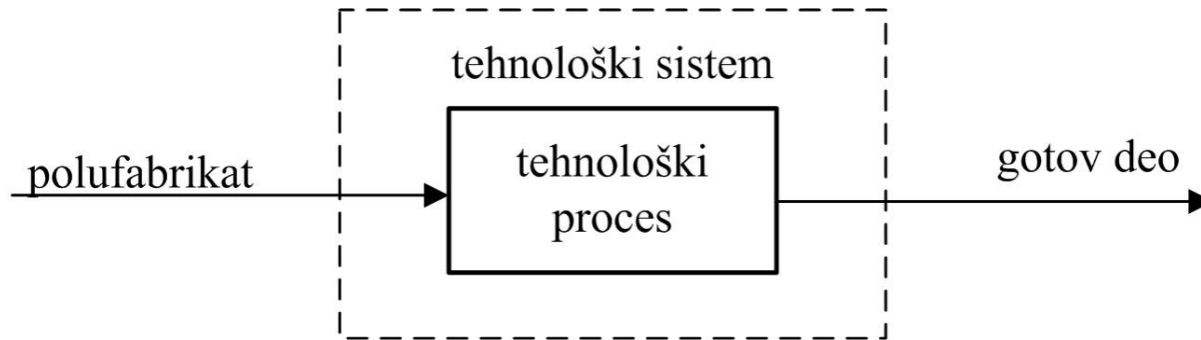
- nabavku materijala,
- dovoz i odvoz materijala,
- kao i sve druge aktivnosti koje potpomažu proizvodnji.

Definisanje osnovnih pojmova

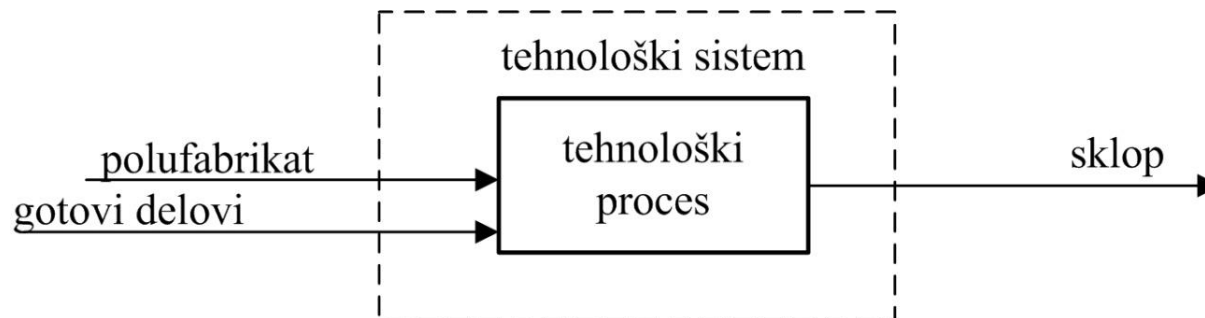
Tehnološki proces

Skup međusobno povezanih aktivnosti sa ciljem transformacije polufabrikata u gotove delove, podsklopove i sklopove.

- **Tehnološki sistem** sa svojim procesom obezbeđuje dobijanje gotovih delova od polufabrikata.

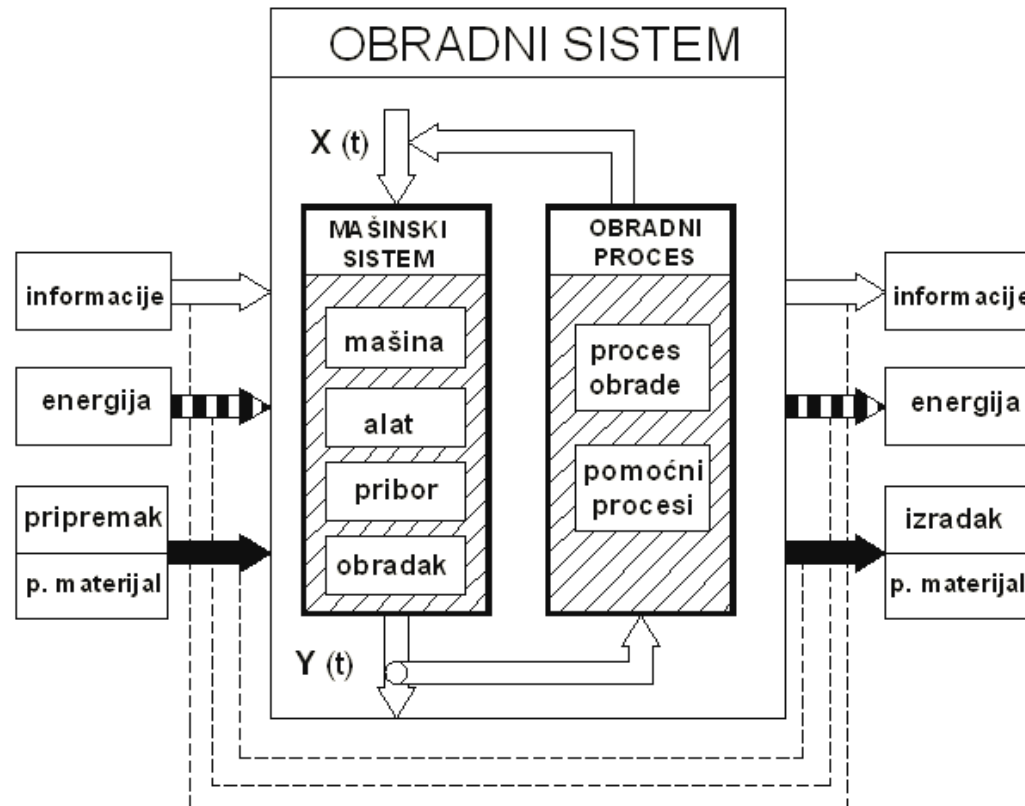


- **Tehnološki sistem** može da sadrži i proces oblikovanja, koji se odnosi na spajanje i montažu gotovih delova



Obradni sistemi

- Obradni sistem se može definisati kao **mašinski sistem sa obradnim procesom kao osnovnom funkcijom.**



- **Mašina alatka** je samo jedan segment obradnog sistema i njoj su potrebni “dodatni elementi” – alat, pribor i obradak da se na njoj realizuje obradni proces.

Mašinski sistem čine (MAPO):

➤ Mašina alatka;

➤ Alat;

➤ Pribor;

➤ Obradak;



Obradni sistemi

Ulaz u obradni sistem predstavljaju:

- informacije;
- energija;
- materijal.

Obradni sistemi

Ulazne informacije predstavljaju više skupova informacija:

- skup informacija o glavnim (tehničkim) karakteristikama mašine;
- skup informacija o alatu;
- skup informacija o priborima;
- skup informacija o pripremkama;
- skup informacija o režimima obrade (režimima rezanja);
- skup informacija o upravljanju obradnim procesom;

Obradni sistemi

- **Ulazna energija** služi za savladavanje otpora u obradnom sistemu i obezbeđuje potrebna kretanja elemenata obradnog sistema pri realizaciji obradnog procesa.
- **Ulazni materijal** se sastoji od priprema i pomoćnog materijala.
- U pomoćni materijal spadaju sredstva za hlađenje i podmazivanje, ulje u prenosnicima, itd.

Izlaz iz obradnog sistem čine:

- informacije;
- energija;
- izradak (gotov deo) i gubici materijala.

Obradni sistemi

Izlazne informacije predstavljaju transformisane ulazne informacije, a odnose se na skup informacija koje definišu:

- kvalitet obrade u smislu **tačnosti ostvarenih mera, položaja i oblika površina i kvaliteta obrađenih površina,**
- proizvodnost i
- ekonomičnost obradnog sistema.

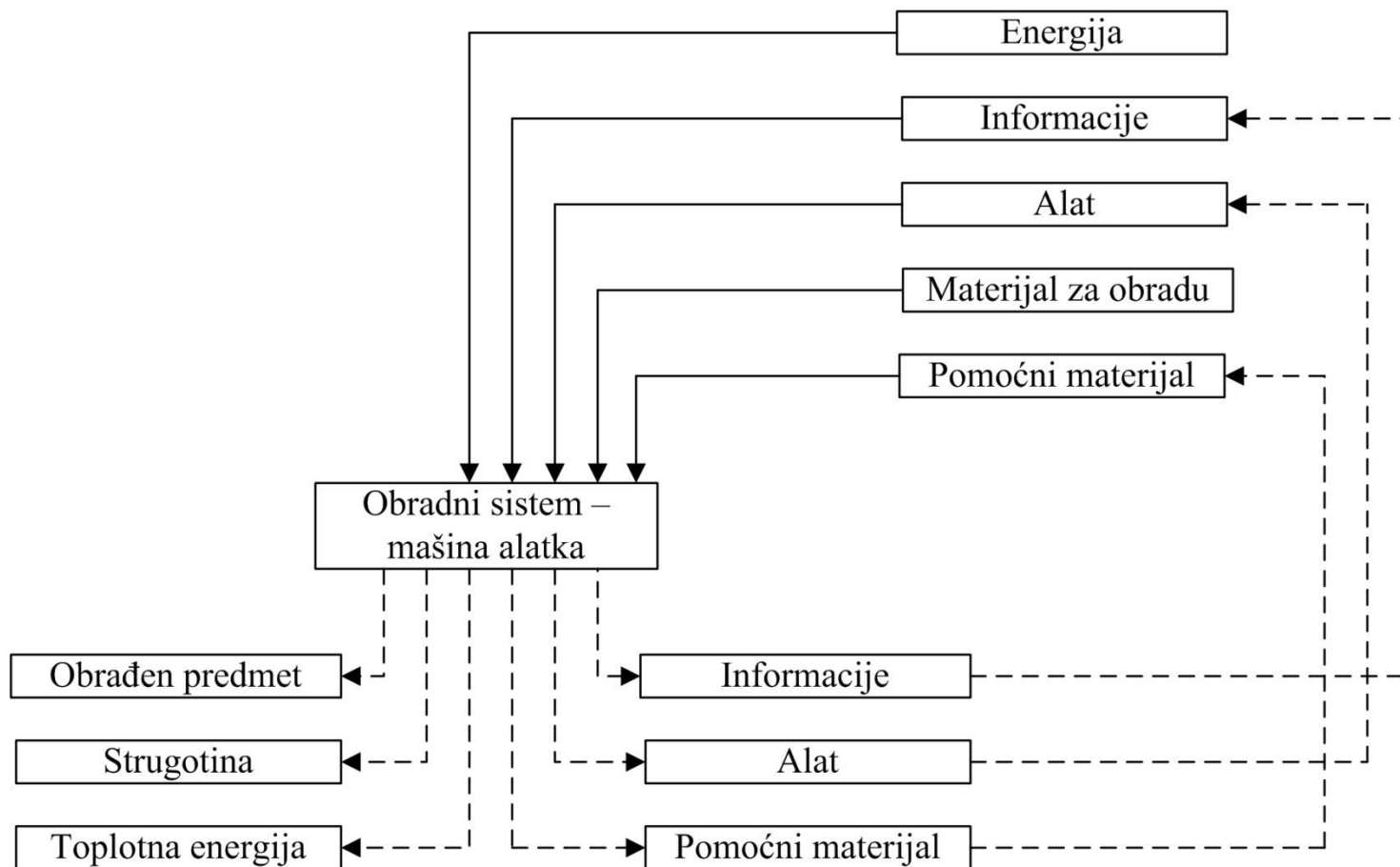
❑ **Izlazna energija** predstavlja transformisanu ulaznu energiju.

❑ Najveći deo energije se transformiše u **toplotnu**, a znatno manje u kinetičku i zvučnu.

❑ **Izlazni materijal** je transformisani ulazni materijal. Sastoji se od izradka i otpadnog materijala. U otpadni materijal spadaju utrošeno sredstvo za hlađenje i podmazivanje, utrošeno ulje za podmazivanje, strugotina pri obradi rezanjem, otpadni deo trake pri obradi lima itd.

❑ Između ulaza i izlaza iz obradnog sistema postoji **povratna sprega**.

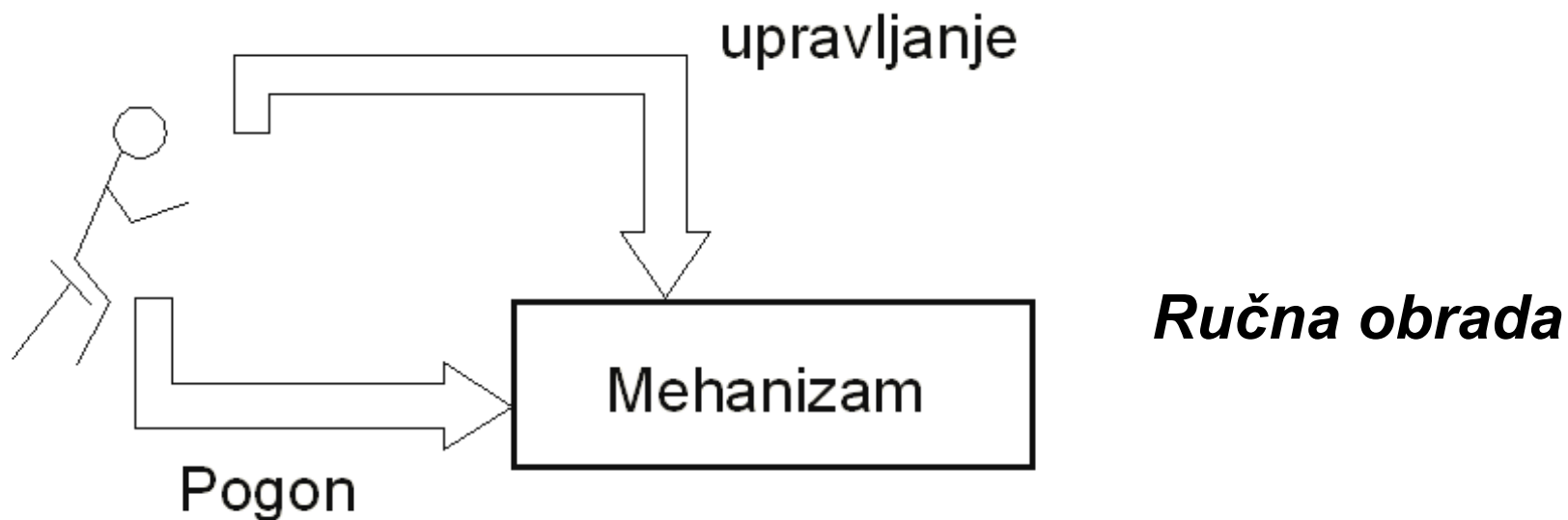
Obradni sistemi



Ovde je mašina alatka poistovećena sa obradnim sistemom, što je moguće obzirom da po definiciji sistem podrazumeva kao osnovnu funkciju izvođenje procesa, a to se izvodi na mašini alatki opremljenoj ranije pomenutim “dodatnim elementima”.

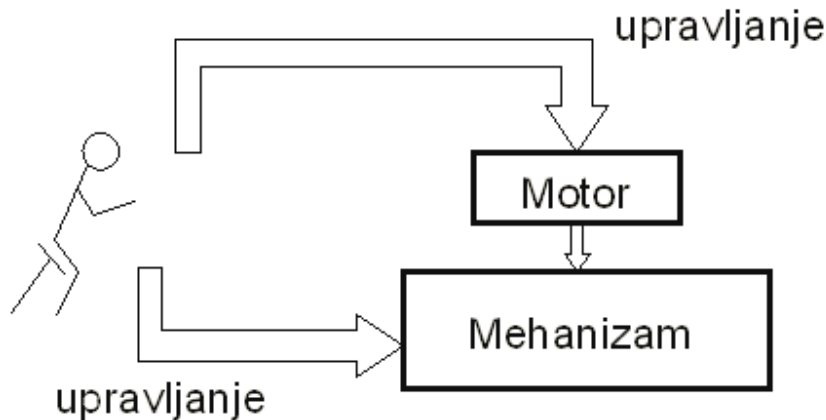
Modeli drugih sistema

U nastavku se prikazuju modeli obradnih sistema sa stanovišta upravljanja.



Modeli drugih sistema

Model konvencionalne mašine alatke kod koje energiju za preoblikovanje priprema u izradak obezbeđuje pogonski motor, dok se preoblikovanje vrši primenom određenih mehanizama.

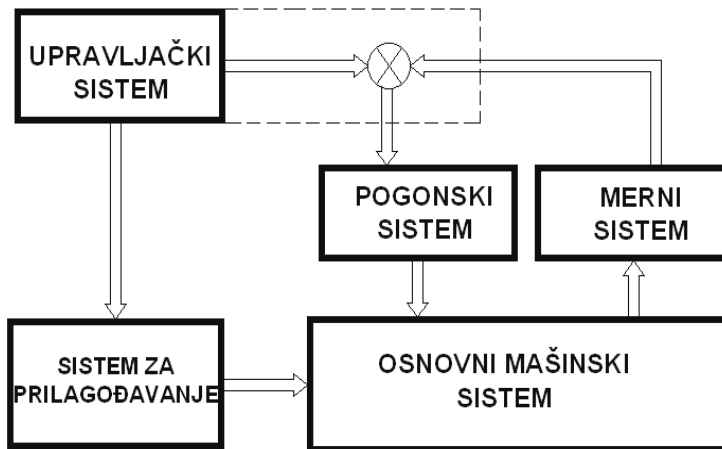


Model konvencionalne mašine alatke

(Mehanizacija: Funkciju preoblikovanje vrši motor i mehanizam)

Modeli drugih sistema

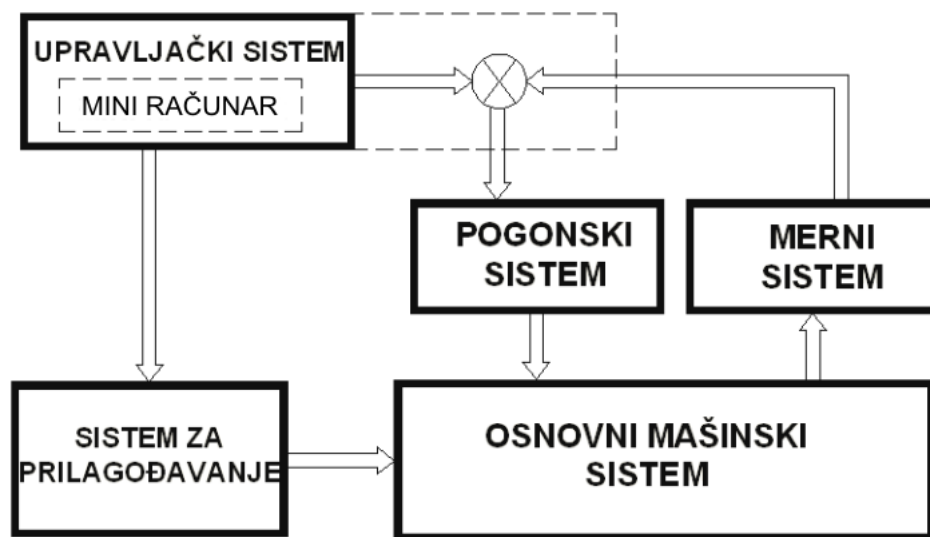
Model numerički upravljane mašine alatke, sadrži: upravljački sistem (upravljačku jedinicu), sistem za prilagođavanje upravljačkih informacija (interface), pogonski sistem, merni sistem i osnovni mašinski sistem (osnovnu mašinu alatku).



Model numerički upravljane mašine alatke (NC MA) (Automatizacija: Mehanizovana i funkcija upravljanja)

Modeli drugih sistema

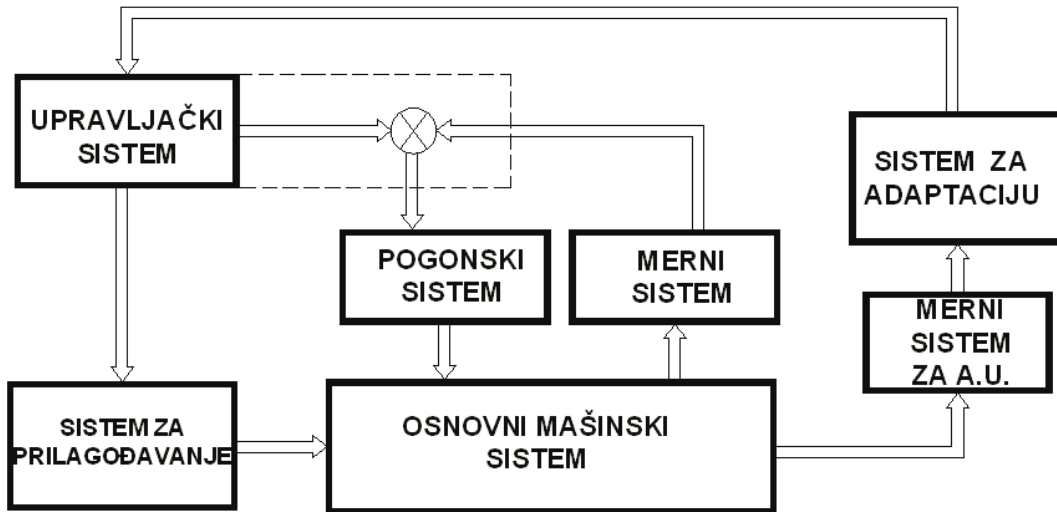
Upravljačka jedinica kod kompjuterski numerički upravljane mašine alatke sadrži kao centralni element procesni mini računar



Model kompjuterski numerički upravljane mašine alatke (CNC MA)

Modeli drugih sistema

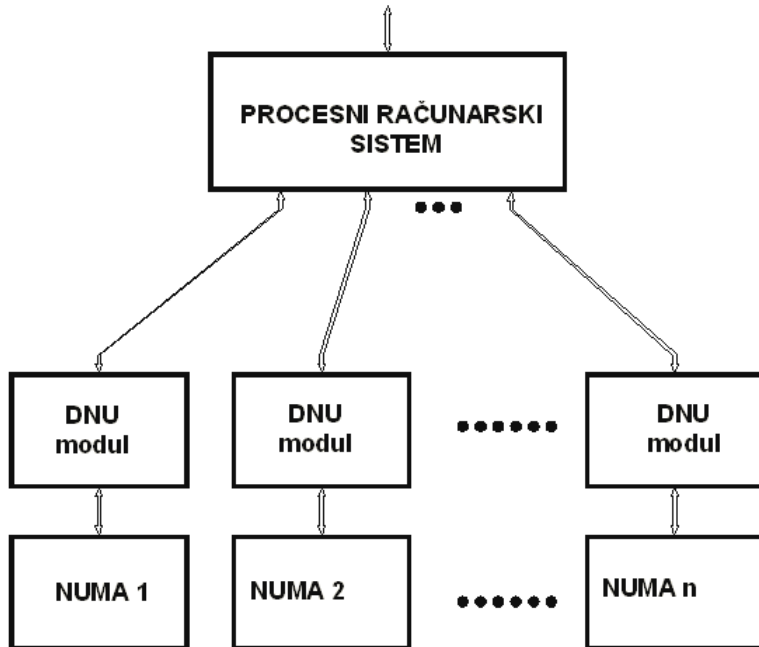
Adaptivno upravljani AU - (AC- Adaptiv Control) obradni sistemi u svojoj strukturi sadrže i sistem za adaptaciju, kao i merni sistem adaptivnog upravljanja (sistem za identifikaciju)



Model kompjuterski numerički upravljane mašine alatke sa adaptivnim upravljanjem

Modeli drugih sistema

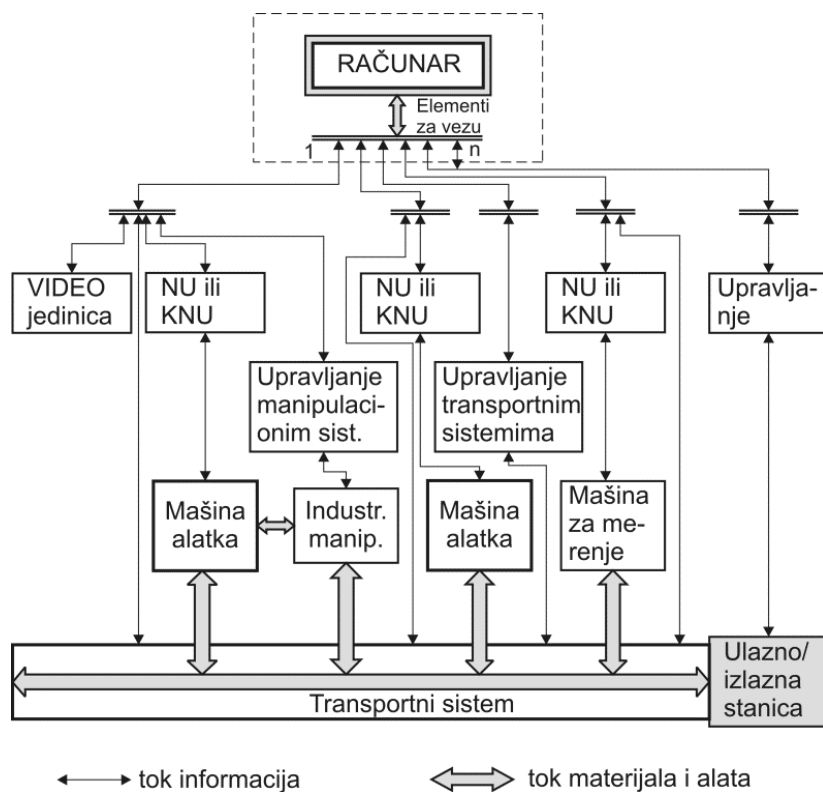
Direktno - distribuirano numeričko upravljanje DNU (DNC) podrazumeva istovremeno ON-LINE centralizovano upravljanje više mašina alatki, sa jednog mesta, pomoću centralnog računarskog sistema



Principijelna koncepcija DNU sistema

Modeli drugih sistema

U teži da se sve aktivnosti u okviru tehnološkog procesa obuhvate automatizacijom razvijeni su sistemi sa manjim ili većim stepenom integracije – tzv. fleksibilni tehnološki sistemi.



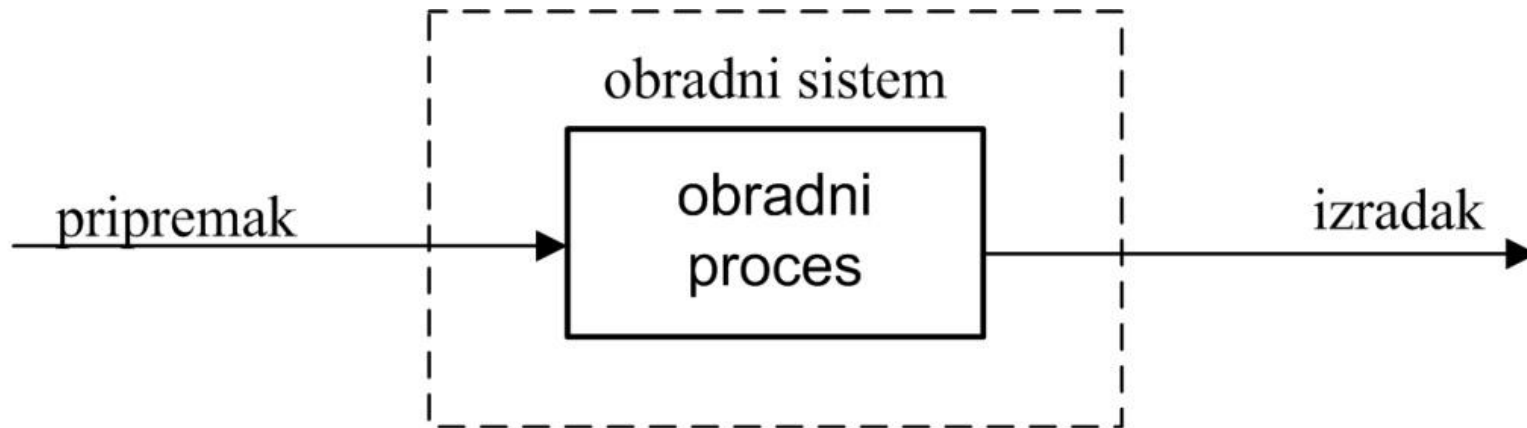
Model automatskog fleksibilnog tehnološkog sistema (AFTS)

Obradni procesi

Obradni procesi

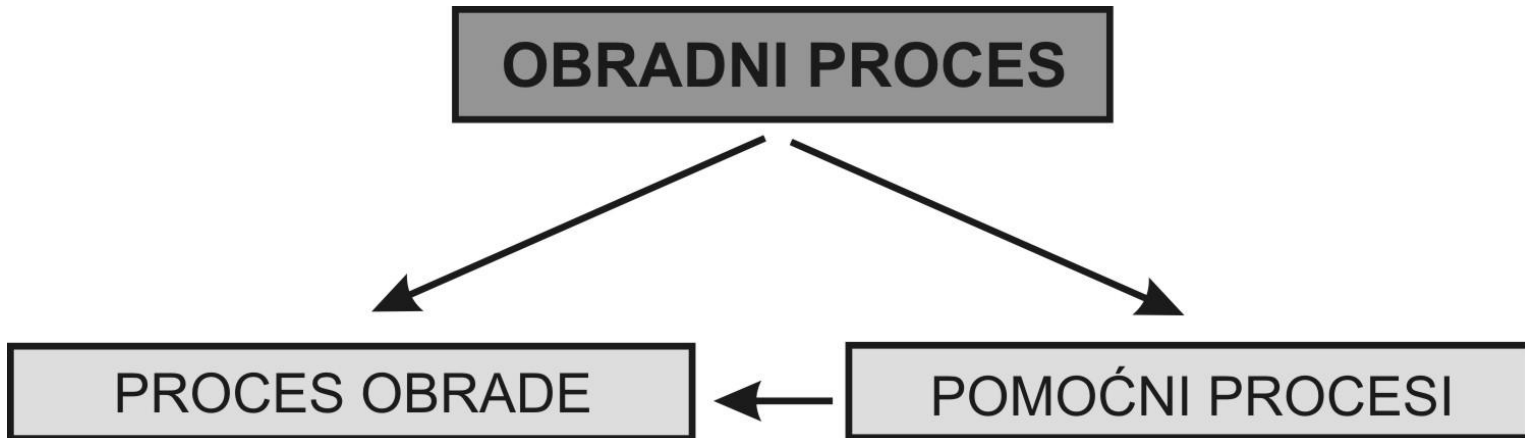
Obradni procesi čini skup aktivnosti koje se realizuju na mašini alatki, a mogu se, podeliti na:

- procese obrade (direktne ili efektivne);
- pomoćne procese (dopunske);



Model obradnog procesa

Obradni procesi



Osnovna podela obradnog procesa

Obradni procesi

Metode obrade

Postupci izvođenja procesa obrade u smislu međusobnog dejstva alata i obratka, u strogo predviđenom izvođenju osnovnih i dopunskih kretanja definišu **metod obrade**.

Osnovne metode obrade dele se na:

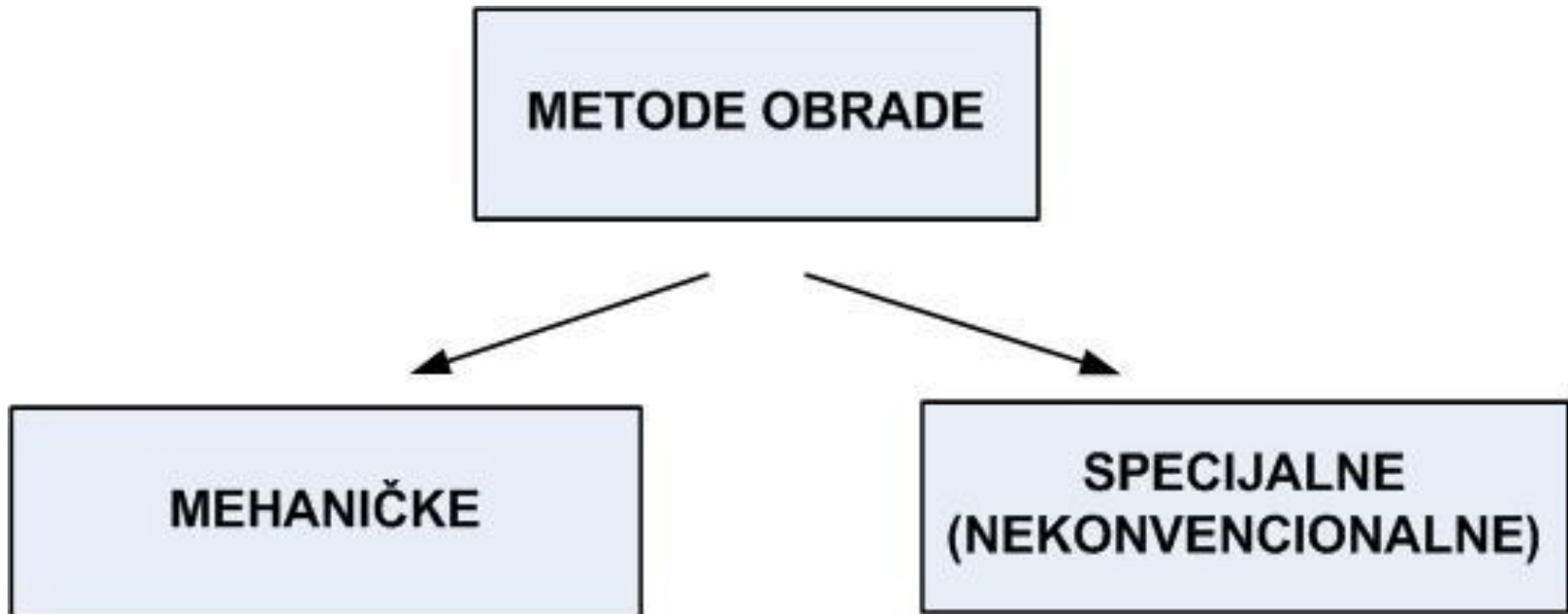
- **metode obrade rezanjem,**
- metode obrade plastičnim deformisanjem,
- nekonvencionalne metode obrade,
- metode obrade velikim brzinama deformisanja, i
- posebne metode obrade.

Metode obrade rezanjem dele se, prema:

- alatima sa definisanom geometrijom (jedno-, dvo- i višesečni alati) i
- alatima sa nedefinisanom geometrijom (mnogosečni alati).

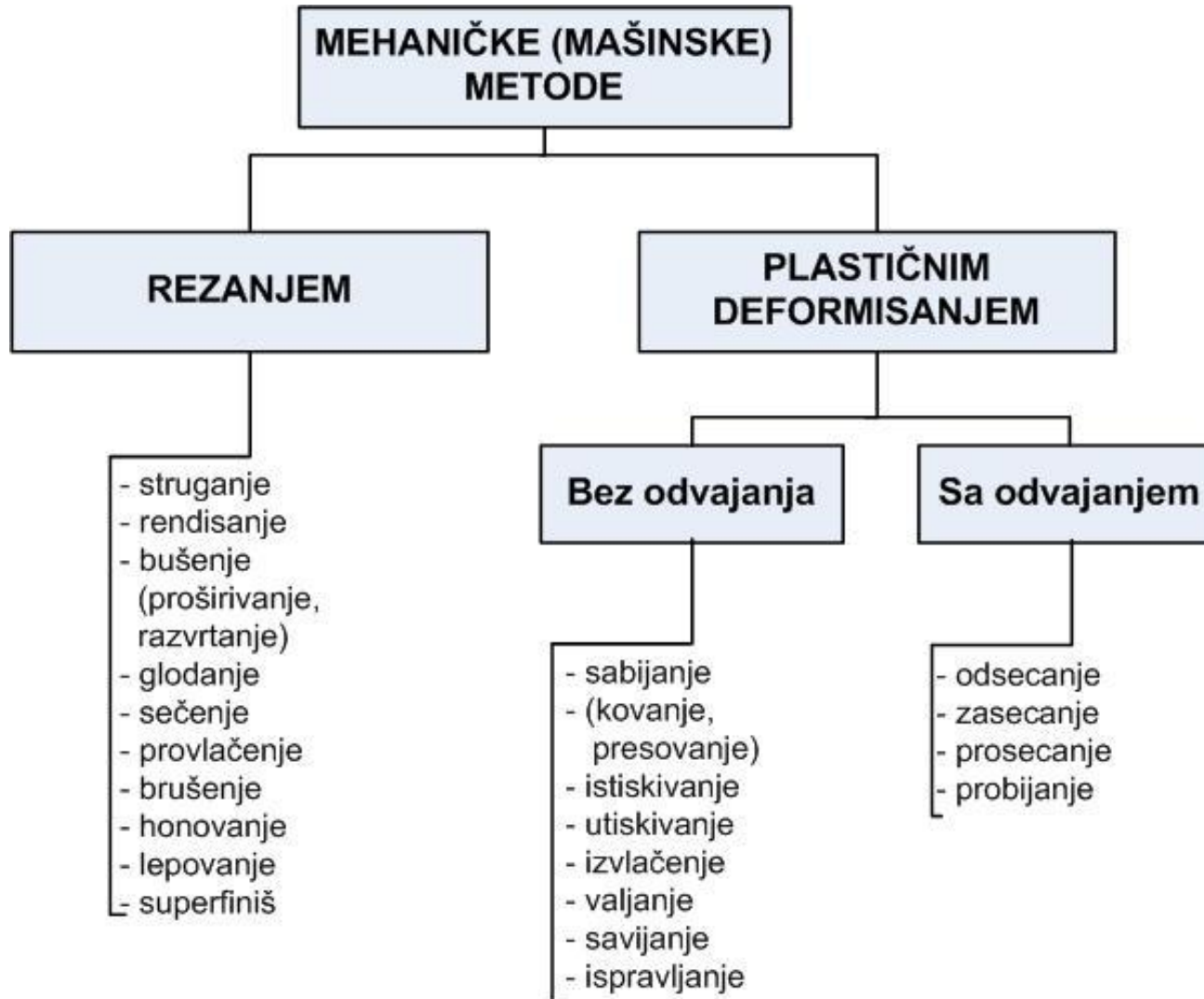
Obradni procesi

Prema načinu ostvarenja procesa obrade razlikuju se:



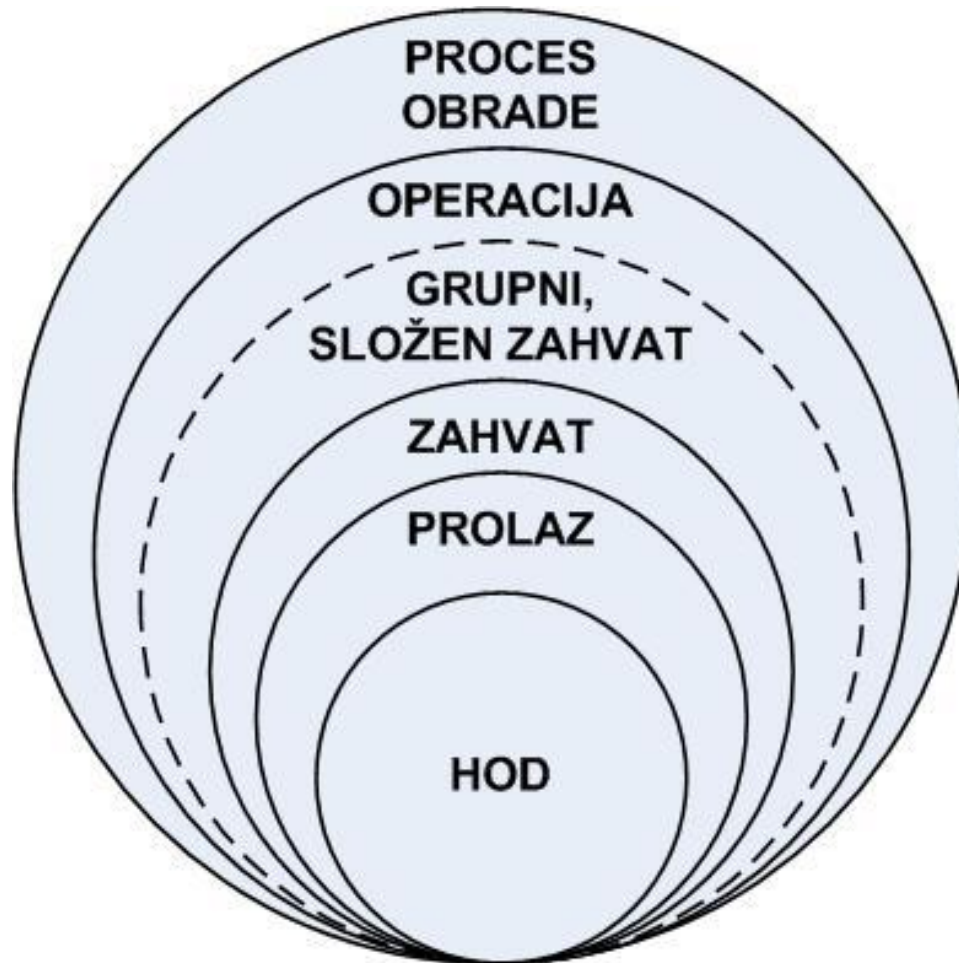
Obradni procesi

Mehaničke metode obrade su:



Obradni procesi

Elementi mehaničkih metoda obrade su:



Obradni procesi

Struktura obradnog procesa

- **Proces obrade** se odvija u jednoj ili više *operacija (tehnoloških operacija)*;
- **Opreacija** – skup direktnih i pomoćnih dejstava na obradak na jednom obradnom sistemu koji omogućuje završetak jedne celine procesa obrade. (Obrada na jednom obradnom sistemu u jednom stezanju);
- **Zahvat** je izvršno ili **direktno dejstvo alata na obradak u okviru operacije** (elementi režima obrade se ne menjaju);

Obradni procesi

Struktura obradnog procesa

- **Složen zahvat** predstavlja deo operacije gde se jednim alatom vrši konačno formiranje jedne **složene površine**;
- **Prolaz** je deo zahvata koji se odnosi na **skidanje jednog sloja materijala sa jednim alatom** i to pri određenom pomeranju;

Obradni sistemi

Pomoćni procesi

Osnovne aktivnosti kod pomoćnih procesa odnosi se na pozicioniranje pripremkama, obratka i alata.

- **Pozicioniranje pripremkama**, predstavlja postavljanje ili baziranje pripremkama na mašinu ili u pribor, a pre početka obrade.
- **Pozicioniranje obratka** predstavlja postavljanje ili baziranje obratka na mašinu ili u pribor ili njegovo dovođenje u novi položaj, tj. u novu poziciju u odnosu na alat;
- **Pozicioniranje alata** odnosi se na postavljanje alata u određen položaj u odnosu na držač, postavljanje držača sa alatom u određen položaj u odnosu na nosač alata ili dovođenje alata u određeni položaj u odnosu na obradak.

Obradni sistemi

Pomoćni procesi

Baziranje priprema, obratka ili alata vrši se preko odgovarajućih tačaka, linija ili površina, koje predstavljaju baze.

Sve baze se mogu podeliti na:

- konstrukcione,
- tehnološke,
- merne,
- montažne.

Obradni sistemi

Pomoćni procesi

- **Konstruktione baze** su tačke, linije ili površine koje služe za definisanje mera i odnosa pojedinih geometrijskih elemenata na konstrukcionom crtežu nekog dela ili sklopa.
- **Tehnološke baze** služe za određivanje položaja obratka pri izvođenju procesa obrade i mogu biti neobrađene, obrađene, pomoćne i dopunske.
- **Merne baze** služe za merenje i kontrolu mera i odnosa geometrijskih elemenata gotovog dela.
- **Montažne baze** služe za orijentaciju i postavljanje delova pri montaži.

FTN - DPM - LAMA

Predmet: Obradni i tehnološki sistemi

Novi Sad, OKTOBAR 2021.

4.0 KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

Sadržaj

4.0. KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

4.1 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju rotacionih površina

4.2 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju ravnih površina

4.3 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju složenih – profilnih površina

Uvod

- Proces obrade rezanjem ostvaruje se relativnim kretanjem između alata i radnog predmeta pomoću odgovarajućeg kinematskog sistema.
- Kinematski sistem mašina alatki se sastoji od nekoliko funkcionalnih celina, koje u konstrukcionom smislu čine sklopove.
- Celokupni kinematski sistem mašine alatke se može podeliti na:
 - pogonski sistem;
 - prenosni sistem;
 - noseći sistem;


















Uvod

- Elementarne površine koje definišu geometrijski oblik obradka mogu biti: **rotacione, ravne i profilne** (specijalne);
 - Obrada rotacionih površina se najčešće realizuje metodama obrade:
 - struganje;
 - bušenje;
 - okruglo brušenje;
 - Ravne površine se u principu realizuju metodama obrade:
 - rendisanje;
 - glodanje;
 - ravno brušenje;
 - Profilne površine se mogu realizovati različitim metodama obrade zavisno od kimenatske strukture mašine alatke na kojoj se iste realizuju.

U okviru predmeta će se razmatrati samo obrada najprisutnijih profilnih površina u industriji mašinogradnje i to **zavojnih i evolventnih površina**.

Uvod

- U zavisnosti od složenosti geometrijskog oblika radnog predmeta koji se želi dobiti, kod mašina alatki postoje dva tipa kretanja: **glavno i pomoćno kretanje**.

Kretanje alata i radnog predmeta				
Proces obrade	Glavno kretanje		Pomoćno kretanje	
Struganje	R.P.		A	
Bušenje	A		A	
Glodanje	A		R.P.	
Rendisanje				
- kratkohodno	A		R.P.	
- dugohodno	R.P.		A	
Brušenje				
- ravno	A		R.P.	
- okruglo	A		R.P.	
Napomena:  obrtno;  linearno;  periodično kretanje				

Klasifikacija osnovnih kretanja kod konvencionalnih mašina alatki

Uvod

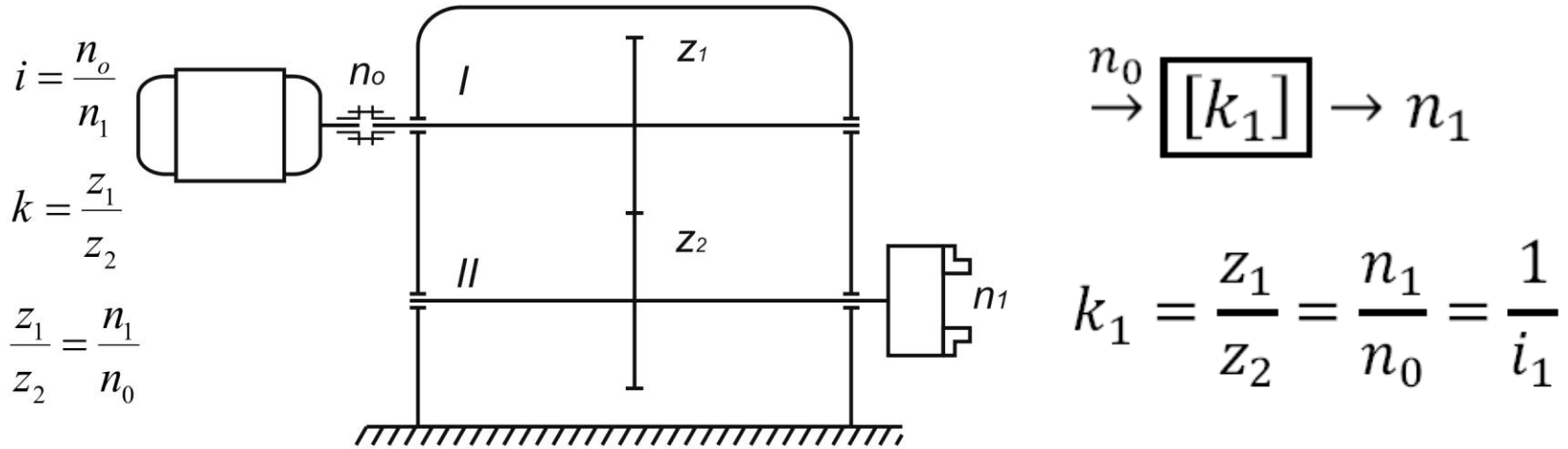
- Za jedan opseg dimenzija radnih predmeta kinematski sistem treba da raspolaže sa skupom brzina kako glavnog kretanja (brzina rezanja), tako i brzinama pomoćnog kretanja (pomak) koje će zadovoljiti tehnološke kriterijume.

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix} = n_0 \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}$$

- Kinematski sistemi za glavno i pomoćno kretanje, a po potrebi i dopunska kretanja koji obezbeđuju određeni skup brzina na mašinama alatkama se nazivaju **prenosnici**.

Uvod

Primer elementarnog zupčastog prenosiika

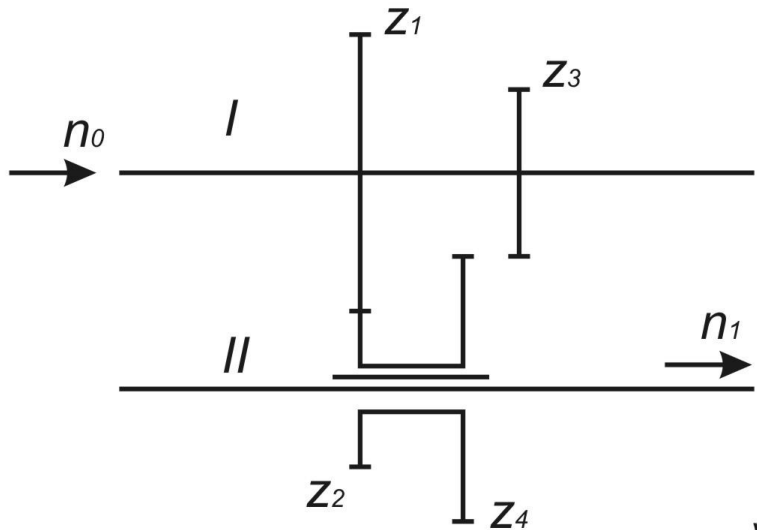


Prenosni faktor (k) je odnos izlaznog i ulaznog broja obrtaja u kinematskom lancu koji se posmatra.

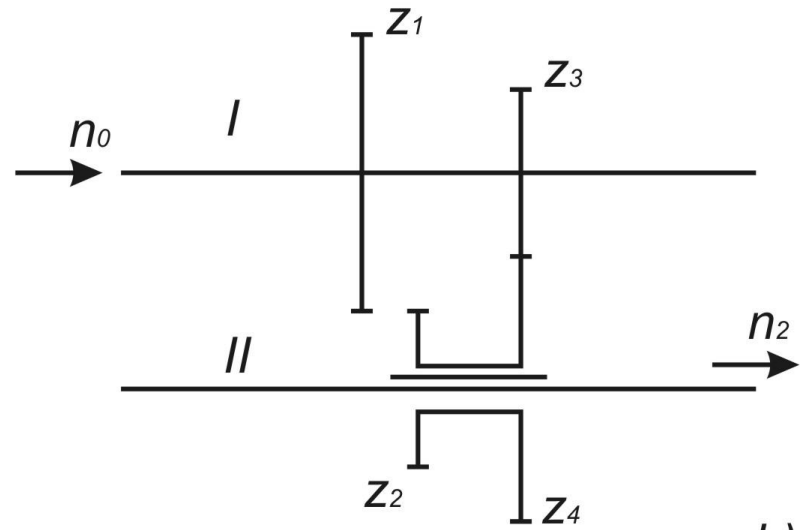
Prenosni faktor predstavlja recipročnu vrednost **prenosnog odnosa (i)**.

Uvod

Primer zupčastog prenosnika sa pomerljivom grupom od dva zupčanika



a)



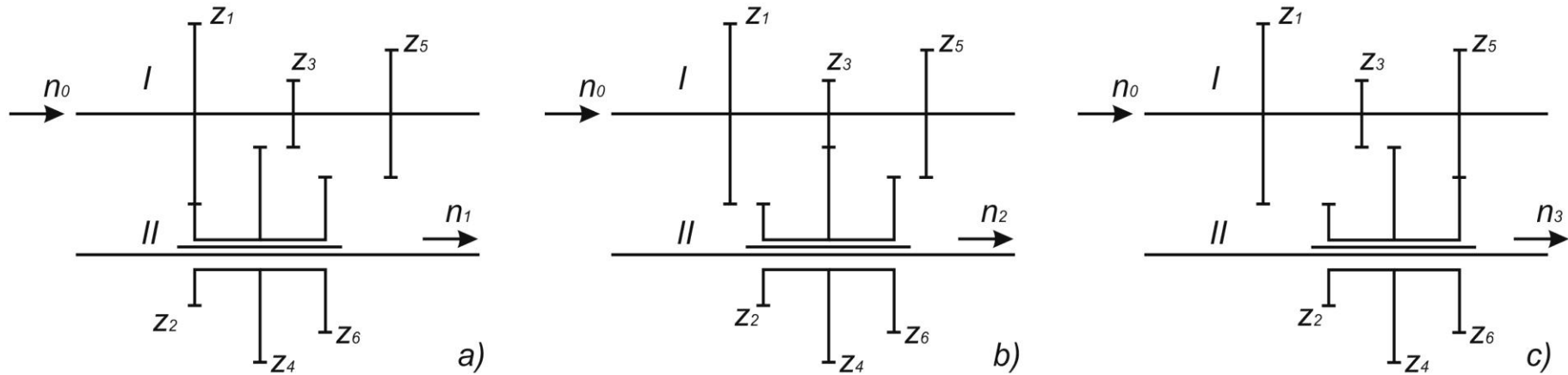
b)

$$n_1 = n_0 \cdot \frac{Z_1}{Z_2} = n_0 \cdot k_1 ; n_2 = n_0 \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = n_0 \cdot k_2$$

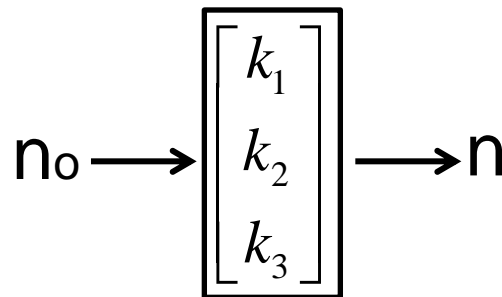
$$n_0 \rightarrow \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix} \rightarrow n$$

Uvod

Primer zupčastog prenosnika sa pomerljivom grupom od tri zupčanika

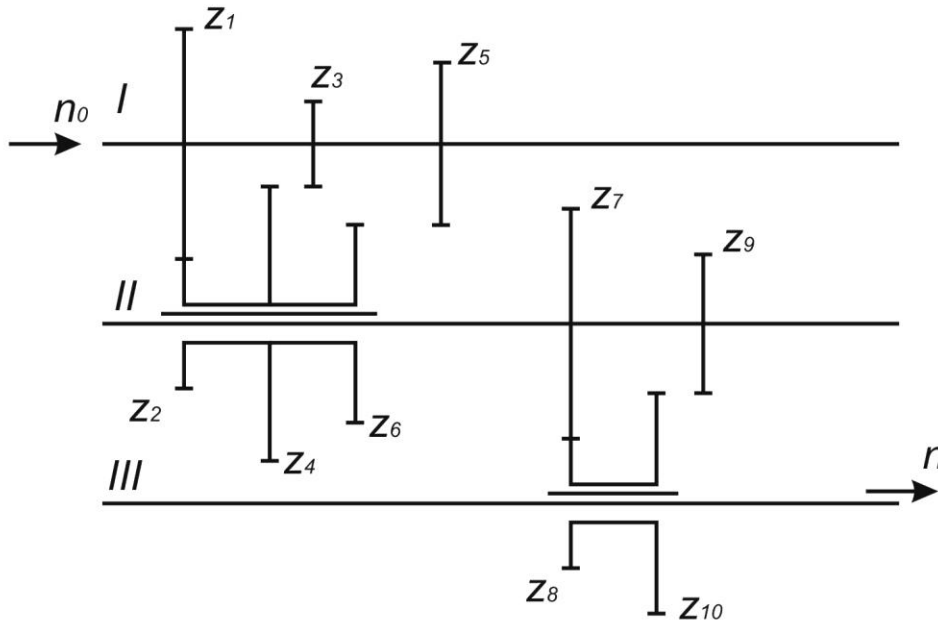


$$n_1 = n_0 \cdot \frac{z_1}{z_2} = n_0 \cdot k_1 ; n_2 = n_0 \cdot \frac{z_3}{z_4} = n_0 \cdot k_2 ; n_3 = n_0 \cdot \frac{z_5}{z_6} = n_0 \cdot k_3$$



Uvod

Primer zupčastog prenosnika sa pomerljivom grupom od tri i dva zupčanika



$$n_1 = n_0 \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_7}{Z_8} = n_0 \cdot k'_1 \cdot k''_1 = n_0 \cdot k_1(uk)$$

$$n_2 = n_0 \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_7}{Z_8} = n_0 \cdot k'_2 \cdot k''_1 = n_0 \cdot k_2(uk)$$

$$n_3 = n_0 \cdot \frac{Z_5}{Z_6} \cdot \frac{Z_7}{Z_8} = n_0 \cdot k'_3 \cdot k''_1 = n_0 \cdot k_3(uk)$$

$$n_4 = n_0 \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_9}{Z_{10}} = n_0 \cdot k'_1 \cdot k''_2 = n_0 \cdot k_4(uk)$$

$$n_5 = n_0 \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_9}{Z_{10}} = n_0 \cdot k'_2 \cdot k''_2 = n_0 \cdot k_5(uk)$$

$$n_6 = n_0 \cdot \frac{Z_5}{Z_6} \cdot \frac{Z_9}{Z_{10}} = n_0 \cdot k'_3 \cdot k''_2 = n_0 \cdot k_6(uk)$$

$$n_0 \rightarrow \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \\ k_6 \end{bmatrix} \rightarrow n \quad n = n_0 \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ k_6 \end{bmatrix}$$

Ukupni prenosni faktor celog kinematskog lanca jednak je proizvodu parcijalnih prenosnih faktora elementarnih prenosa u tom kinematskom lancu.

$$n_{izl} = n_{ul} \cdot k_{uk}$$

KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

5.1 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju rotacionih površina

5.1.1 Kinematska struktura strugova

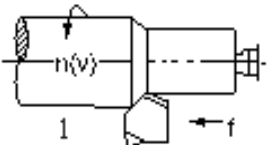
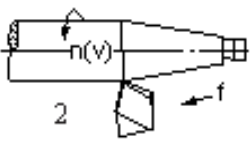
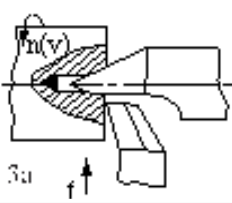
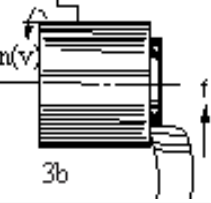
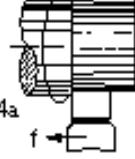
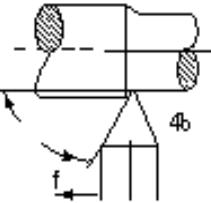

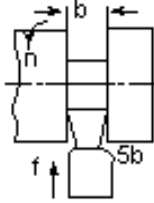
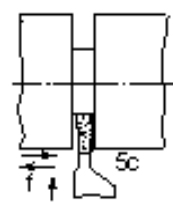
5.1.2 Kinematska struktura bušilica

4.1.1 Kinematska struktura strugova

- Strugovi se generalno smatraju najstarijim mašinama alatkama koje se još uvek koriste u mašinskim pogonima.
- Strugovi se koriste za: uzdužno i poprečno struganje spoljašnjih i unutrašnjih cilindričnih i konusnih površina, izradu zavojnica, bušenje, urezivanje, narezivanje navoja, itd.
- Kod operacije obrade struganjem **glavno kretanje je obrtno** i izvodi ga **radni predmet**, dok je **pomoćno kretanje pravolinijsko** i izvodi ga **alat** i može imati različite pravce u zavisnosti od odgovarajuće operacije.
- Različitim operacijma/zahvatima odgovaraju i različiti alati u zavisnosti od same obrade kao i od zahtevanog kvaliteta obrađene površine.

4.1.1 Kinematska struktura strugova

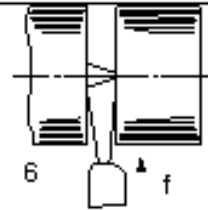
Tipični zahvati obrade struganjem.

Zahvati obrade	Skica i pravac kretanja alata
1. Obrada cilindrične površine standardnim strugarskim nožem	
2. Obrada konusne površine standardnim strugarskim nožem	
3. Obrada čela radnog predmeta:	
a) Alatom za čeonu obradu dok je RP stegnut između šiljaka	
b) Alatom za čeonu obradu dok je RP stegnut u steznoj glavi	
4. Završna obrada:	
a) Alatom sa širokom reznom ivicom	
b) Alatom oštrom reznom ivicom	
5. Ukopavanje žleba:	
a) Alatom za ukopavanje žleba	
b) Širokim alatom za ukopavanje žleba	
c) Ukopavanje širokog žleba uskim alatom za ukopavanje	

4.1.1 Kinematska struktura strugova

Tipični zahvati obrade struganjem.

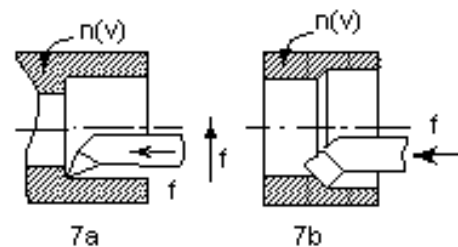
6. Odsecanje alatom za odsecanje



7. Obrada unutrašnje konture:

a) Savijenim alatom za grubu obradu

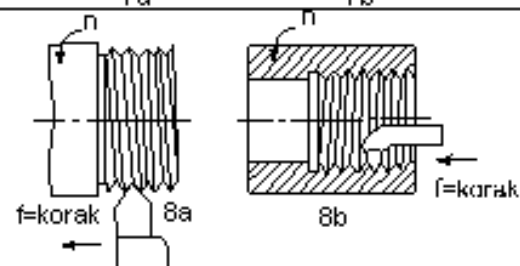
b) Savijenim alatom za završnu obradu



8. Urezivanje navoja:

a) Alatom za spoljašnje urezivanje navoja

b) Alatom za unutrašnje urezivanje navoja

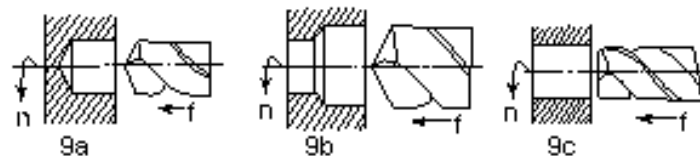


9. Bušenje i proširivanje:

a) Bušenje zavojnom burgijom

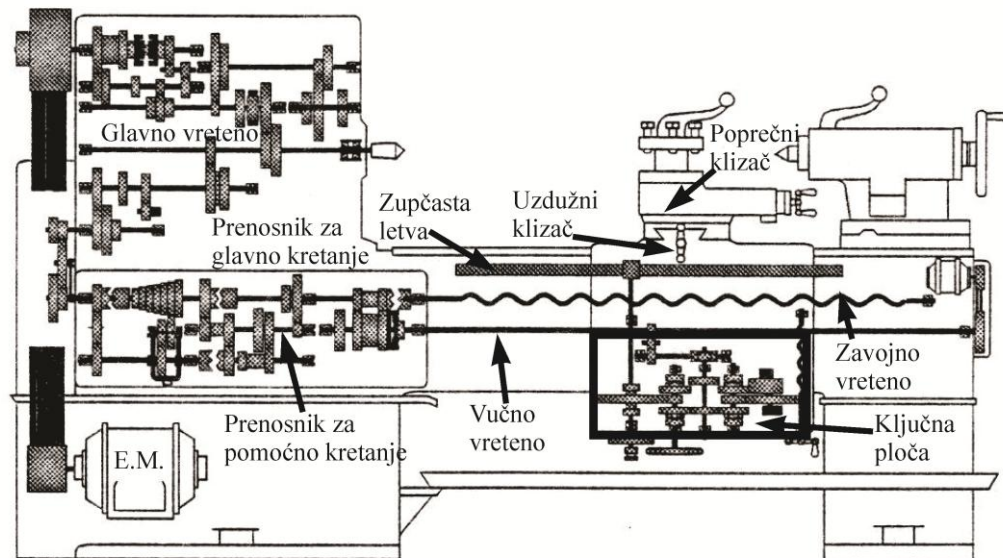
b) Proširivanje zavojnom burgijom

c) Proširivanje proširivačem



4.1.1 Kinematska struktura strugova

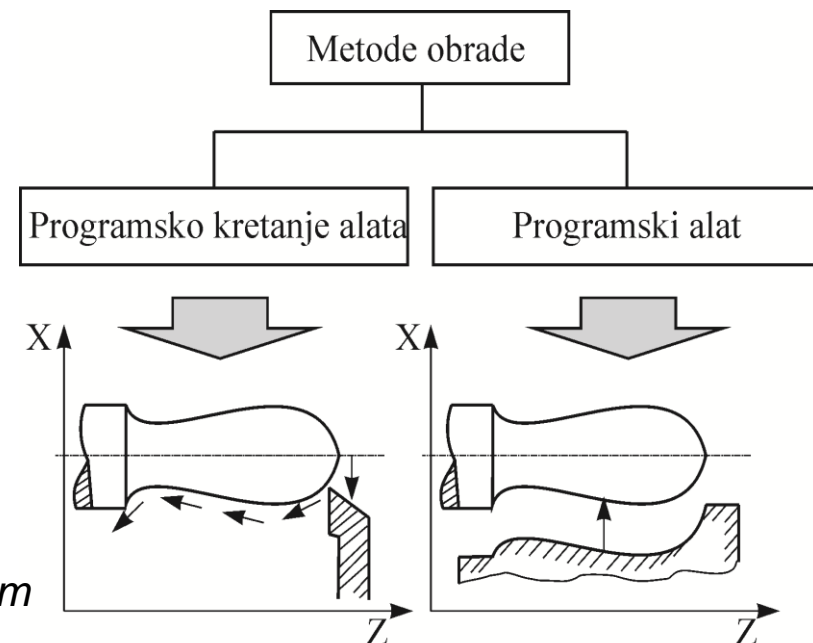
- Strugovi imaju zavisan tip prenosnika, odnosno, pogon za glavno i pomoćno kretanje se dobija od istog pogonskog elektromotora.
- Pogon za pomoćno kretanje se uzima direktno sa glavnog vretena, obzirom da je potrebna stroga zavisnost između glavnog kretanja (obrtnja radnog predmeta) i pomoćnog kretanja (translatorskog kretanja alata).



Kinematska šema univerzalnog struga

4.1.1 Kinematska struktura strugova

- Kod obrade struganjem potrebna kontura radnog predmeta se ostvaruje programskim kretanjem alata i programskim (profilnim alatom) alatom.
- Obrada struganjem programskim (profilnim) alatom se primenjuje u velikoserijskoj i masovnoj proizvodnji.
- Pri obradi struganjem programskim kretanjem alata, konturu obradka opisuje vrh alata.



Metode obrade struganjem

4.1.1 Kinematska struktura strugova

- Programsko kretanje alata se ostvaruje u koordinatnom sistemu OZX.
 - Z – osa ovog koordinatnog sistema je osa glavnog vretena,
 - X – osa je normalna na “Z” osu (osu glavnog vretena).
- Sistem klizača mašine na kojem se nalazi nosač alata se sastoji od dva klizača i to:
 - jedan klizač koji se pomera u pravcu “Z” ose (uzdužni klizač);
 - jedan klizač koji se pomera u pravcu “X” ose (poprečni klizač);

4.1.1 Kinematska struktura strugova

Vektor brzine kretanja vrha alata :

$$\mathbf{s} = \mathbf{s} (s_z; s_x)$$

s - rezultujući vektor brzine

s_z - komponenta brzine u pravcu "z" ose

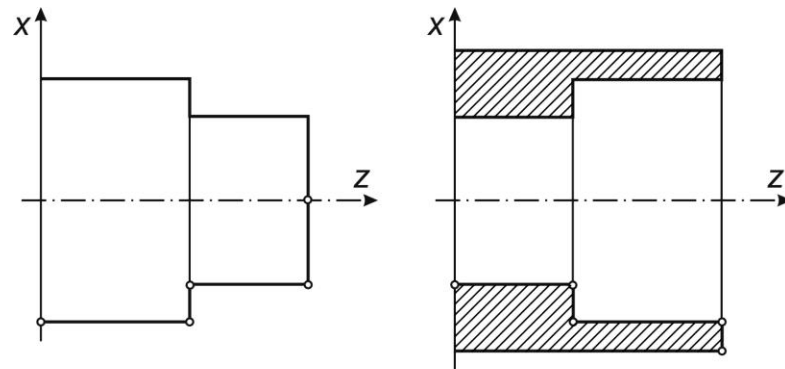
s_x - komponenta brzine u pravcu "x" ose

1. Slučaj

Kada se kretanje izvodi samo u pravcu jedne od koordinatnih osa:

$\vec{s} = \vec{s}(\vec{s}_z; \vec{s}_x = 0)$ - uzdužno struganje

$\vec{s} = \vec{s}(\vec{s}_z = 0; \vec{s}_x)$ - poprečno struganje



a.

b.

Kretanje alata pri: a) uzdužnom; b) poprečnom struganju;

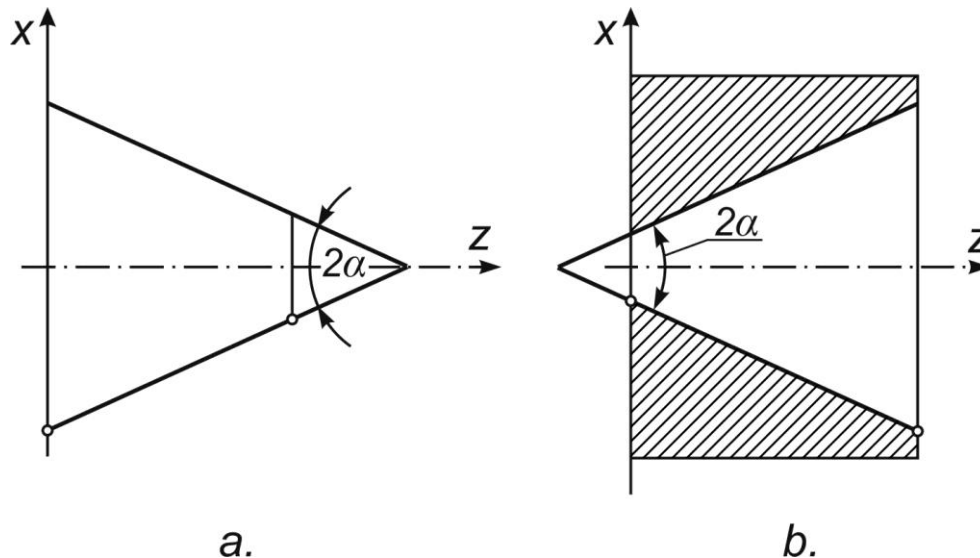
4.1.1 Kinematska struktura strugova

2. Slučaj:

Kada postoji **konstantna (kruta) zavisnost** između kinematskih lanaca za “Z” i “X” osu.

$$\vec{s} = \vec{s}(\vec{s}_z; \vec{s}_x = C \cdot s_z \cdot \vec{i})$$

U ovom slučaju se ostvaruje konusno struganje, odnosno, izrada konusa, pri čemu, je C kruta, konstantna veza između kretanja po X i Z osi



Kretanje alata pri struganju; a)struganju spoljašnjeg; b)unutrašnjeg konusa;

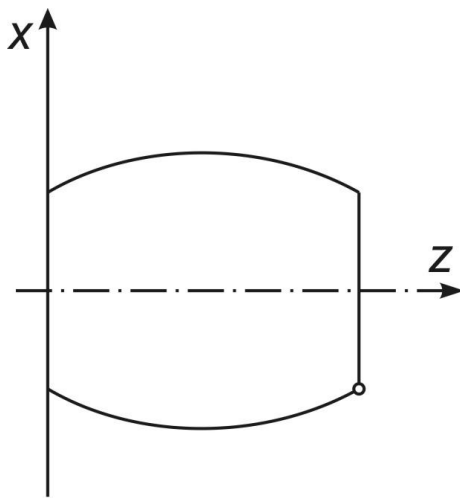
4.1.1 Kinematska struktura strugova

3. Slučaj:

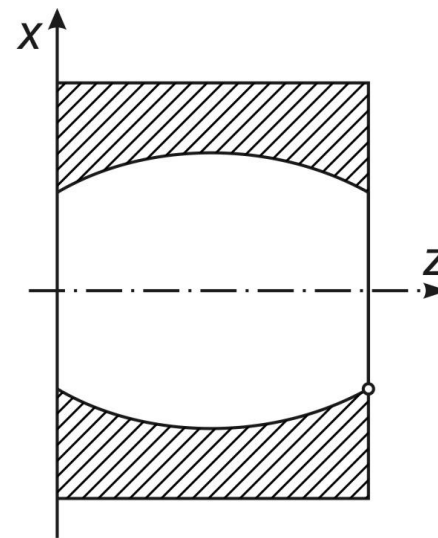
Između kinematskih lanaca klizača **postoji određena funkcionalna** zavisnost kretanja u pravcu “Z” i “X” ose u obliku:

$$\vec{s} = \vec{s}(\vec{s}_z; \vec{s}_x = \varphi(z; x) \vec{s}_z)$$

U ovom slučaju je u pitanju struganje obratka proizvoljne konture.



a.



b.

Kretanje alata pri: a) struganju spoljašnjeg; b) unutrašnjeg profila

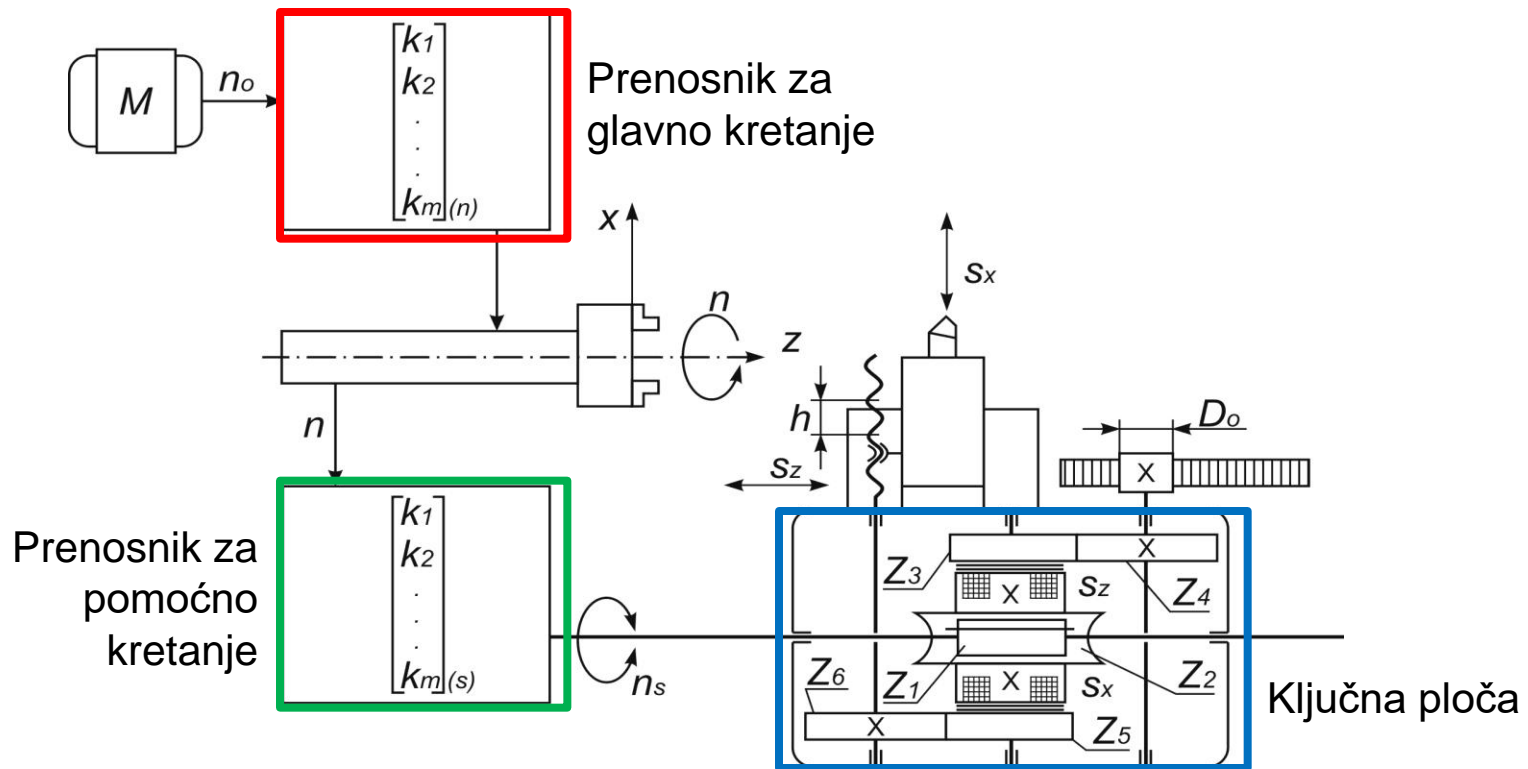
4.1.1 Kinematska struktura strugova

1. Produkcioni strug

Produkcioni strugovi mogu da izvode kretanje samo u pravcu jedne od koordinatnih:

$\vec{s} = \vec{s}(\vec{s}_z; \vec{s}_x = 0)$ - uzdužno struganje

$\vec{s} = \vec{s}(\vec{s}_z = 0; \vec{s}_x)$ - poprečno struganje



Kinematska šema produkcionog struga

4.1.1 Kinematska struktura strugova

1 Produkcioni strug – glavno kretanje

Potrebne brzine rezanja se ostvaruju preko prenosioca za glavno kretanje. Brzina rezanja za obradu struganjem je:

$$v_i = D_p \pi n_i; [\text{mm/min}]; n_i = 1, 2, 3, \dots, m$$

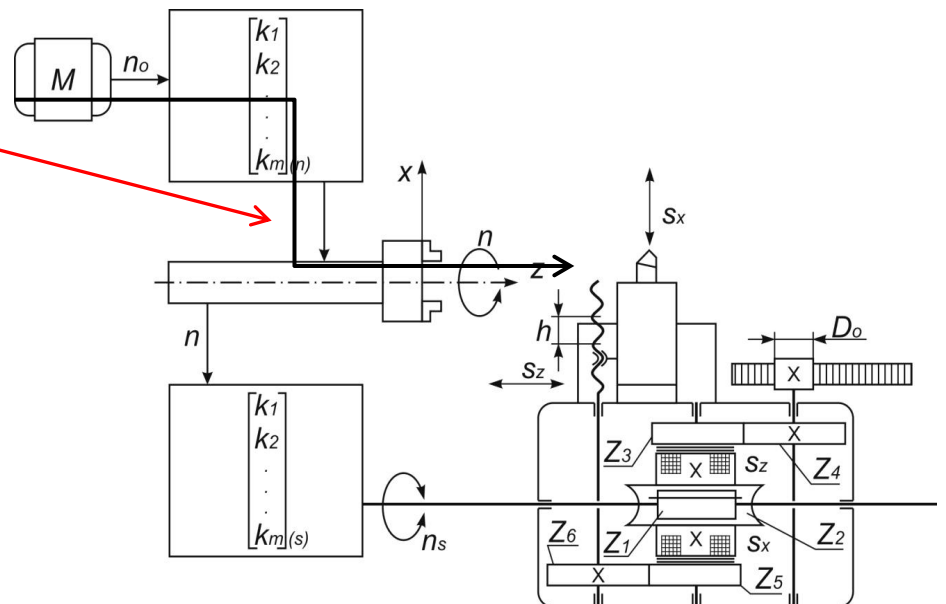
gde je D_p prečnik radnog predmeta, a n_i broj obrtaja radnog predmeta za odgovarajuću brzinu rezanja koji se određuje kao:

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix} = n_o \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(n)} ; [\text{o/min}]$$

n_o - broj obrtaja elektromotora, $k_{m(n)}$ - prenosni faktor prenosioca za glavno kretanje.

Raspoložive brzine rezanja su:

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \cdot \\ v_m \end{bmatrix} = D_p \pi n_o \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(n)} ; [\text{mm/min}]$$



4.1.1 Kinematska struktura strugova

1 Produkcioni strug – pomoćno uzdužno kretanje

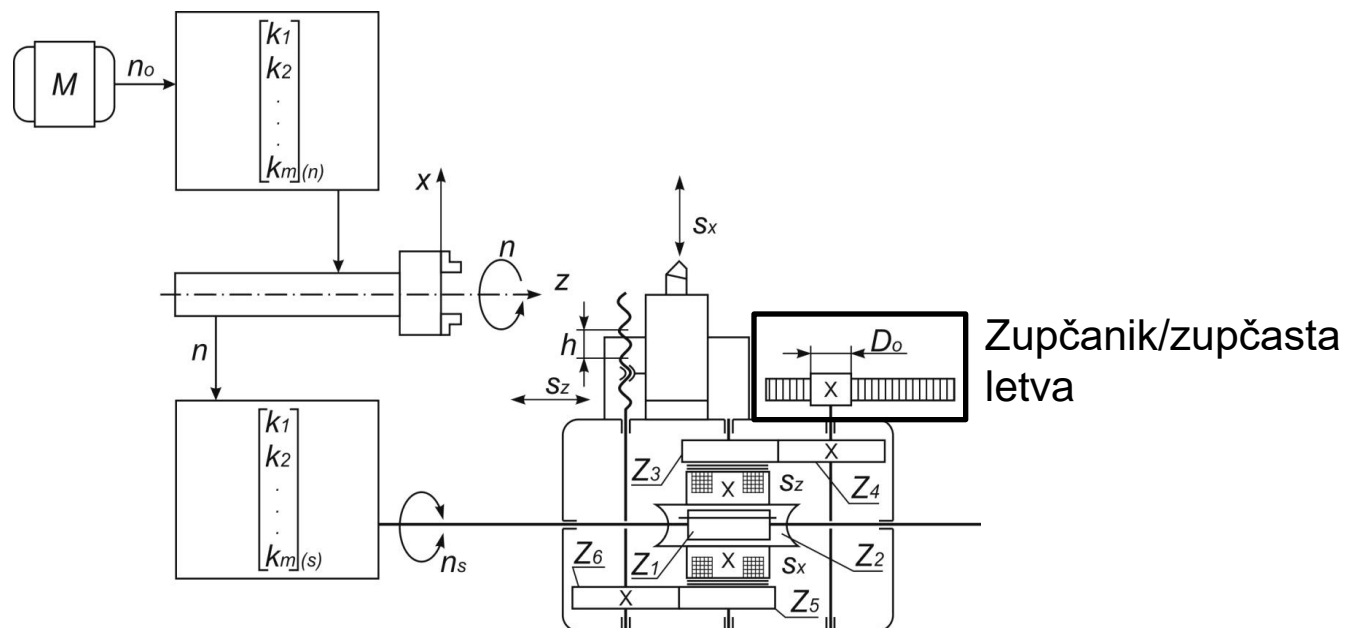
Veličina pomaka [mm/o] za uzdužno struganje u pravcu Z ose za slučaj kada se obrtno kretanja pretvara u pravolinijsko preko zupčanika i zupčaste letve se određuje kao:

$$s_z = n_{zD_o} D_o \pi \quad ; \quad [\text{mm/o}]$$

S_z [mm/o] - tehnološki parametar u zavisnosti od stepena površinske hrapavosti

D_o [mm] - prečnik podeonog kruga zupčanika koji je u zahvatu sa zupčastom letvom

n_{zD_o} broj obrtaja zupčanika koji je u zahvatu sa zupčastom letvom.



4.1.1 Kinematska struktura strugova

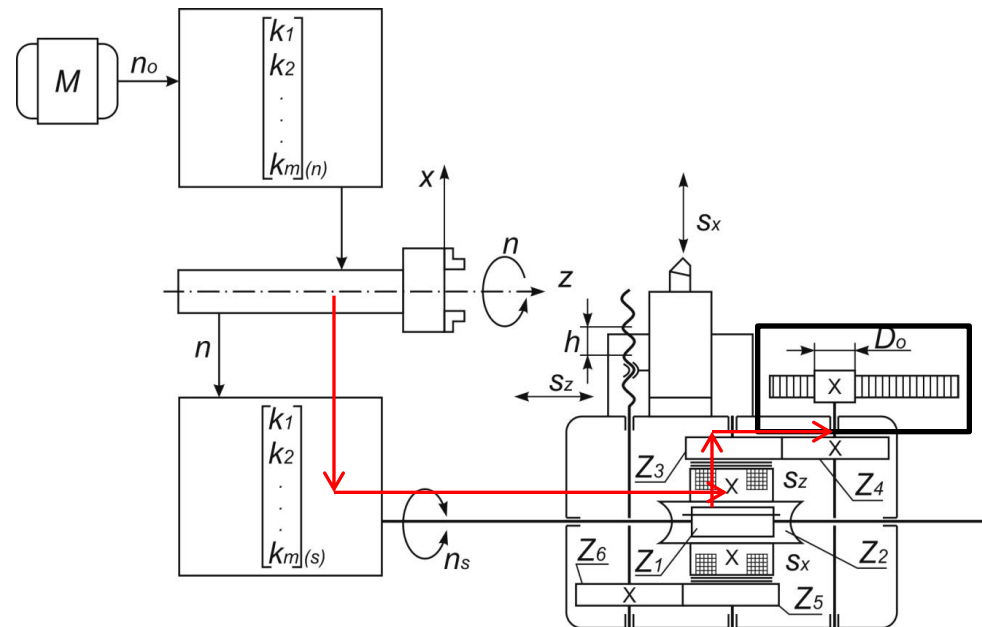
1 Produkcioni strug – pomoćno uzdužno kretanje

Broj obrtaja zupčanika koji je u zahvatu sa zupčastom letvom se određuje kao :

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix}_{zDo} = n \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} ; [\text{o/min}]$$

Za $n=1$ [mm/obrtaju] glavnog vretena pomak se određuje kao:

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \cdot \\ s_m \end{bmatrix}_z = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} D_o \pi = C_z \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} ; [\text{mm/o}]$$



4.1.1 Kinematska struktura strugova

1 Produkcioni strug – pomoćno poprečnokretanje

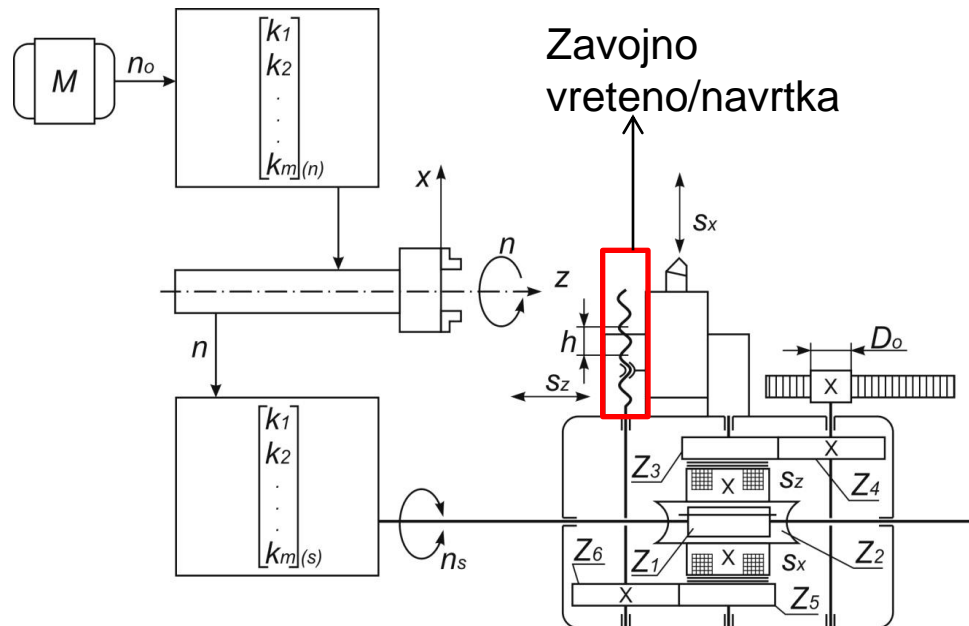
Veličina pomaka [mm/o] za poprečno struganje u pravcu X ose za slučaj kada se obrtno kretanja pretvara u pravolinijsko preko zavojnog vretena i navrtke se određuje kao:

$$s_x = n_v h_v ; [\text{mm/o}]$$

s_x [mm/o] - tehnološki parametar u zavisnosti od stepena površinske hrapavosti

n_v [1/o] – broj obrtaja zavojnog vretena

h_v [mm] korak zavojnog vretena



4.1.1 Kinematska struktura strugova

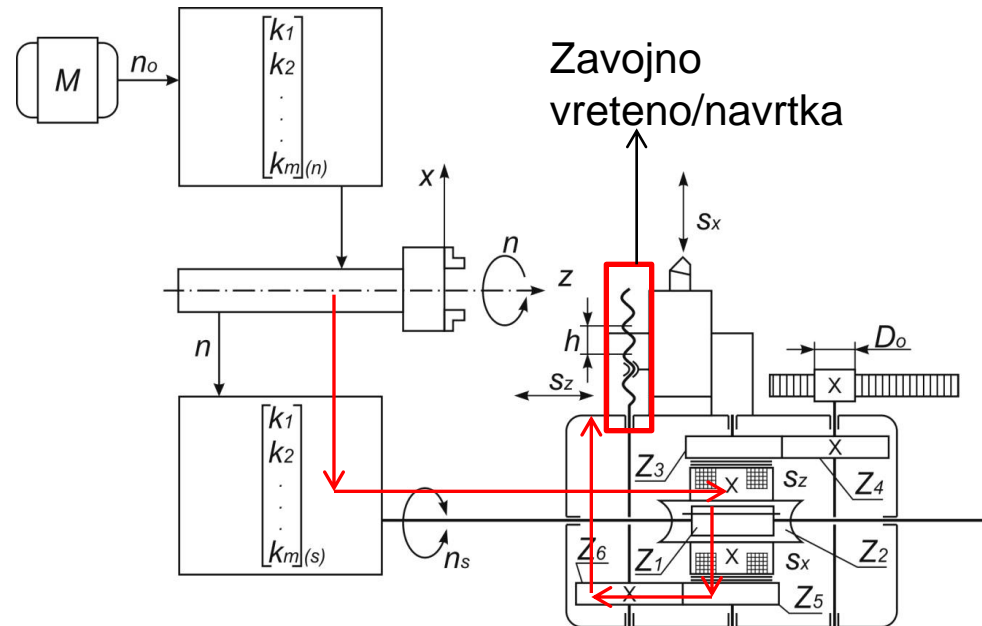
1 Produkcioni strug – pomoćno uzdužno kretanje

Broj obrtaja zavojnog vretena se određuje kao :

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix}_h = n \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} \frac{z_1 z_5}{z_2 z_6} ; [\text{o/min}]$$

Za $n=1$ [mm/obrtaju] glavnog vretena pomak se određuje kao:

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \cdot \\ s_m \end{bmatrix}_{h_v} = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} \frac{z_1 z_5}{z_2 z_6} h_v = C_z \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} ; [\text{mm/o}]$$

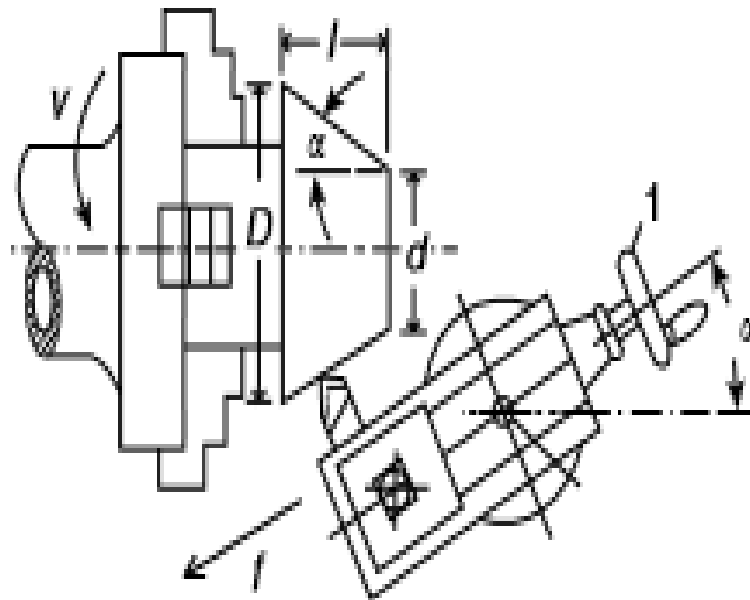


4.1.1 Kinematska struktura strugova

2. Kinematska struktura struga za izradu konusa

Izrada konusa struganjem je moguća sa jednom od sledećih metoda:

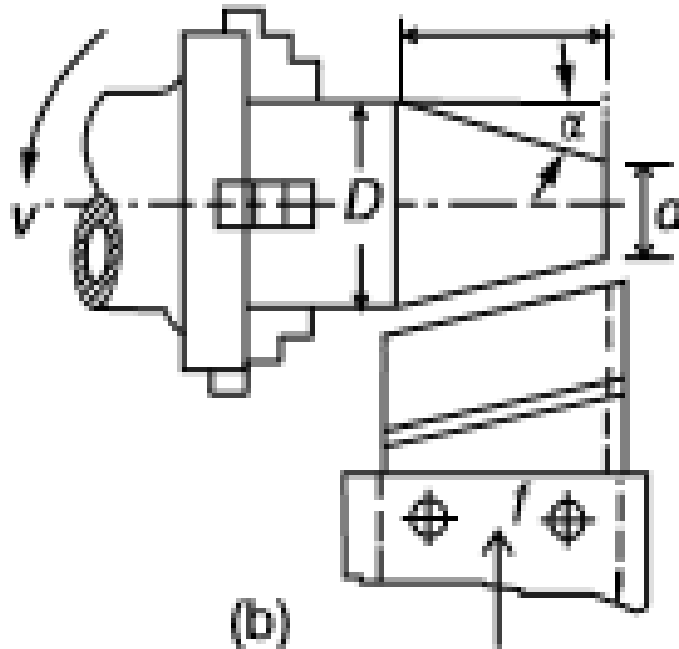
a) Zaokretanjem poprečnog (pomoćnog) klizača (1) za ugao α u odnosu na Z osu. Pri ovom načinu struganja konusa donji nosač alata mora biti fiksiran u početnoj poziciji. Pomak alata se ostvaruje ručno, okretanjem obrtne ručke (2). Ova metoda struganja konusa se koristi za kratke unutrašnje i spoljašnje konusne površine sa velikim uglom konusa.



4.1.1 Kinematska struktura strugova

2. Kinematska struktura struga za izradu konusa

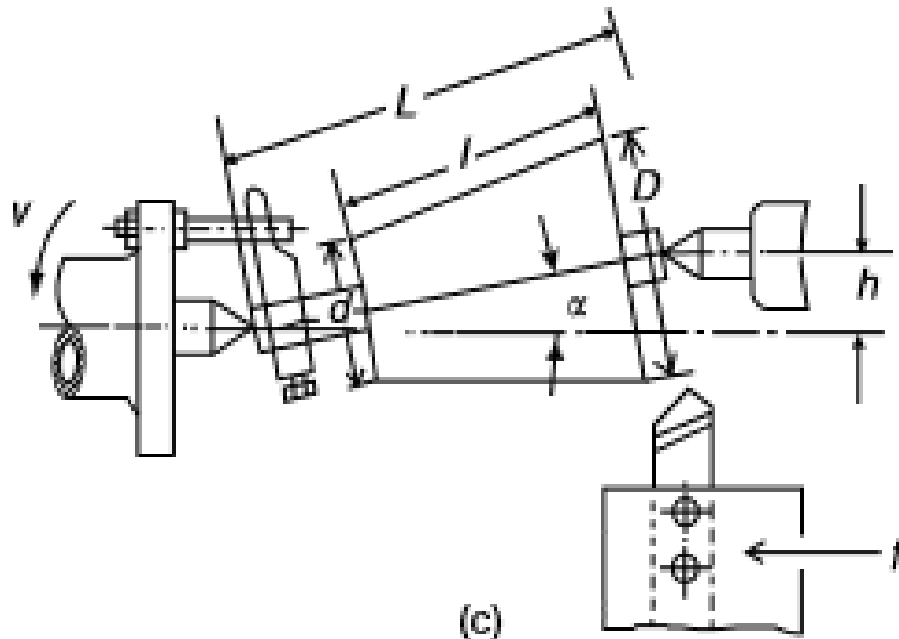
b) *Korišćenjem profilnih alata.* U ovom slučaju alat se kreće u poprečnom (X) pravcu, pri čemu širina alata mora biti veća od dužine konusa koji se obrađuje.



4.1.1 Kinematska struktura strugova

2. Kinematska struktura struga za izradu konusa

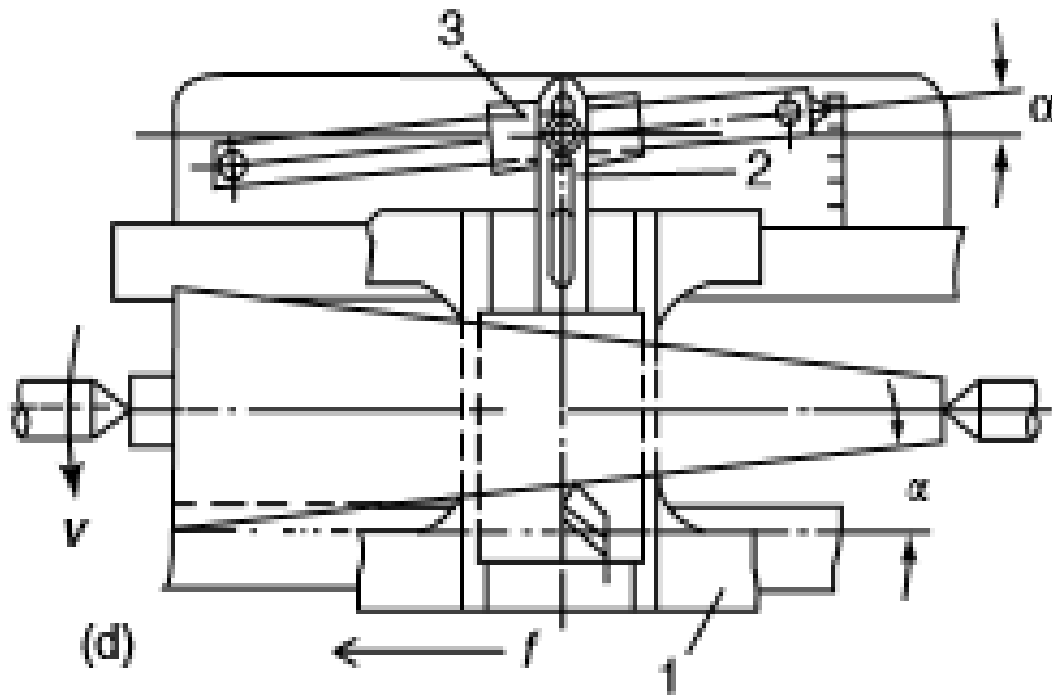
c) *Pomeranjem ose zadnjeg šiljka (šiljka konjica).* Pri izradi konusa ovom metodom, konjic se pomera u odnosu na osu vretena za visinu h koja obezbeđuje da se osa radnog predmeta postavi pod uglom α , u odnosu na osu glavnog vretena, ali tako da površina struganja bude paralelna osi glavnog vretena. Na ovaj način se mogu strugati konusi manjih uglova do 8° .



4.1.1 Kinematska struktura strugova

2. Kinematska struktura struga za izradu konusa

d) *Pomoću kopirnih sistema, ili uređaja za struganje konusa. Ova metoda se koristi za struganje dugačkih konusa.*

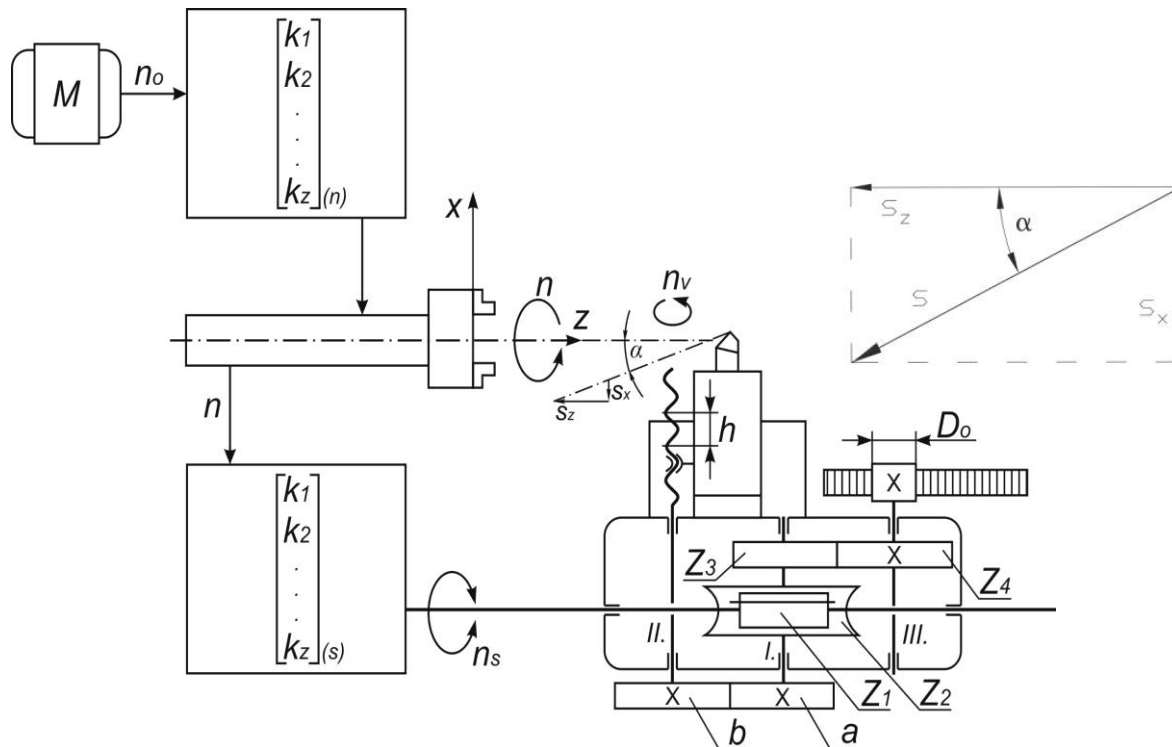


4.1.1 Kinematska struktura strugova

2. Kinematska struktura struga za izradu konusa

e) Na osnovu istovremenog pogona klizača za "Z" i "X" osu, pri čemu između kinematskih lanaca postoji linearna zavisnost:

$$\frac{s_x}{s_z} = \operatorname{tg} \alpha$$

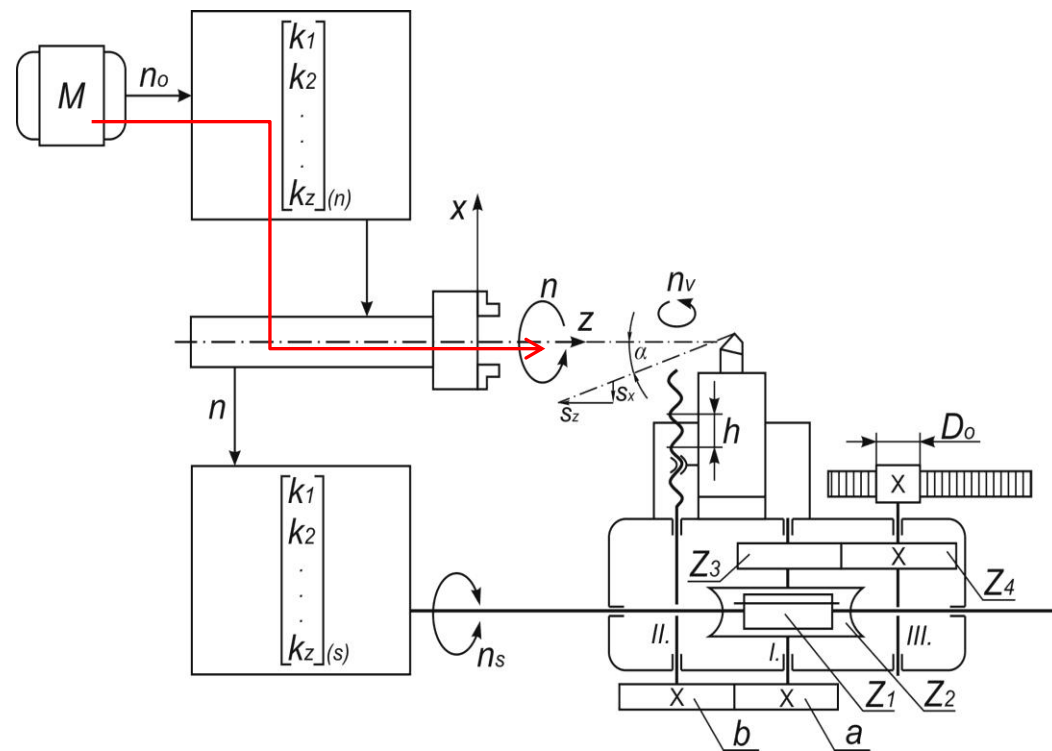


4.1.1 Kinematska struktura strugova

2. Kinematska struktura struga za izradu konusa – **glavno kretanje**

Potreban broj obrtaja za ulaznu brzinu rezanja $v = D_p \pi n_i$ je:

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ \vdots \\ n_m \end{bmatrix} = n_0 \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix} \quad ; \text{ [o/min]} \quad (n)$$

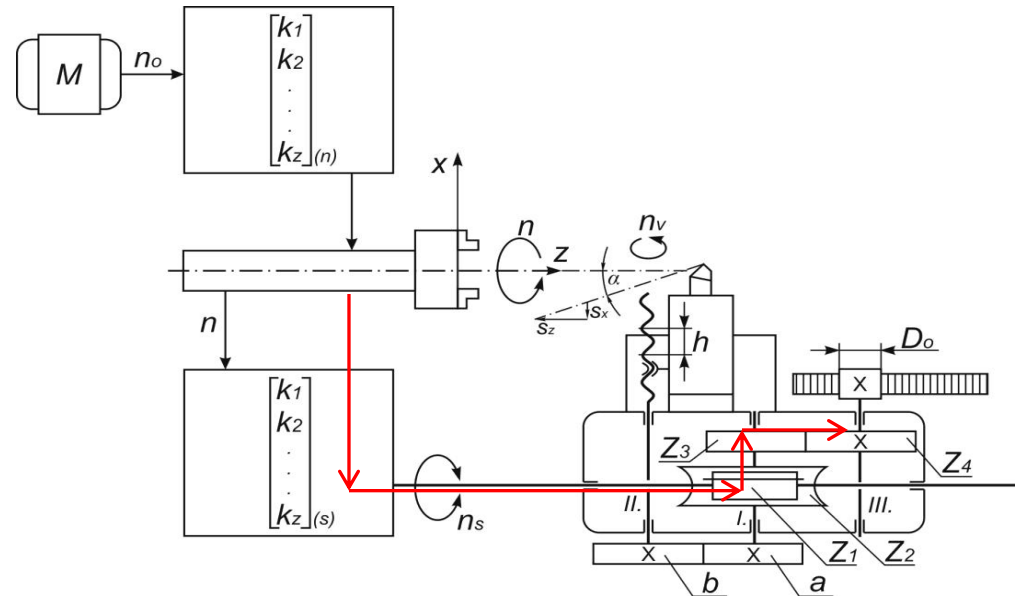


5.1.1 Kinematska struktura strugova

2. Kinematska struktura struga za izradu konusa – pomoćno uzdužno kretanje (s_z)

- Pomoćno kretanje u pravcu Z ose za slučaj pretvaranja obrtnog u pravolinijsko kretanje preko zupčanika i zupčaste letve, za $n=1$ [mm/obrtaju] glavnog vretena se dobija kao:

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ \vdots \\ s_m \end{bmatrix}_z = n \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot D_0 \cdot \pi \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix}_s = C_z \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix}_s ; [\text{mm/o}]$$



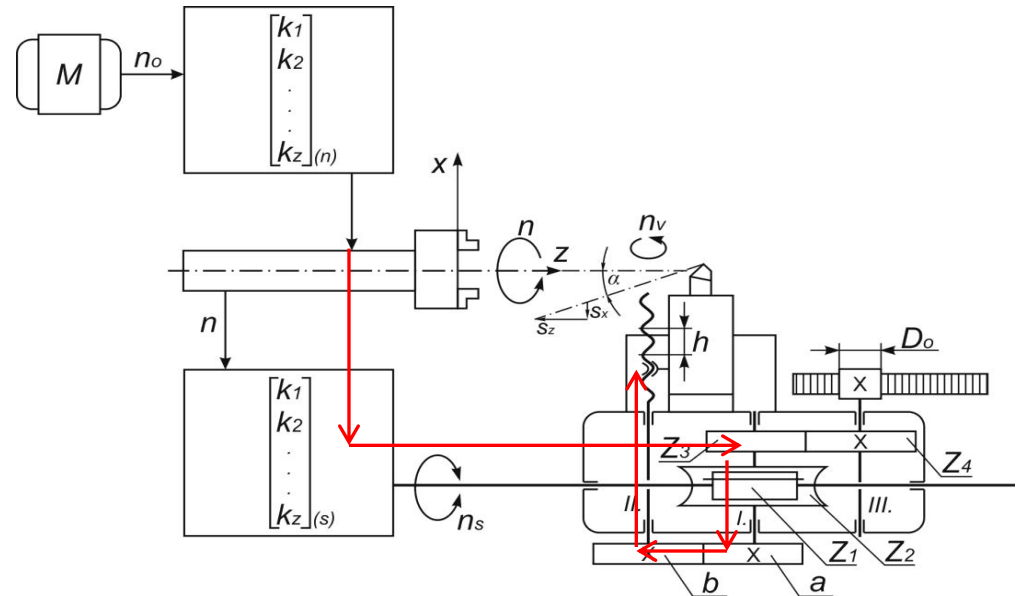
5.1.1 Kinematska struktura strugova

2. Kinematska struktura struga za izradu konusa – pomoćno poprečno kretanje (s_x)

- Uzimajući u obzir kinematsku vezu između glavnog vretena i zavojnog vretena sa slike za $n=1$ [mm/obrtaju] glavnog vretena, pomoćno kretanje s_x je:

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ s_m \end{bmatrix}_{h_v} = \frac{z_1}{z_2} \frac{a}{b} h_v \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} ; [\text{mm/o}]$$


gde su **a** i **b** izmenljivi zupčanici, čijom zamenom se omogućava izrada konusa u širokom dijapazonu uglova.



4.1.1 Kinematska struktura strugova

2. Kinematska struktura struga za izradu konusa

Pri izradi konusa ovom metodom postoji kruta kinematska veza između kretanja po X i Z -osi, **$S_x = S_z \operatorname{tg} \alpha$** iz koje se dobijaju potrebni izmenljivi zupčanici a i b koji omogućavaju izradu konusa za zadati ugao α . Prema tome izmenljivi zupčanici se određuju kao:

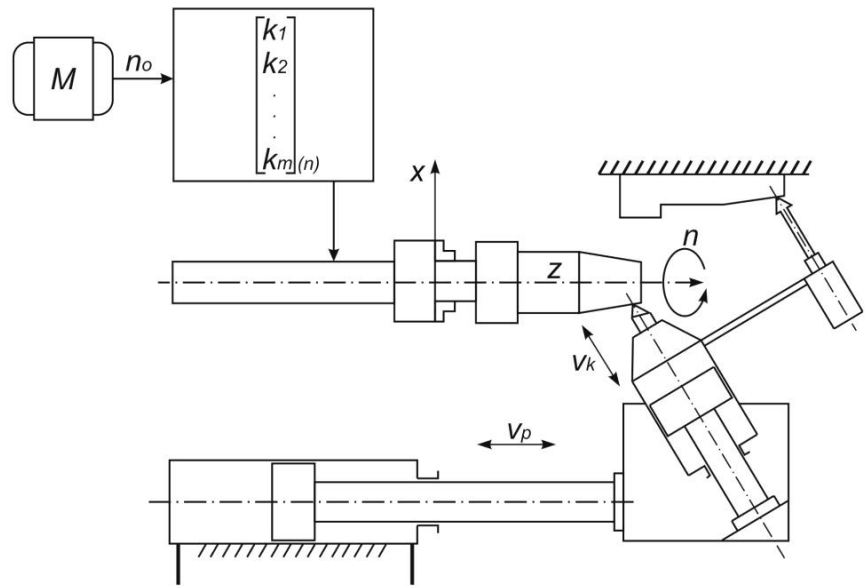
$$\frac{s_x}{s_z} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\begin{bmatrix} k_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_s \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{a}{b} \cdot h}{\begin{bmatrix} k_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_s \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot D_0 \cdot \pi} = \frac{a}{b} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{h}{D_0 \cdot \pi}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{D_0 \cdot \pi}{h} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Rešenje, predstavlja određivanje brojeva zuba zupčanika "a" i zupčanika "b", pri kojima će se rezultujuće kretanje vrha alata ostvariti pod uglom α koji je jednak $\frac{1}{2}$ ugla vrha konusa.

4.1.1 Kinematska struktura strugova

3. Kopirni strugovi

- Pri konturnoj obradi kao i pri obradi kopiranjem (ispravan princip sa stanovišta procesa obrade rezanjem) vektor brzine kretanja vrha alata treba da bude paralelan sa tangentom konture obradka u tački konture koja se trenutno obrađuje.
- $n = \text{const.}; s = \text{const.}$



Principijelna kinematska šema kopirnog struga

4.1.1 Kinematska struktura strugova

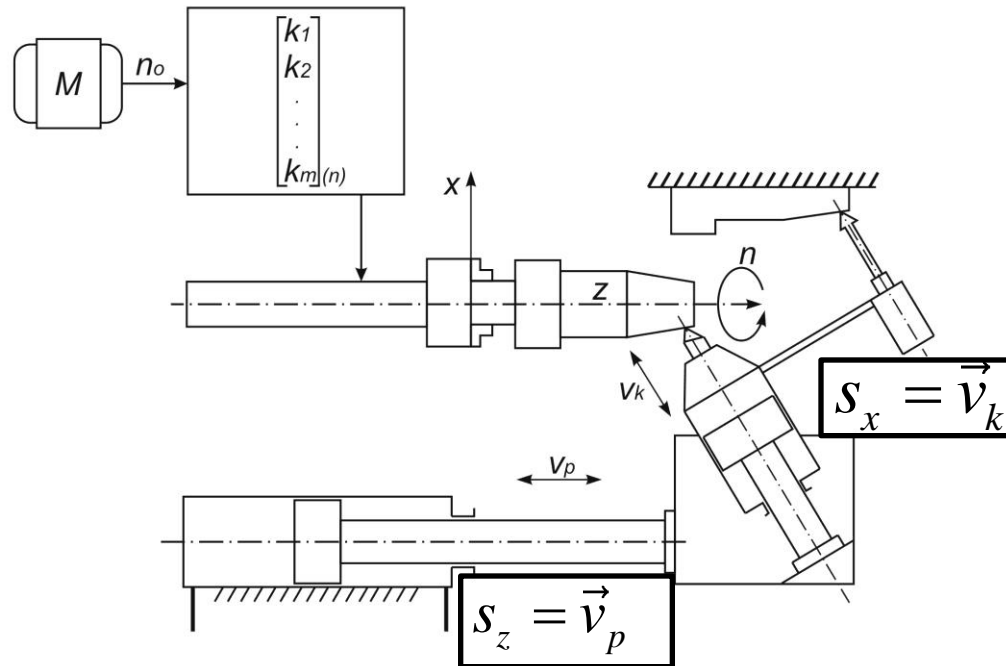
3. Kopirni strugovi

- Pri obradi kopiranjem razlikujemo:

- vektor brzine portalnog (nosećeg) klizača; $s_z = \vec{v}_p$

- vektor brzine kopirnog klizača; $s_x = \vec{v}_k$

- rezultujući vektor brzine (vektor brzine alata) $s = \vec{v}_s$



4.1.1 Kinematska struktura strugova

3. Kopirni strugovi

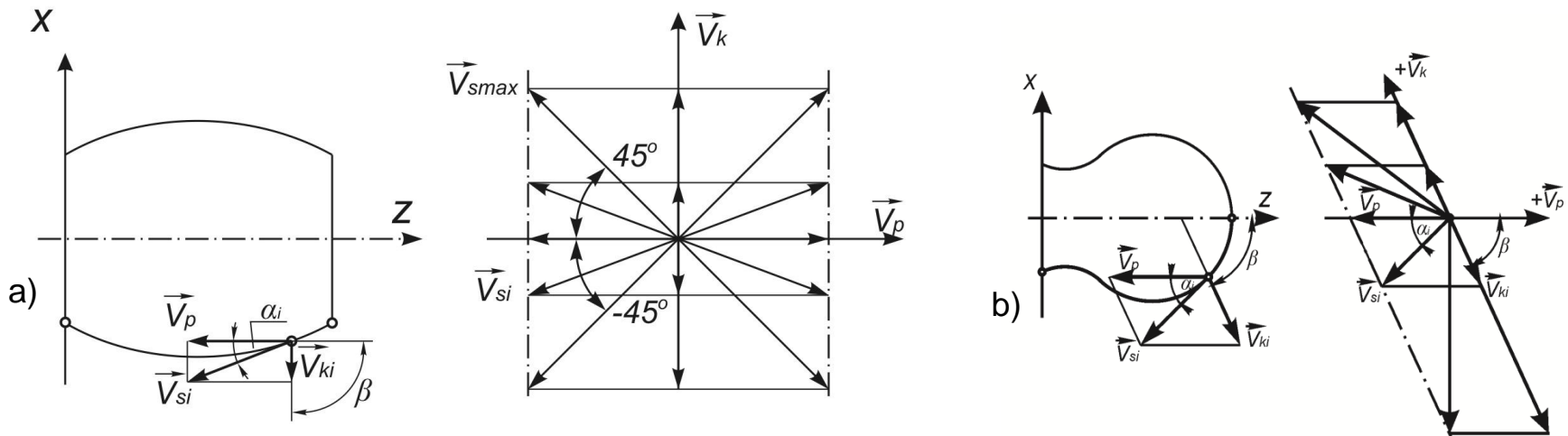
➤ Pomak predstavlja rezultantu kretanja dva klizača $s_z \neq \text{const} = f(t)$, i $s_x \neq \text{const} = f(t)$.

➤ U praksi su najčešći jednokopirini sistem kod kojih je:

$v_p = \text{const.}$, dok je $v_k \neq \text{const.} = v_k(t)$ pa je $\vec{v}_s(t) = \vec{v}_p + \vec{v}_k(t)$

➤ Kod ovog sistema rezultujući vektor brzine se može napisati kao:

$$|\vec{v}_s| = \frac{|\vec{v}_p|}{\cos \alpha} ; \text{ za } \alpha=90^\circ, \vec{v}_s = \infty$$



Razlaganje brzina kod jedno-dimenzionalnog kopirnog sistema: a) $\beta=90^\circ$; b) $\beta<90^\circ$

4.1.1 Kinematska struktura strugova

3. Kopirni strugovi

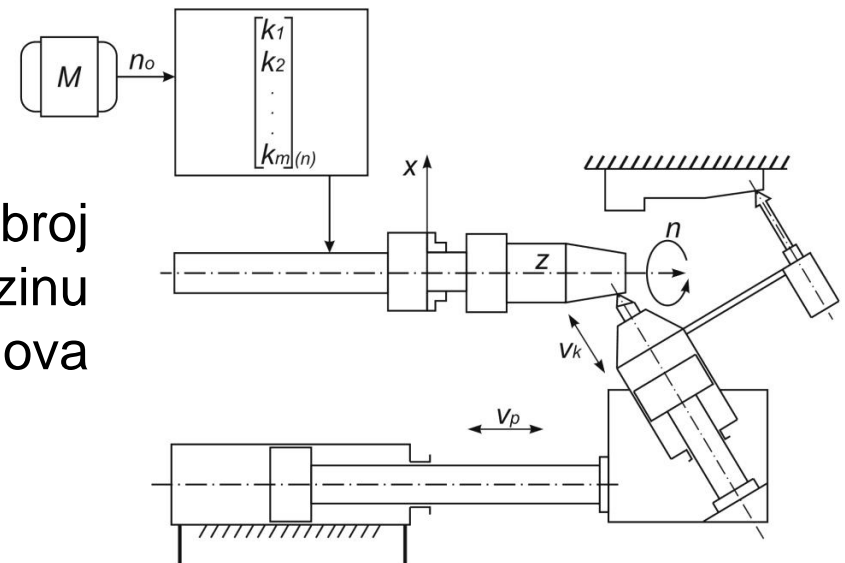
U slučaju da brzina nije konstantna po obe ose reč je o tzv. dvokoordinatnom upravljanju (kopiranju). Ovakvi sistemi su u praksi ređi zbog složenosti konstrukcionih rešenja.

$$\vec{v}_p \neq const.$$

$$\vec{v}_k \neq const.$$

Glavno kretanje, odnosno, potrebni broj obrtaja glavnog vretena za ulaznu brzinu rezanja se određuje kao i kod strugova prikaznim u prethodnom delu.

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix} = n_0 \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix} \quad (n)$$



4.1.1 Kinematska struktura strugova

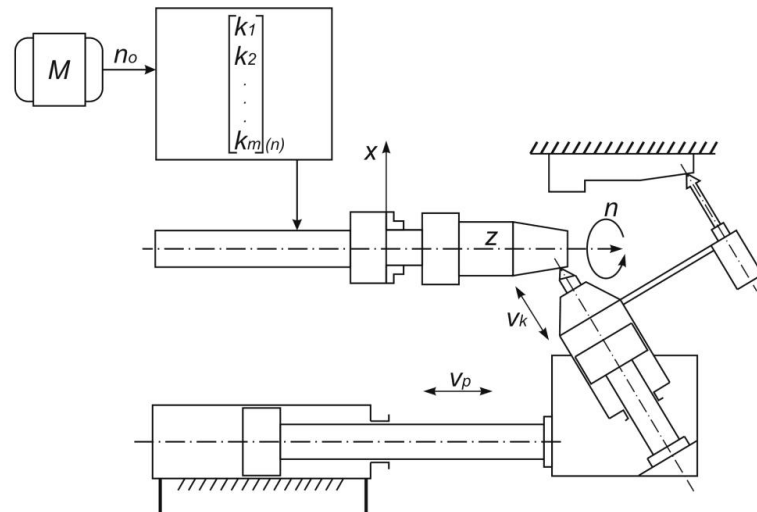
3. Kopirni strugovi

Brzina portalnog nosača i brzina kopirnog nosača u zavisnosti od ugla rezanja, odnosno:

$$|\vec{v}_p| = |\vec{v}_s| \sin \alpha$$

$$|\vec{v}_k| = |\vec{v}_s| \cos \alpha$$

Prenos kretanja sa šablona na radni predmet se može ostavrivati električnim, hidrauličnim ili kombinovanim sistemima.



4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strugovi za izradu specijalnih (profilnih) površine – Uvodne napomene

Zavojnice karakteriše dva parametra:

- korak zavojnice;
- profil;

Profil definiše kao i tačnost profila kvalitet profila alata, dok veličinu i tačnost koraka zavojnice određuje struktura i tačnost kinematskog lanca mašine.

Neke od najčešće korišćenih vrsta zavojnica (navoja) su:

- metrički,
- Whithworth-ov i,
- modulni.

4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strugovi za izradu specijalnih (profilnih) površine – Tipovi navoja

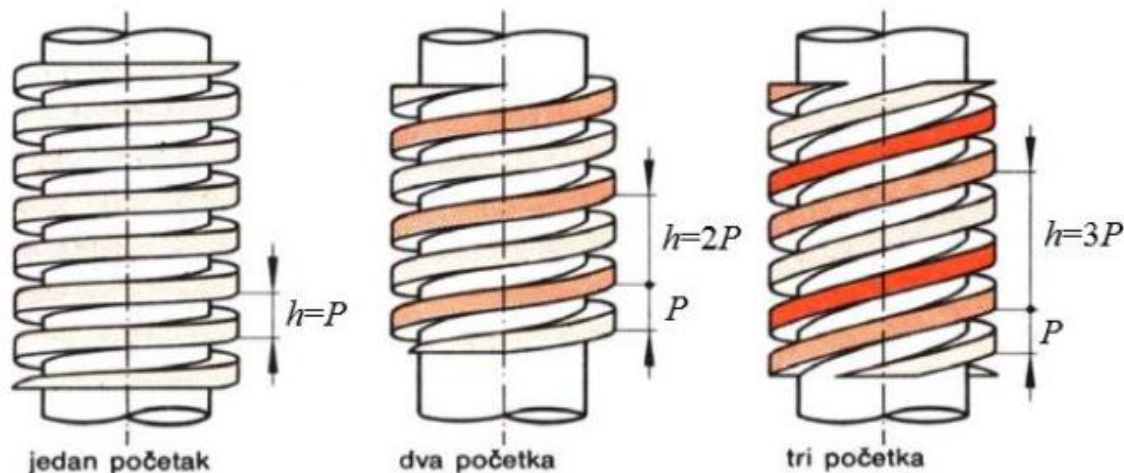
a) Metrička zavojnica (navoj). Kod metričkih navoja pomak je jednak koraku zavojnice $s = P$, ako je u pitanju jednohoda zavojnica, odnosno, zavojnica sa jednim početkom.

$s = h = 2 * P$ – dvohodni navoj

$s = h = 3 * P$ – trohodni navoj

Pomak potreban za izradu navoja u opštem slučaju:

$s = i * P$; [mm/o]; i - broj početaka, a P – korak navoja (zavojnice)



Šematski prikaz metričkog navoja (zavojnice) sa jednim, dva i tri početka

4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strugovi za izradu specijalnih (profilnih) površine – Tipovi navoja

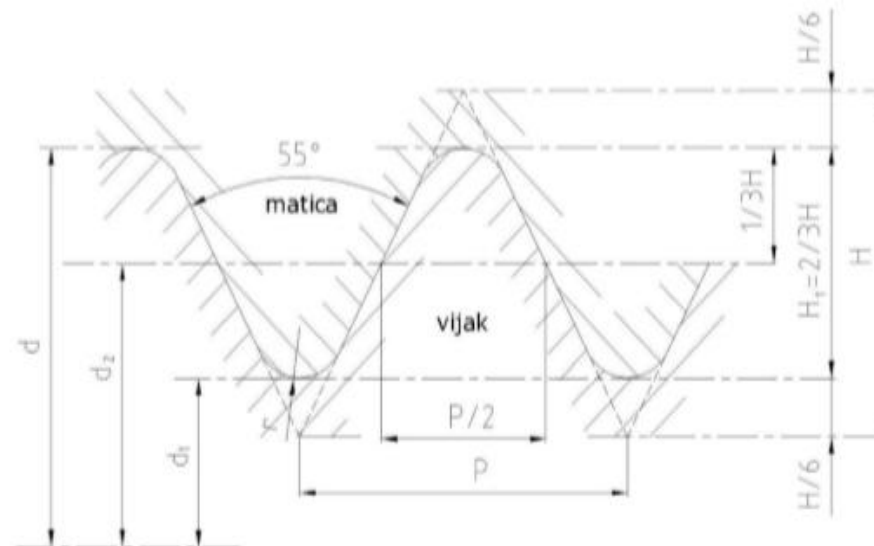
b) Whithworth-ov navoj je jednohodi navoj čiji teorijski profil ima oblik ravnokrakog trougla, a dimezije su izražene u colovnom sistemu mera.

Broj koraka na dužini jednog cola (e) je kod ovog navoja najčešće ceo broj. Veza između koraka navoja (P) i broja koraka na dužini jednog cola je data izrazom:

$$P \cdot e = 25,4 \text{ [mm]};$$

Pomak, potreban za izradu ovog navoja definisan je kao:

$$s = P = \frac{1''}{e} = \frac{25,4}{e} \text{ ;[mm/o]};$$



Šematski prikaz Whithworth-ovg navoj

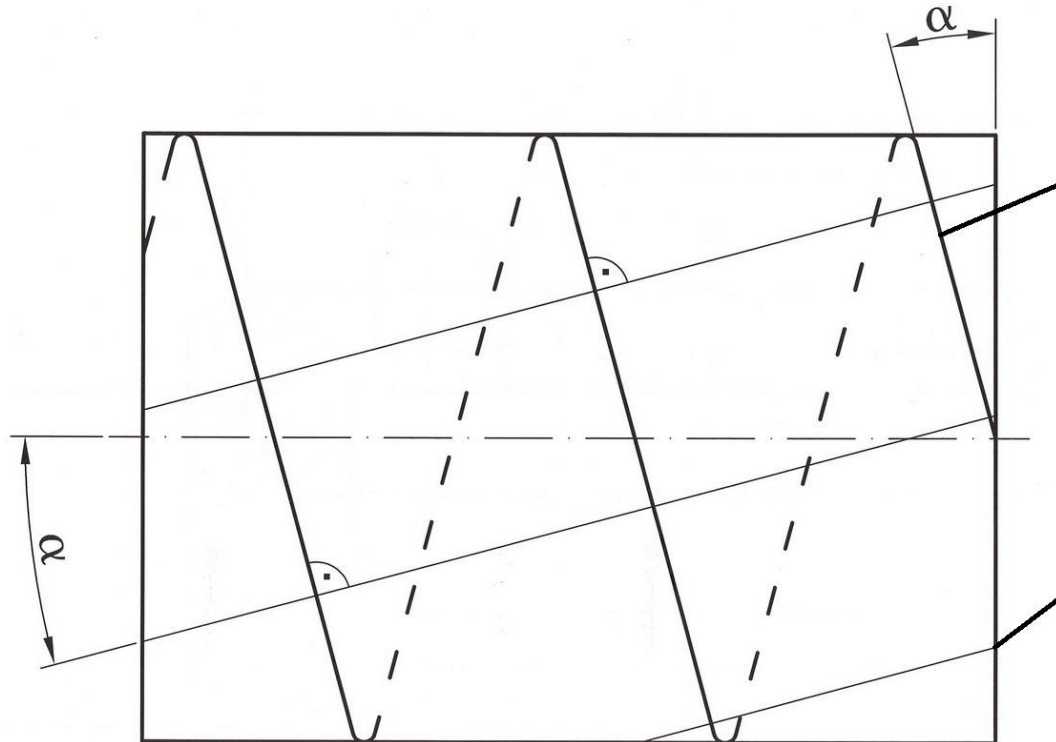
4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strugovi za izradu specijalnih (profilnih) površine – Tipovi navoja

c) Modulna zavojnica (navoj)

Pomak je definsan preko modula zavojnice kao:

$s = P = i * m * \pi$; i – broj početaka zavojnice, m – moduo zavojnice

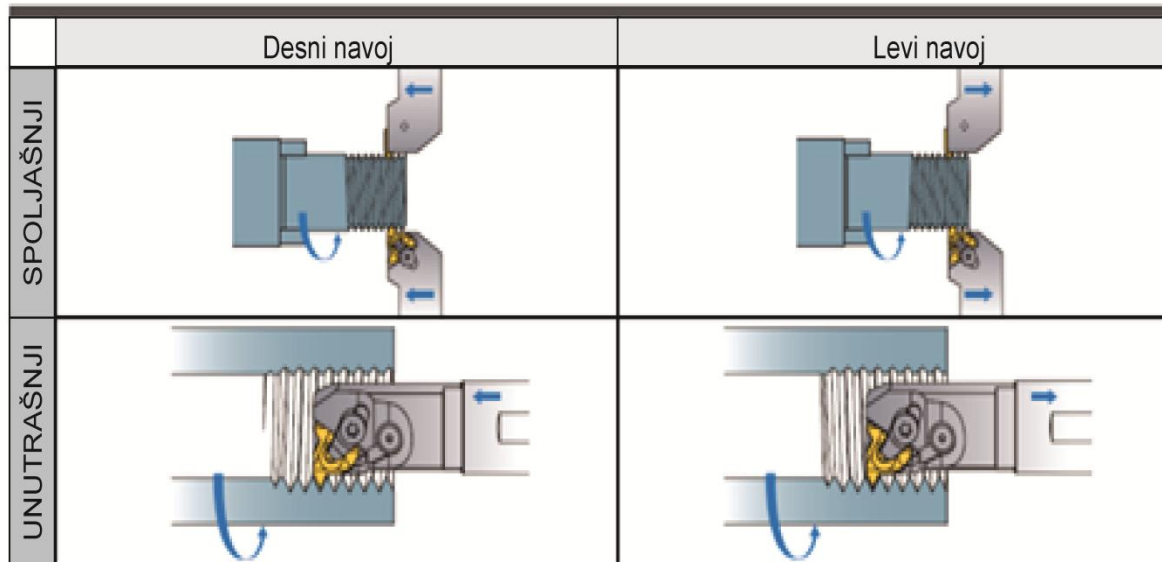


4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strugovi za izradu specijalnih (profilnih) površine – Izrada navoja

Izrada navoja struganjem je najčešći način izrade navoja, pri čemu pokriva širok opseg profila navoja.

Struganjem se može raditi spoljašnji i unutrašnji navoj



Izrada spoljašnjeg i unutrašnjeg navoja struganjem

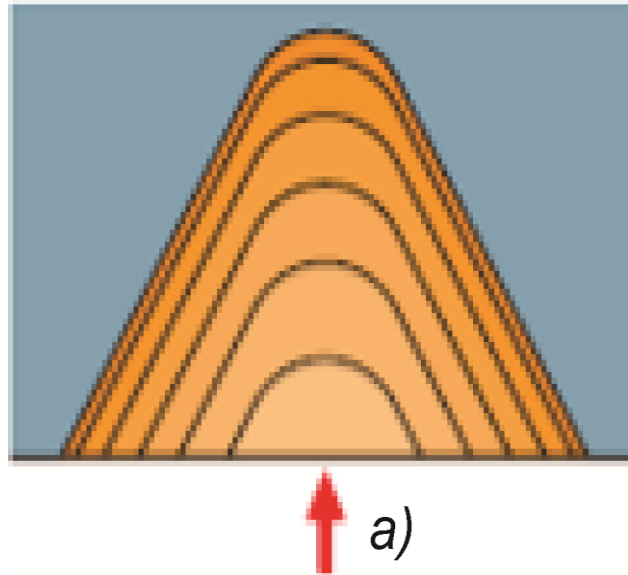
4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strugovi za izradu specijalnih (profilnih) površine – Izrada navoja

Način na koji se navoj izrađuje utiče na njegov kvalitet, kao i na postojanost alata, intenzitet vibracija koje se javljaju tokom obrade.

Načini ulaza alata u radni predmet kod struganja navoja mogu biti:

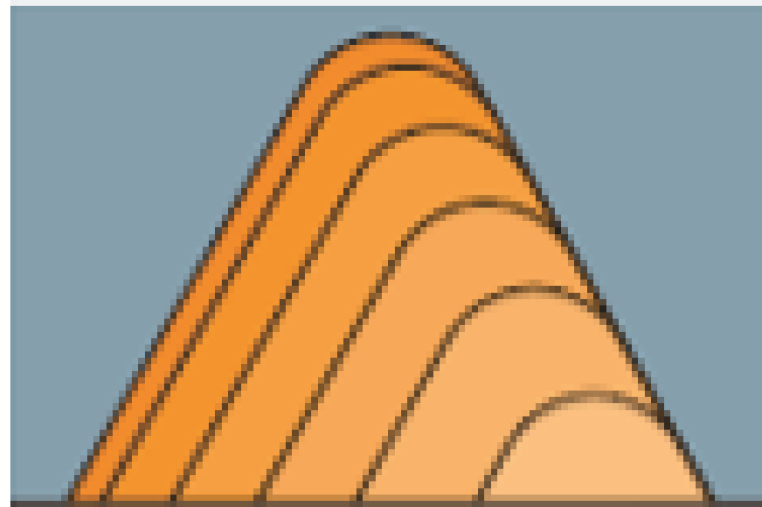
a) Radijno primicanje (radijani pomak.) Ulaz alata je po sredini profila, tako da se pločica haba podjednako sa obe strane. Ovaj način se koristi za navoje koji imaju korak do 1.5 [mm]. Radijalno primicanje se najčešće koristi kod završne obrade.



4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strugovi za izradu specijalnih (profilnih) površine – Izrada navoja

b) Bočno primicanje alata (Primicanje paraleleno boku profila) Ovaj način struganja navoja je relativno jednostavn za korišćenje (postoje polu-standardni programi za rezanje navoja), pri čemu se redukuju sile rezanja. Nedostaci ove metode se ogledaju u velikom bočno trenju desne strane reznog dela alata i relativno teškoj promeni dubine rezanja. Ovaj način primicanja se koristi kod grube obrade, čime se postiže odvajanje strugotine samo s jedne strane.

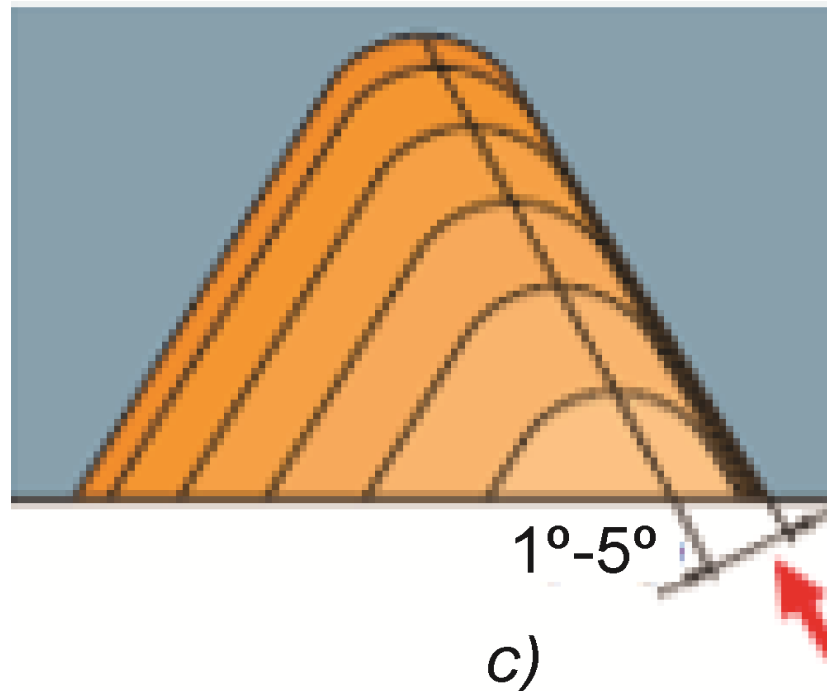


b)

4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strugovi za izradu specijalnih (profilnih) površine – Izrada navoja

c) Modifikovano bočno primicanje alata. Ulazi se s jedne strane profila navoja i prati se njegov ugao, prema sredini. Na taj način se smanjuju vibracije koje se javljaju pri struganju navoja i smanjuje se toplota generisana pri rezanju jer alat nije punom bočnom površinom u zahvatu.



4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strugovi za izradu specijalnih (profilnih) površine – Izrada navoja

c) Inkrementalno primicanje. Rezna pločica ulazi u radni predmet različitim pomakom. Ovaj način izrade se koristi uglavnom kod struganja navoja velikih profila. Prednost je podjednako habanje rezne pločice te s time povezana i veća postojanost alata.



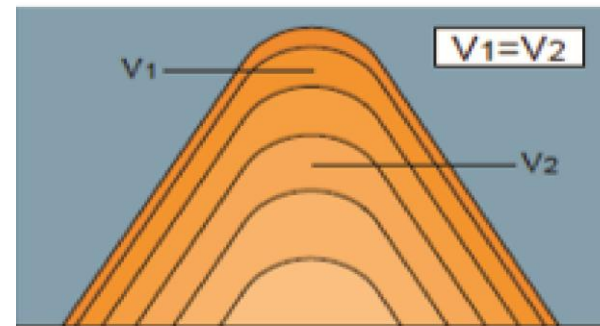
d)

4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strugovi za izradu specijalnih (profilnih) površine – Dubina rezanja navoja

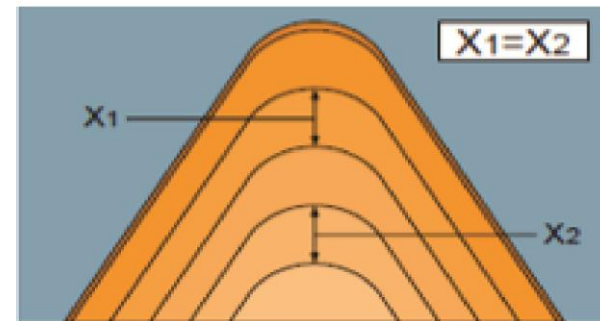
Postoje dva prilaza pri zauzimanju dubine rezanja, a od njih zavisi postojanost alata, kompleksnost programiranja i broj potrebnih prolaza.

a) **Konstantna vrednost poprečnog preseka strugotine (konstantna površina rezanja)**



a)

b) **Konstantna vrednost dubine rezanja**



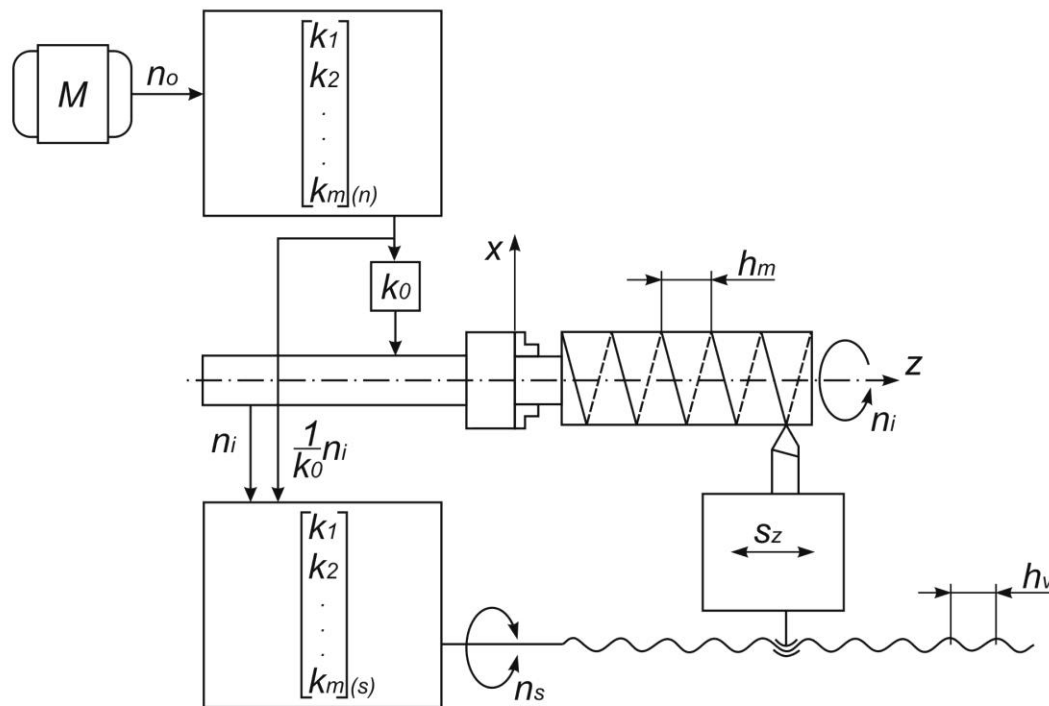
b)

Slika 3.14 Definisiranje dubine rezanja kod struganja navoja

4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strug za izradu zavojnica

Od strugova za izradu zavojnica na prvom mestu dolaze u obzir univerzalni strugovi i strugovi sa vodećim vretenom, gde vodeće vreteno obezbeđuje, zajedno sa odgovarajućim zupčastim prenosom strogu zavisnost između glavnog i pomoćnog kretanja.



Kinematska struktura struga za izradu zavojnica

4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strug za izradu zavojnica – Glavno kretanje

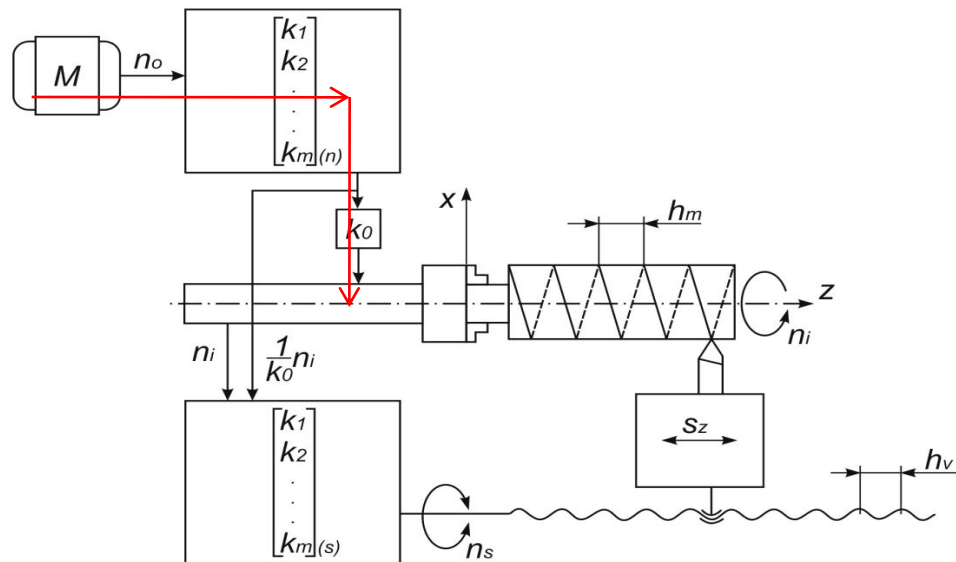
Uspostavljanje potrebnog broja obrtaja glavnog vretena se vrši preko kinematskog lanca:

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ \vdots \\ n_m \end{bmatrix} = n_0 k_0 \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix} \text{ ; [o/min]}$$

prenosni faktor k_0 je:

$$k_0 = \frac{n_i}{n_{em} \cdot k_{in}}$$

n_i – neki od mogućih brojeva obrtaja glavnog vretena ($i = 1, 2, \dots, m$), a k_{in} - neki od raspoloživih prenosnih faktora prenosnika za glavno kretanje ($i = 1, 2, \dots, m$).



4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strug za izradu zavojnica – Pomoćno kretanje

Red pomaka (koraka) kod strugova za izradu zavojnica mora odgovarati redu standardnih koraka navoja.

Opšti princip izrade zavojnica na strugu sastoji se u tome što pri jednom obrtu radnog predmeta, odnosno glavnog vretena, nosač alata posredstvom vodećeg vretena mora da pređe put jednak jednom koraku zavojnice (h) koja se izrađuje.

$s = h = i * P$; - metrička zavojnica (navoj)

$$s = h = \frac{1''}{e} = \frac{25,4}{e} - \text{Whithworth-ov zavojnica (navoj)}$$

$s = h = i * m * \pi$ - modulna zavojnica (navoj)

[mm/o]

4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strug za izradu zavojnica – Pomoćno kretanje

Ako se kinematski lanac za pomoćno kretanje definiše od glavnog vretena, preko prenosnika za pomoćno kretanje definisanog matricom $k_{m(s)}$, do zavojnog vretena, reč je o **direktnom kinematskom lancu**.

Izrada zavojnice normalnog koraka:

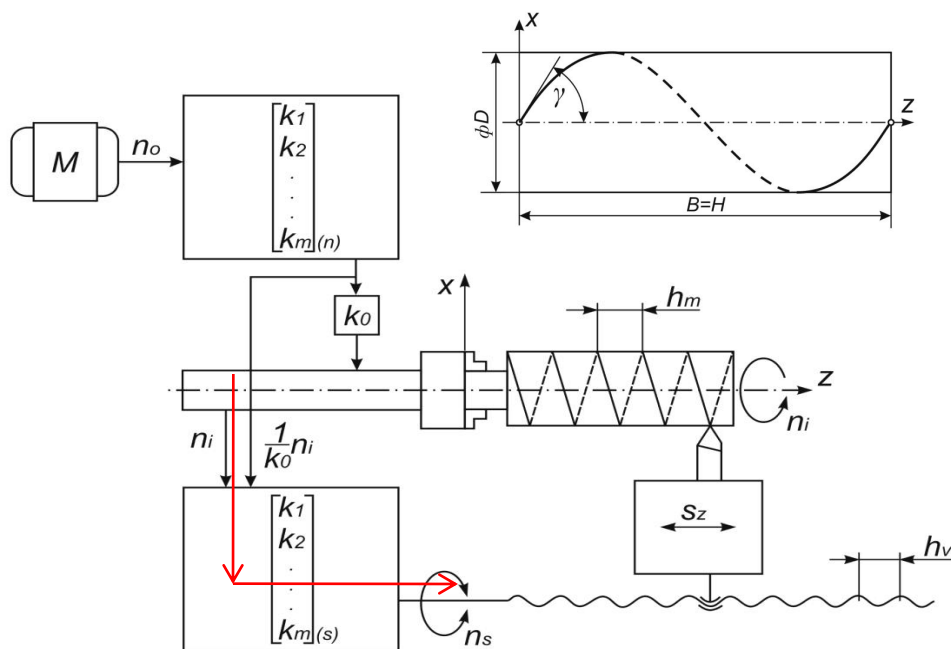
$$s_z = n_v h_v; [mm/o]$$

Broj obrtaja zavojnog vretena n_v :

$$n_v = n \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)}; [o/min]$$

Za $n=1$ i $s_z = h$ pri izradi metričkog navoja pomak je:

$$\begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ \vdots \\ h_m \end{bmatrix} = h_v \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)}; [mm/o]$$



4.1.1 Kinematska struktura strugova

4. Strug za izradu zavojnica – Pomoćno kretanje

Ako se kinematski lanac definiše od glavnog vretena, preko **prenosnog faktora k_0** , i prenosnika za pomoćno **kretanje definisanog matricom $k_{m(s)}$** do zavojnog vretena, onda se na datoj mašini realizuje obrada **navoja sa velikim korakom**.

Izrada zavojnice velikog koraka:

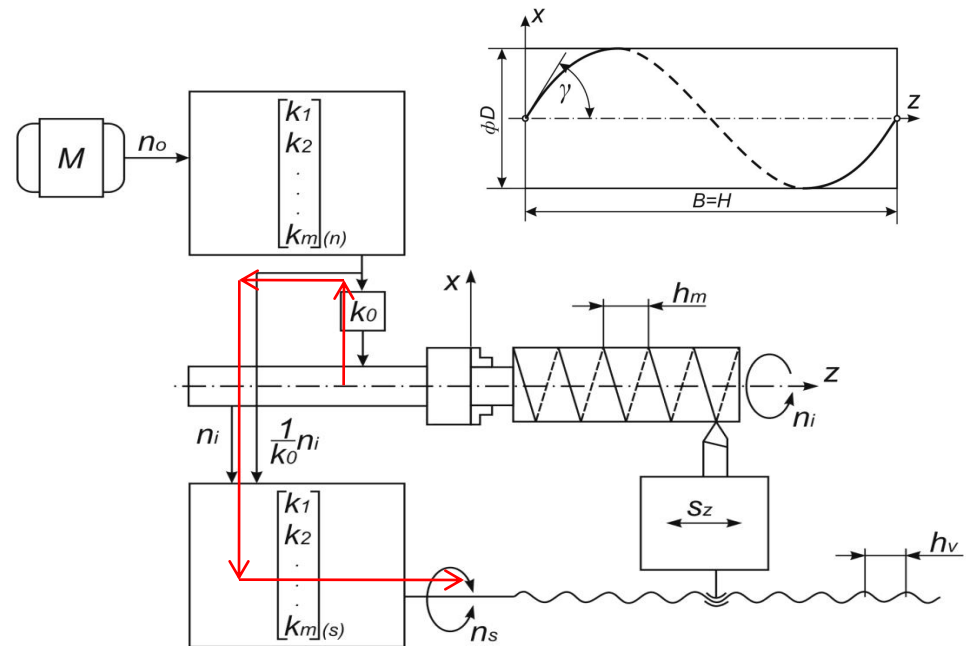
$$s_z = n_v h_v; [mm/o]$$

Broj obrtaja zavojnog vretena n_v :

$$n_v = n \frac{1}{k_0} \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)}; [o/min]$$

Za $n=1$ i $s_z = h$ pri izradi metričkog navoja pomak je:

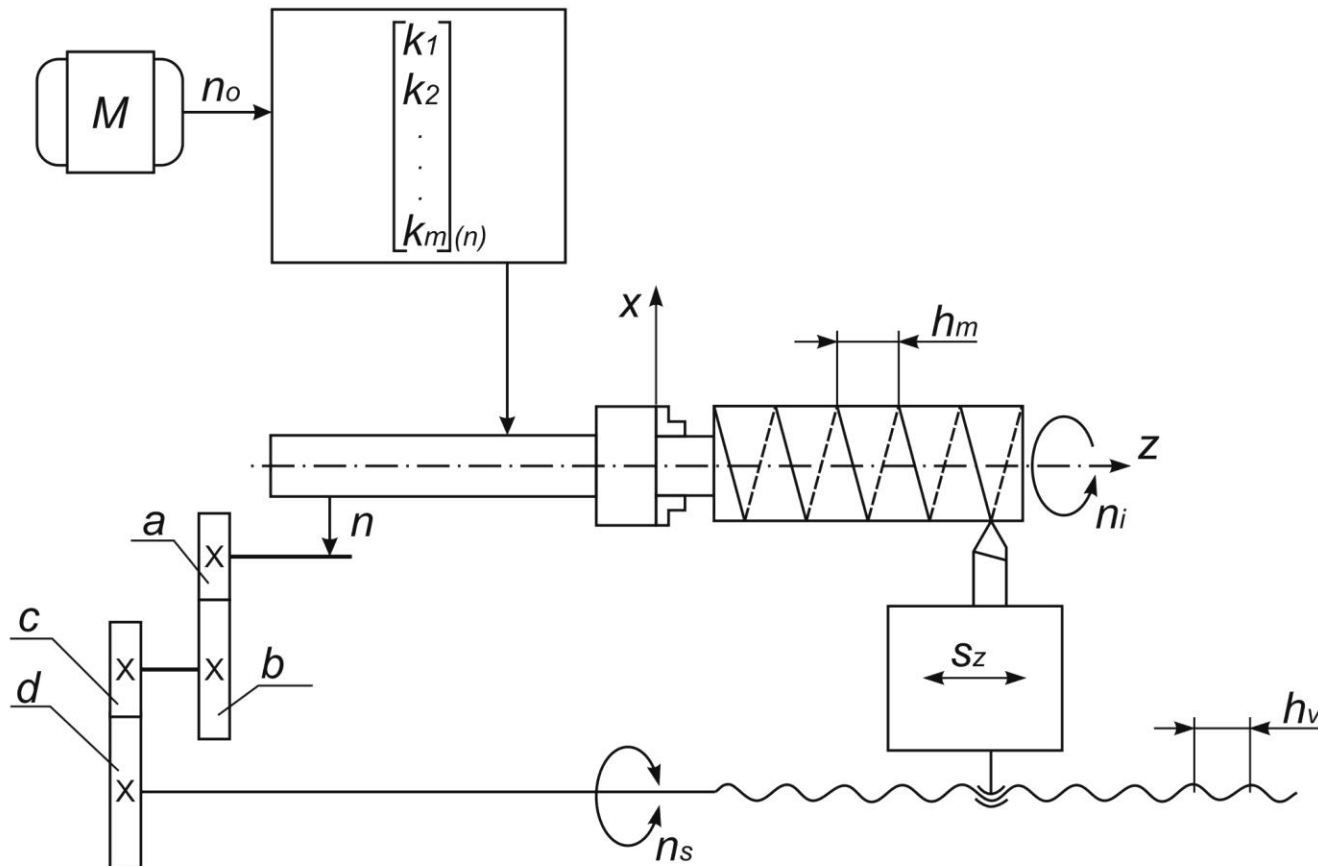
$$\begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ \vdots \\ h_m \end{bmatrix} = h_v \frac{1}{k_0} \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)}; [mm/o]$$



4.1.1 Kinematska struktura strugova

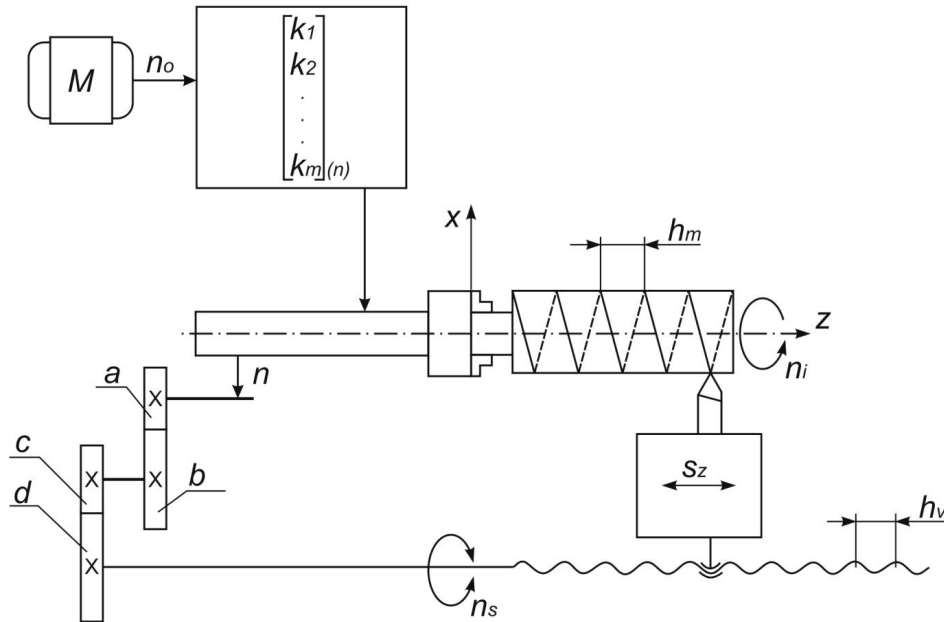
Strug za izradu zavojnica sa izmenljivim zupčanicima

Na ovom strugu se može izrađivati zavojnica bilo kog koarka, ako postoji mogućnost izbora i postavljanja potrebnih izmenljivih zupčanika (a, b, c, d)



4.1.1 Kinematska struktura strugova

Strug za izradu zavonica sa izmenljivim zupčanicima



Glavno kretanje

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ \vdots \\ n_m \end{bmatrix} = n_0 \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix} (n)$$

Pomoćno kretanje:

Prenosni faktor izmenljivih zupčanika

$$n \cdot h_m = n_s \cdot h_v$$

$$n_s = k \cdot n = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot n$$

$$k = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{n_s}{n} = \frac{h_m}{h_v}$$

$$k = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$$

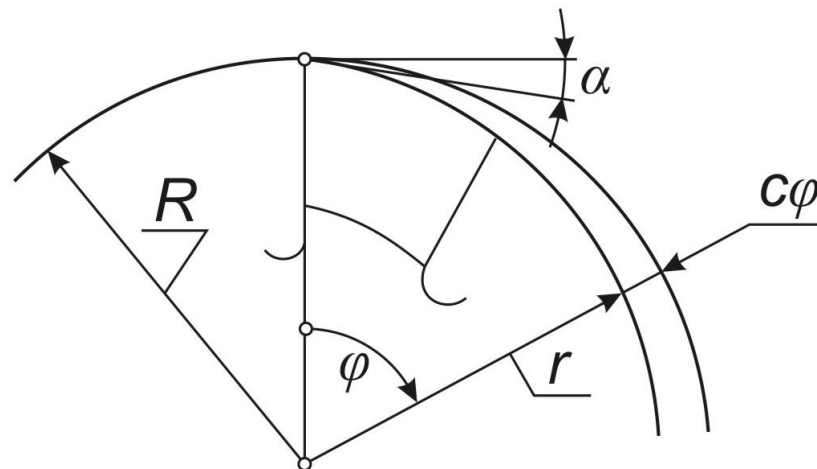
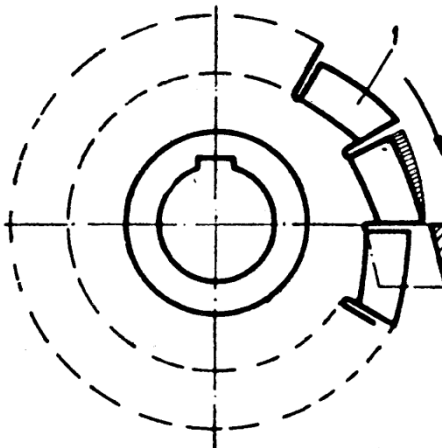
4.1.1 Kinematska struktura strugova

5. Strug za leđno struganje

Leđno struganje predstavlja specijalnu operaciju za obradu krivih, nerotacionih površina - programskih (profilnih) alata.

Glavna primena leđnog struganja je pri izradi leđno struganih glodala čiji zubi imaju krivolinijski oblik i konturu u zavisnosti od profila koji se sa ovim glodalima izrađuju.

Profil ovih alata treba da je takav da i posle ponovnog oštrenja ostane nepromenjen, pa se alati oštire isključivo po leđnoj površini.

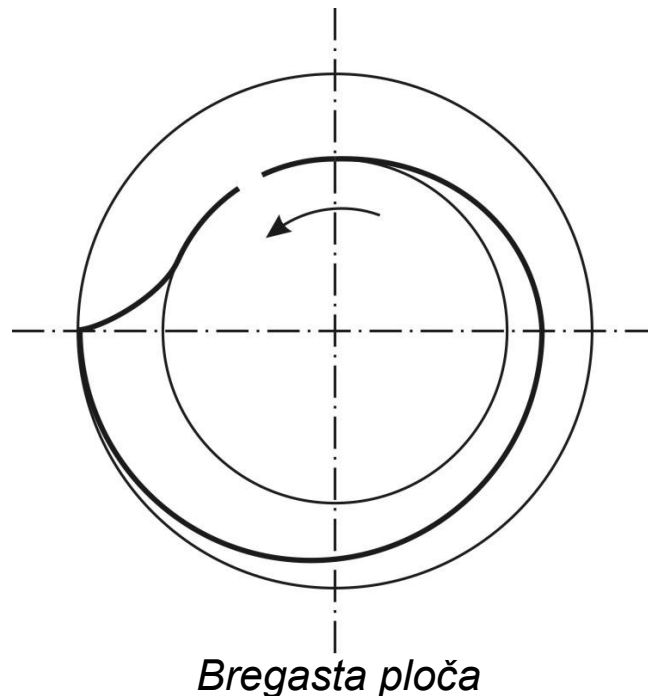


Kretanje strugarskog noža po Arhimedovoj spirali

4.1.1 Kinematska struktura strugova

5. Strug za leđno struganje – Izrada pločastih alata

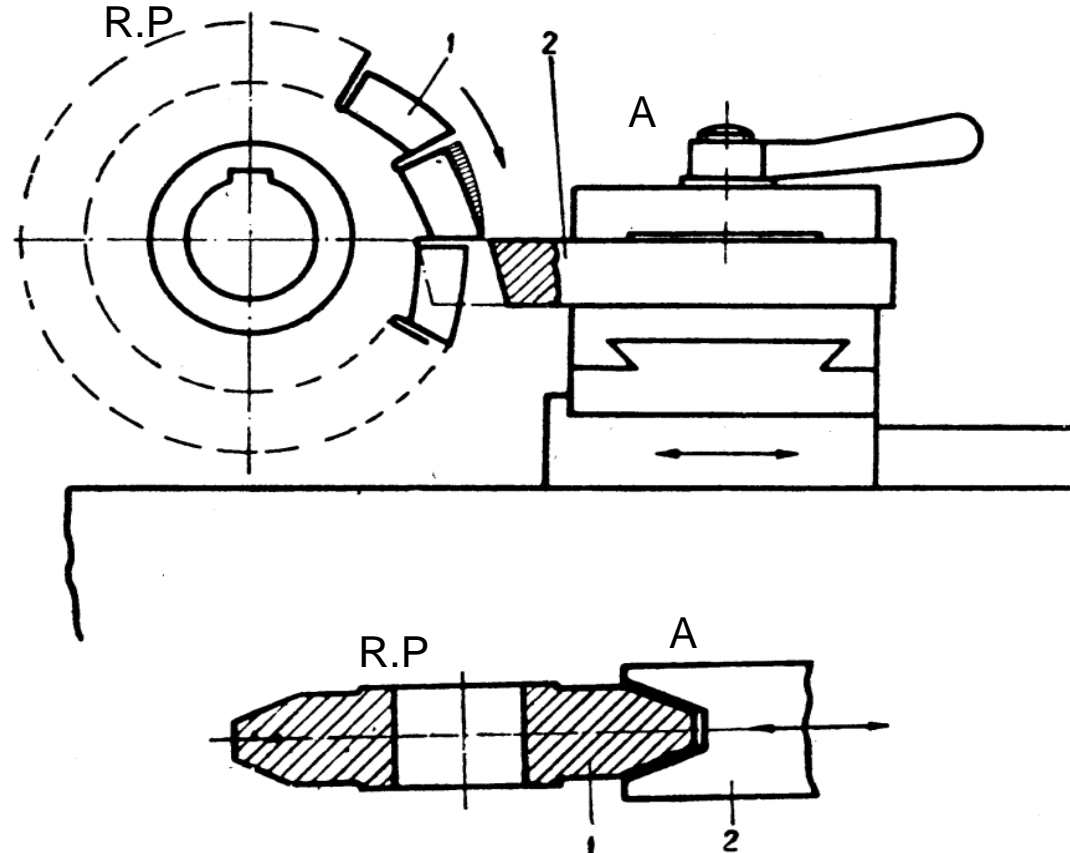
Pojedini alati (obradci) se mogu izraditi bez uzdužnog pomaka (s_z). Pri ovom načinu obrade obradak se ravnomerno obrće, a alat (nož) za leđno struganje pomoću brega dobija ravnomeran pomak u poprečnom pravcu (s_x). Između glavnog i pomoćnog kretanja postoji kruta kinematska veza.



4.1.1 Kinematska struktura strugova

5. Strug za leđno struganje – Izrada pločastih alata

Kod obrade glodala sa leđno struganim zubima, glodalo (radni predmet) izvodi obrtno kretanje uz istovremeno primicanje noža, da bi se sa zuba glodala skinula količina materijala koja odgovara šafiranoj površini na zubu glodala.

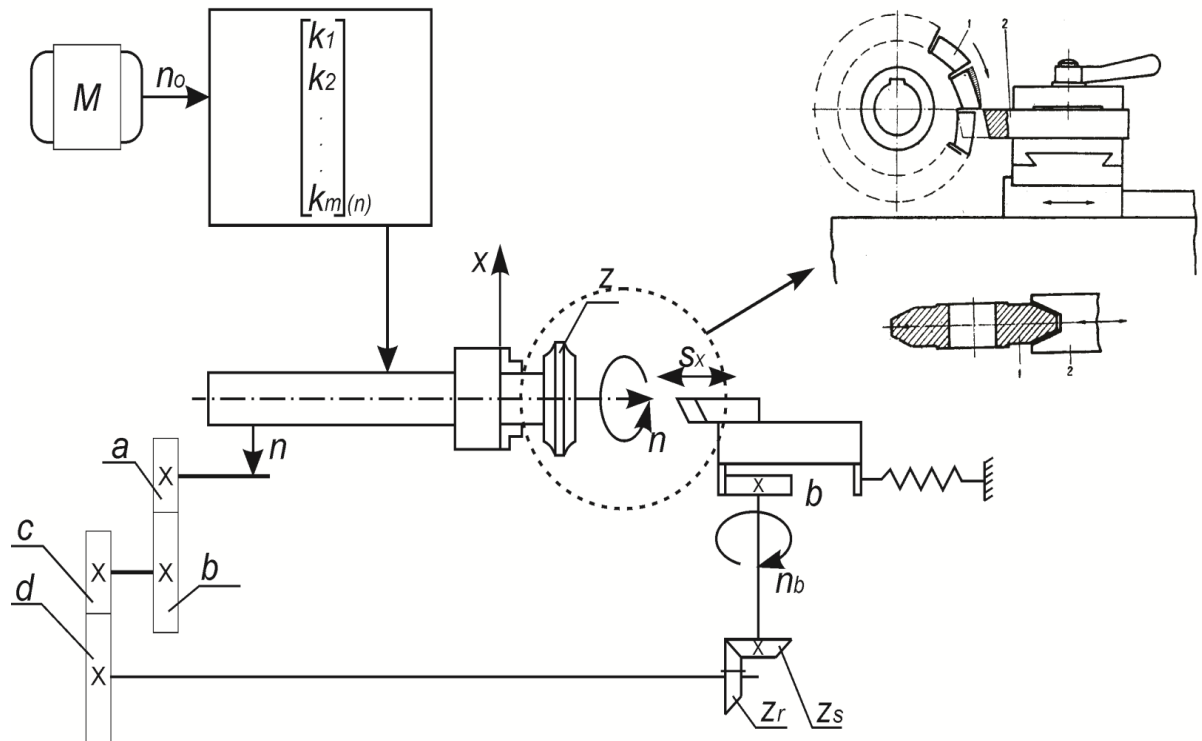


4.1.1 Kinematska struktura strugova

5. Strug za leđno struganje – Izrada pločastih alata

Pri izradi pločastih glodala sa leđno struganim zubima (modulna glodala) dok glodalo napravi jedan obrt, potrebno je izvršiti struganje leđne površine na "z" zuba.

Pri radijalnom pomaku noža radi obrade jednog zuba, potrebno je pre nailaska sledećeg zuba da se nož brzo vrati u svoj početni položaj.



4.1.1 Kinematska struktura strugova

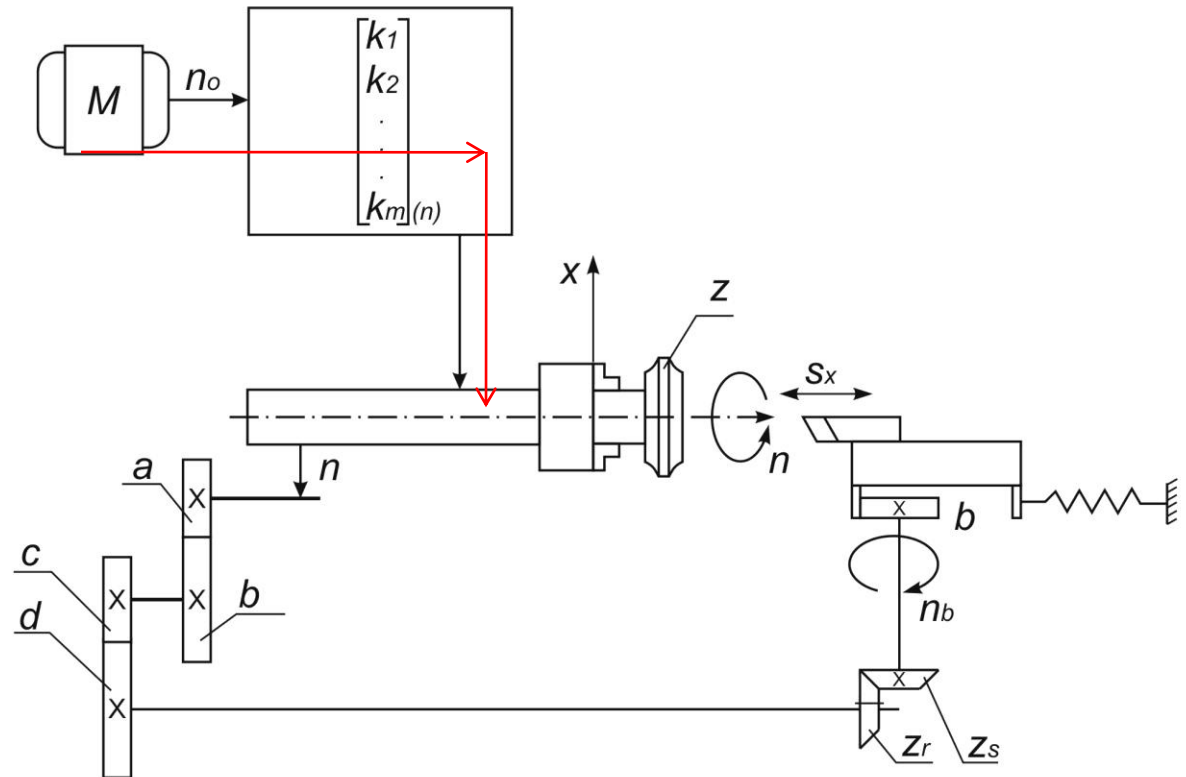
5. Strug za ledno struganje – Izrada pločastih alata

Potrebna kretanja su u ovom slučaju:

glavno kretanje – obrtanje obradka brojem obrtaja "n", radi ostvarenja brzine rezanja "v". Za uspostavljanje potrebne brzine rezanja bira se jedan od raspoloživih brojeva obrtaja glavnog vretena.

$$v = D_p \pi n; [m / \text{min}]$$

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix} = n_o \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}; [o / \text{min}]$$



4.1.1 Kinematska struktura strugova

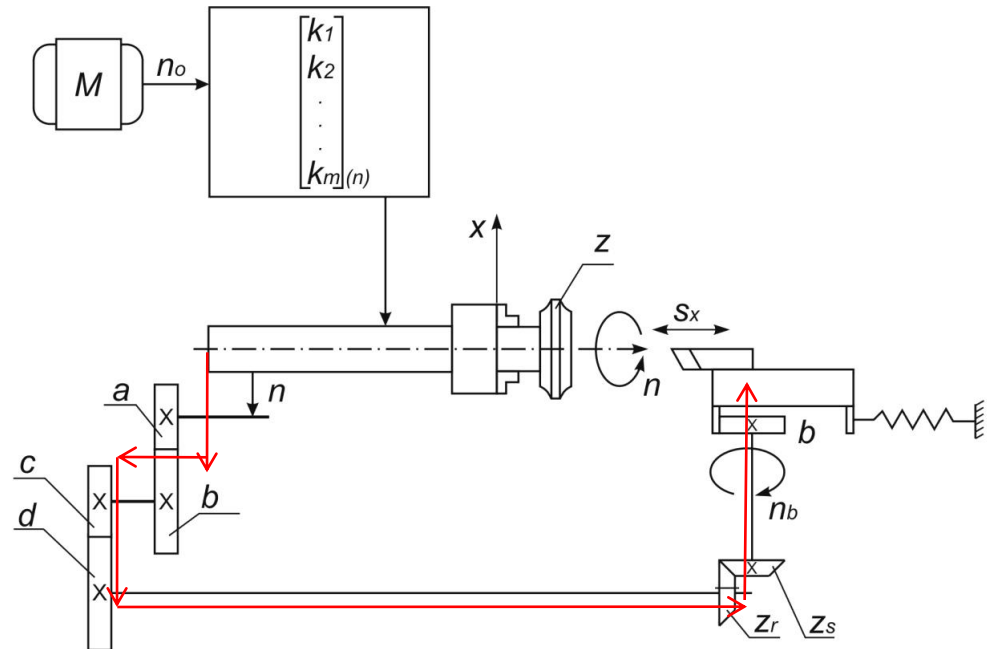
5. Strug za leđno struganje – Izrada pločastih alata

pomoćno kretanje – obrtanje bregaste ploče "n_b", koje obezbeđuje radijalno primicanje i odmicanje alata, tj. leđno struganje.

$$n_b = n \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{z_r}{z_s}$$

Za $n \cdot z = n_b \cdot 1 \rightarrow n_b/n = Z$, odnosno za jedan obrtaj radnog predmeta alat treba da obradi Z zuba na radnom predmet

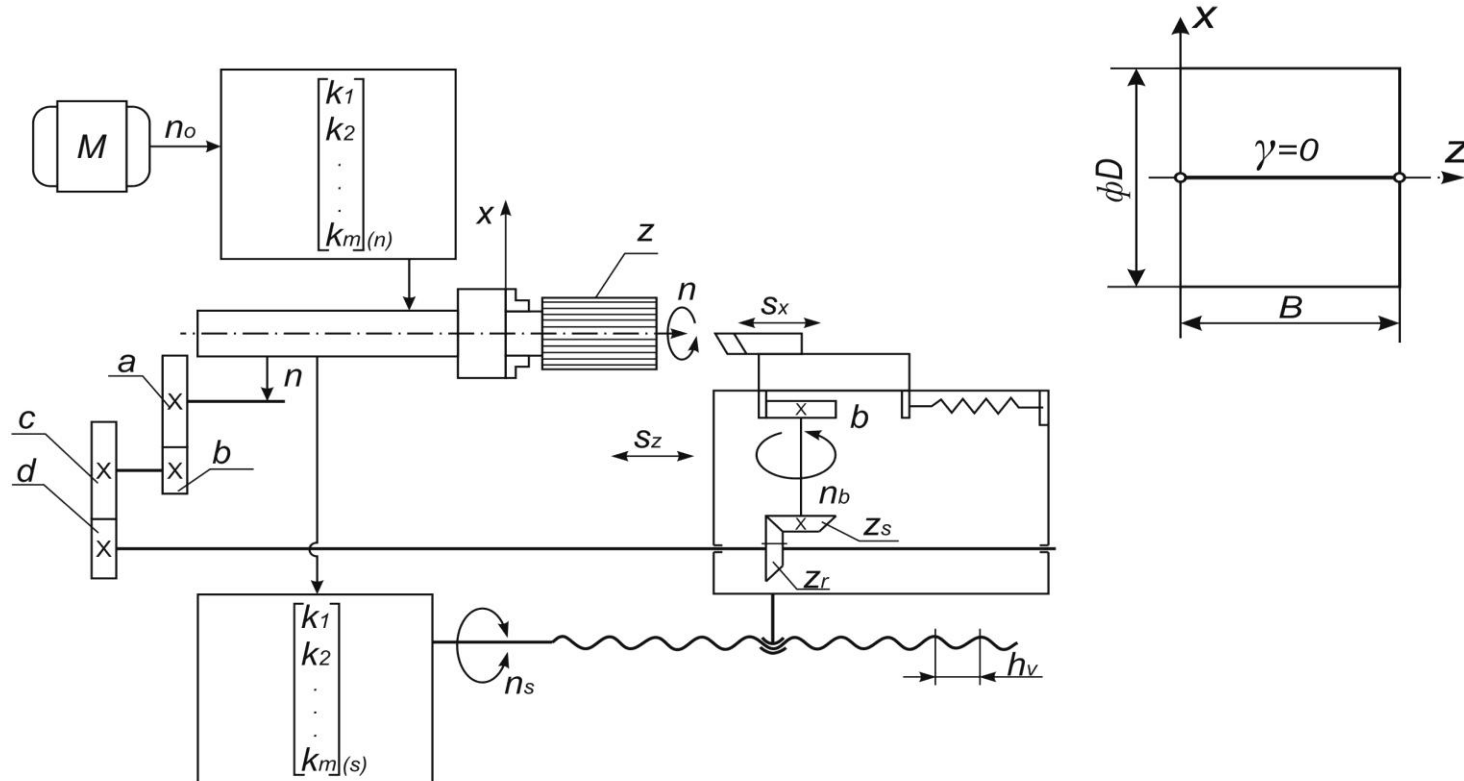
$$k = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = Z \cdot \frac{z_s}{z_r}$$



4.1.1 Kinematska struktura strugova

5. Strug za leđno struganje - Izrada glodala sa pravim zubima

Ukoliko se radi o valjkastim glodalima ili drugim glodalima veće dužine, gde je potrebno da strugarski nož izvodi i uzdužno kretanje pored radijalnog, potrebno je pomoću vodećeg vretena ostvariti i uzdužno kretanje nosača alata.



Kinematska struktura strugova za obradu alata sa pravim zubima

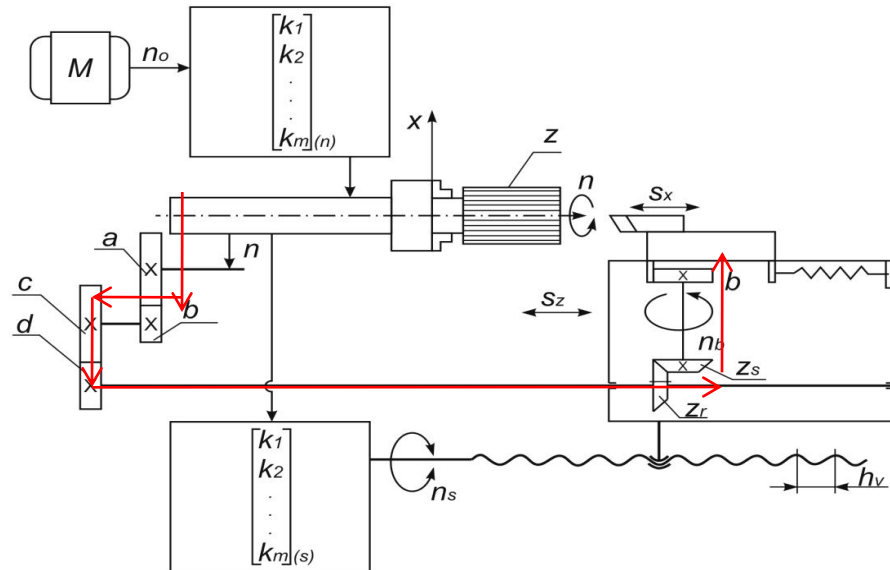
4.1.1 Kinematska struktura strugova

5. Strug za leđno struganje - Izrada glodala sa pravim zubima

Potrebna kretanja su u ovom slučaju:

glavno kretanje – obrtanje obradka brojem obrtaja "n", radi ostvarenja brzine rezanja " $v=D\pi n$ ".

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix} = n_o \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}; [o / \text{min}]$$



pomoćno kretanje – obrtanje bregaste ploče "nb", koje obezbeđuje radijalno primicanje i odmicanje alata, tj. leđno struganje

$$n_b = n \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{z_r}{z_s} \quad \text{Za } n \cdot z = n_b \cdot 1 \rightarrow n_b/n = Z \quad k = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = Z \cdot \frac{z_s}{z_r}$$

4.1.1 Kinematska struktura strugova

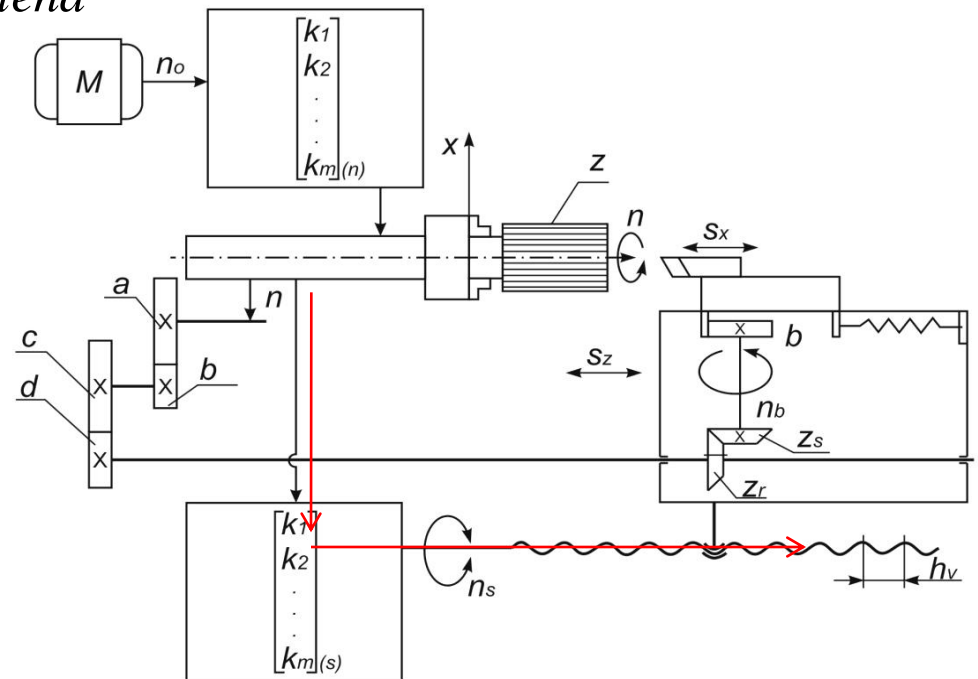
5. Strug za leđno struganje - Izrada glodala sa pravim zubima

pomoćno kretanje – uzdužni pomak " s_z ", koje je sinhronizovano, tj. u kinematskoj vezi sa glavnim kretanjem i ostvaruje se kinematskim lancem od glavnog vretena preko prenosnika za pomoćno kretanje datog matricom $k_{m(s)}$, do zavojnog vretena koraka h_v .

$$s_z = n_v h_v$$

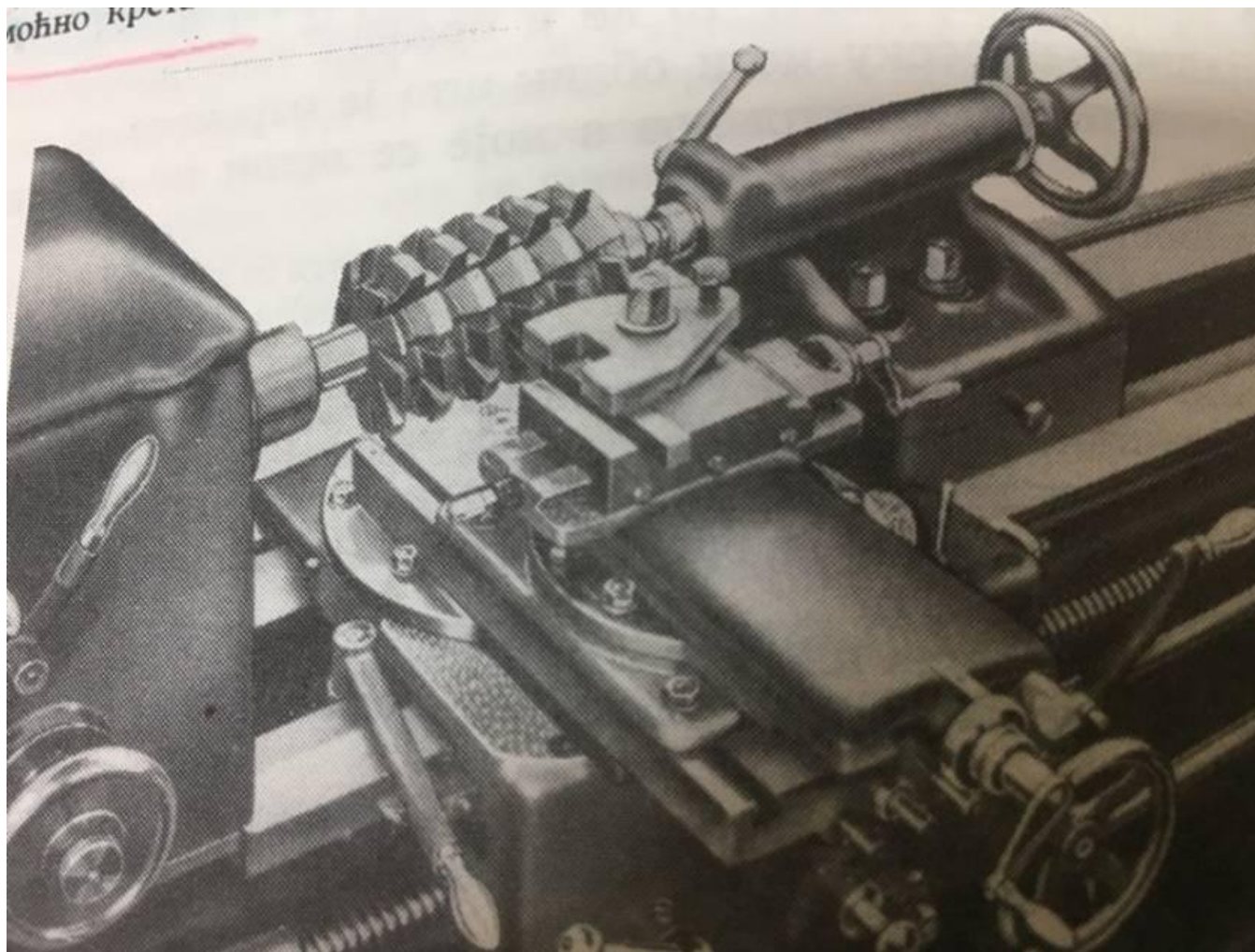
$$n_v = n \cdot k_{m(s)}, \text{ za } n = 1 \text{ obrtaj glavnog vretena}$$

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \cdot \\ s_m \end{bmatrix}_z = h_v \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} ; [mm / o];$$



4.1.1 Kinematska struktura strugova

5. Strug za leđno struganje alata (glodala) sa zavojnim zubima



4.1.1 Kinematska struktura strugova

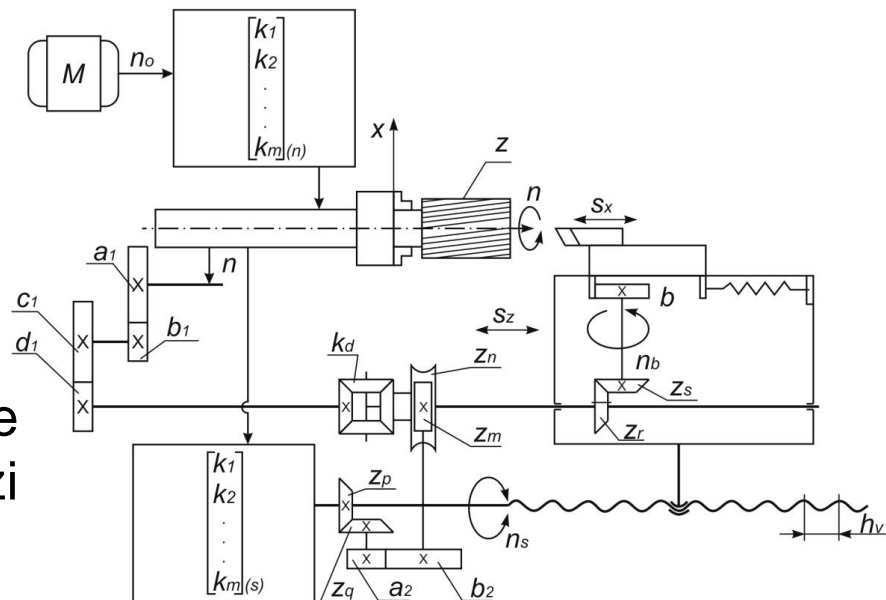
5. Strug za leđno struganje alata (glodala) sa zavojnim zubima

Potrebna kretanja su u ovom slučaju:

a) **glavno kretanje** – obrtanje obradka brojem obrtaja "n", radi ostvarenja brzine rezanja "v".

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix} = n_o \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}; [o / \text{min}]$$

b) **uzdužni pomak "s_z"**, koje je sinhronizovano, tj. u kinematskoj vezi sa glavnim kretanjem.



$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \cdot \\ s_m \end{bmatrix}_z = h_v \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)}; [mm / o];$$

4.1.1 Kinematska struktura strugova

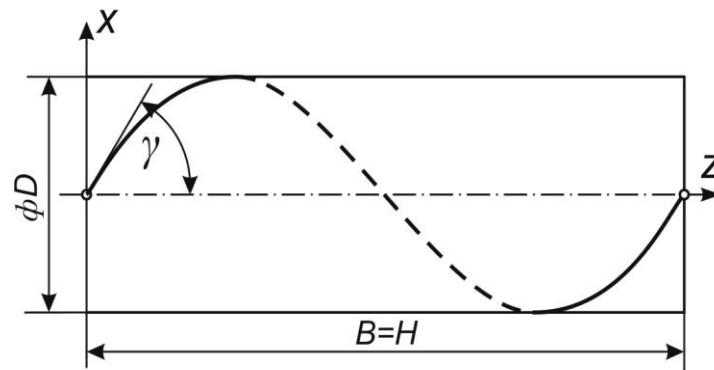
5. Strug za leđno struganje alata (glodala) sa zavojnim zubima

d) **pomoćno kretanje – dopunsko obrtanje bregaste ploče - " Δn_b ".**

Razlika položaja zuba paralelnih sa osom obradka, tj. osom mašine, i onih poređanih po zavojnici, tj. pod uglom na osu obradka, zavisi od položaja razmatranog preseka duž uzdužne Z-ose.

Zato mora postojati sinhronizacija razmatranog kretanja – dopunskog obrtanja bregaste ploče sa pogonom uzdužnog kretanja, tj. obrtanjem zavojnog vretena " n_v ", koraka " h_v ".

Prema tome, pri izradi zavojnih zubaca potrebno je bregastoj ploči saopštiti jedno dodatno obrtno kretanje ($\pm \Delta n_b$) u zavisnosti od ugla nagiba zavojnice (γ), aksijalnog pomaka i smera zavojnice.



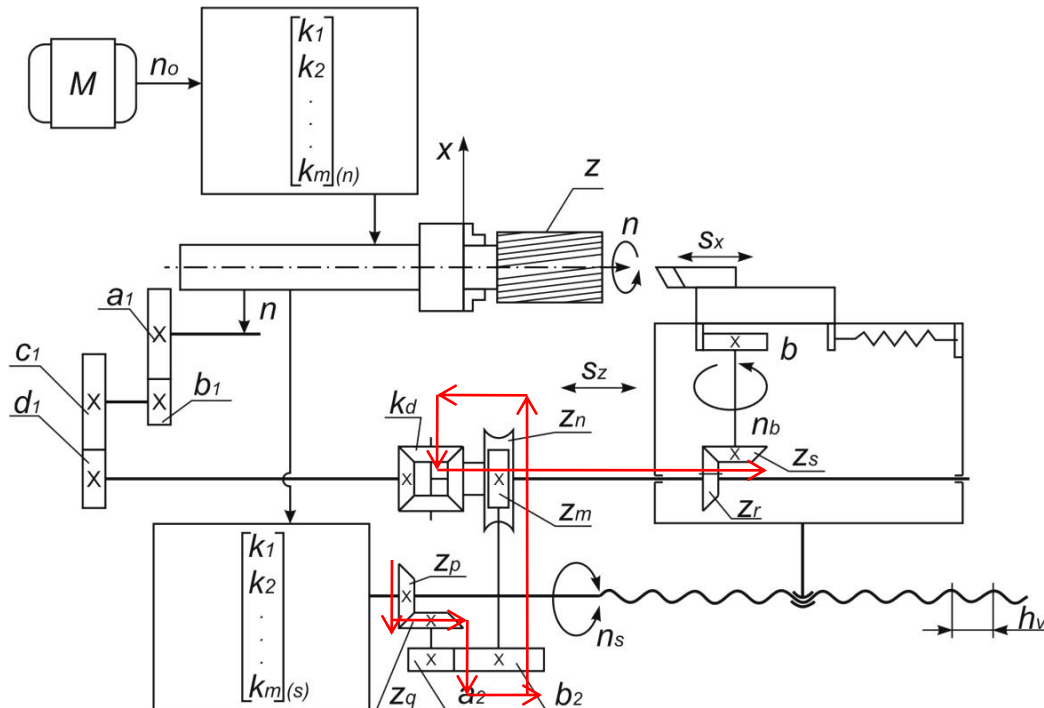
5.1.1 Kinematska struktura strugova

5. Strug za leđno struganje alata (glodala) sa zavojnim zubima

d) **pomoćno kretanje – dopunsko obrtanje bregaste ploče - " Δn_b ".**

Kao pogonsko vratilo, za ovo dopunsko kretanje, služi zavojno vreteno struga čiji je broj obrtaja " $n_s = n_v$ ". Kinematski lanac za dopunsko obrtanje bregaste ploče je:

$$\Delta n_b = n_v \cdot \frac{z_p}{z_q} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{z_m}{z_n} \cdot k'_d \cdot \frac{z_r}{z_s}$$



4.1.1 Kinematska struktura strugova

5. Strug za leđno struganje alata (glodala) sa zavojnim zubima

d) **pomoćno kretanje – dopunsko obrtanje bregaste ploče - " Δn_b ".**

$\Delta n_b = Z$, za putanju alata (L), koja je jednaka koraku zavojnice zuba (H), tj. za $L = H$.

Korak zavojnice zuba - " H " se određuje na osnovu geometrije obradka.

$$h = i \cdot t_a = D_t \cdot \pi \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$t_a = m \cdot \pi = \frac{m_n}{\cos \alpha} \cdot \pi$$

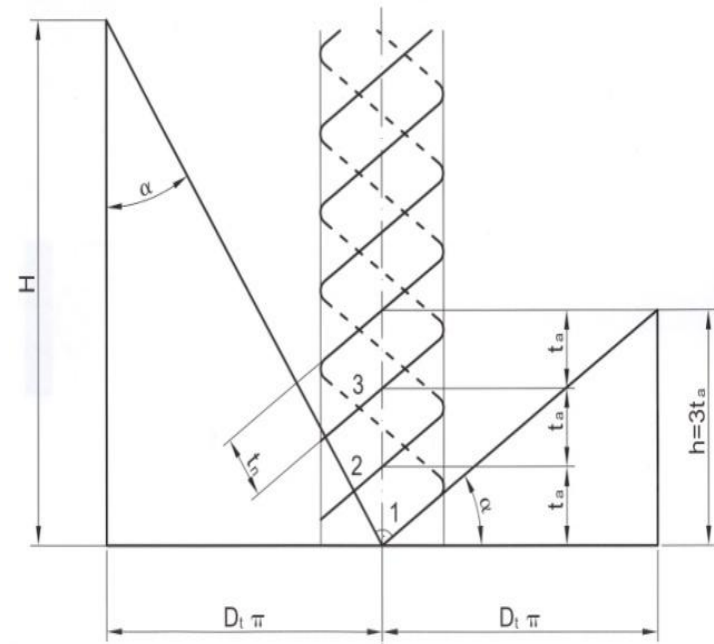
$$H = \frac{D_t \cdot \pi}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{i \cdot m_n}{\sin \alpha} \cdot \frac{\pi}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$D_t = \frac{i \cdot m_n}{\sin \alpha}$$

$$L = H = n_v \cdot h_v \rightarrow n_v = H/h_v$$

$$\Delta n_b = Z$$

$$Z = \frac{H}{h_v} \cdot \frac{z_p}{z_q} \cdot \frac{b_2}{a_2} \cdot \frac{z_n}{z_m} \cdot k'_d \cdot \frac{z_s}{z_r}$$



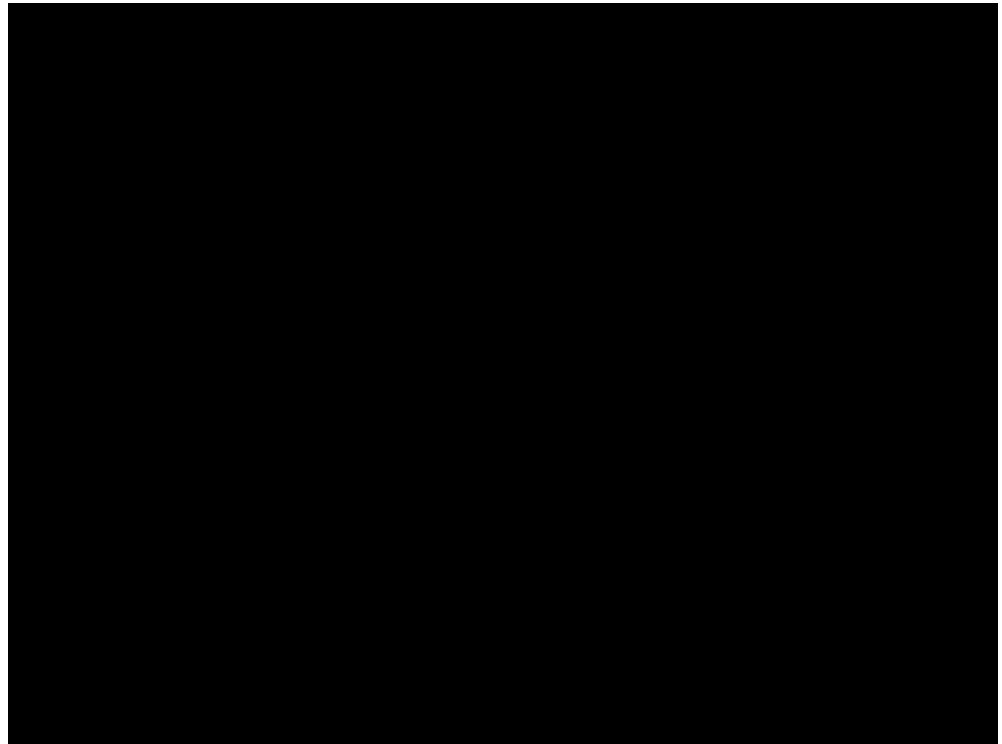
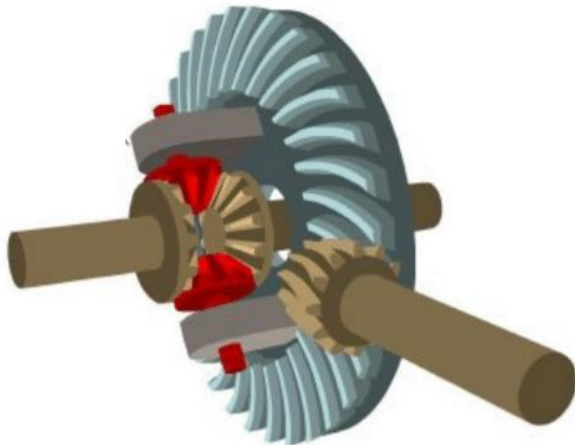
4.1.1 Kinematska struktura strugova

Diferencijal

Jedan od segmenata prenosne strukture mašina alatki je **DIFERENCIJAL**.

On spada u grupu elementarnih prenosnika, no specifičan je iz razloga što ima dva prenosna faktora.

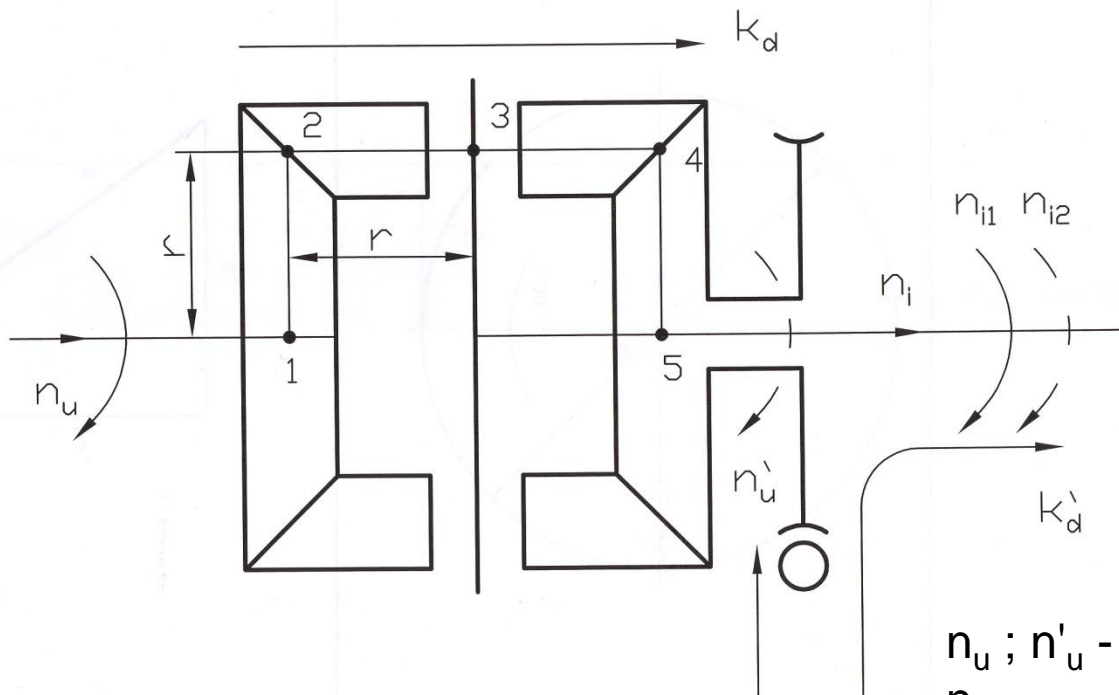
Šta je uloga diferencijala kod prenosne strukture mašina alatki?



4.1.1 Kinematska struktura strugova

Diferencijal - I tip diferencijala

a) Kod ovog tipa diferencijala ulazni broj obrtaja može biti preko levog koničnog zupčanika (n_u), pri čemu se na izlazu javlja broj obrtaja n_i . Prenosni faktor je u tom slučaju k_d .



$n_u ; n'_u$ - ulazni brojevi obrtaja
 n_i - izlazni broj obrtaja
 $n_{i1} ; n_{i2}$ - izlazni broj obrtaja za parcijalne slučajeve, tj. za $n'_u=0$ i $n_u=0$

4.1.1 Kinematska struktura strugova

Diferencijal - I tip diferencijala

$$v_1 = v_4 = v_5 = 0$$

Tačka 2

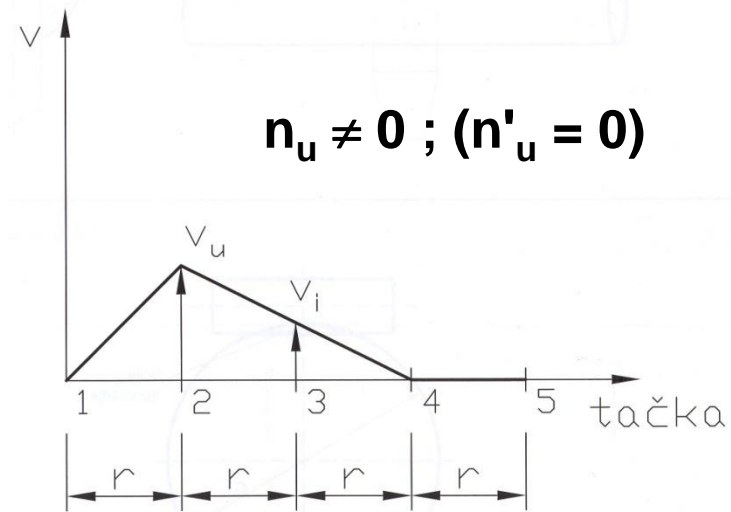
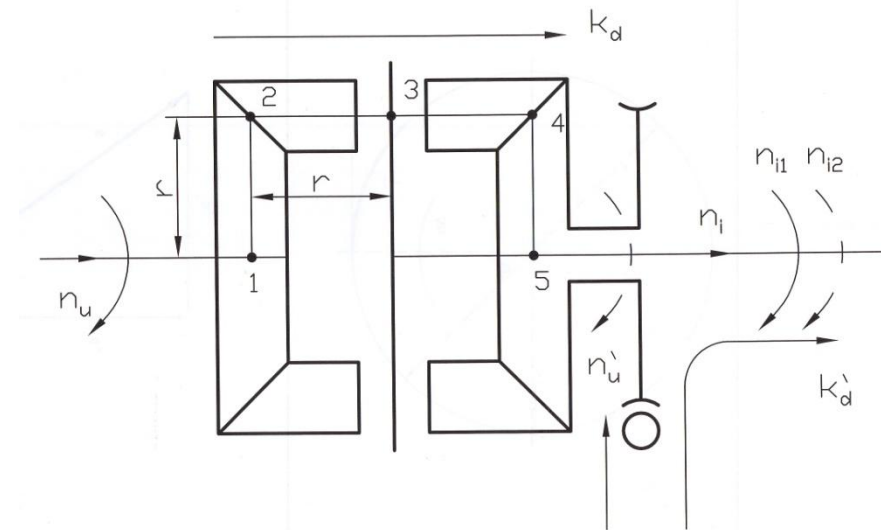
$$v_2 = v_u = r \cdot \omega_u = r \cdot \frac{\pi n_u}{30}$$

Tačka 3

$$v_3 = v_i = r \cdot \omega_{i1} = r \cdot \frac{\pi n_{i1}}{30}$$

$$\frac{v_u}{2r} = \frac{v_i}{r} \Rightarrow \frac{v_i}{v_u} = \frac{1}{2} = \frac{r \frac{\pi n_{i1}}{30}}{r \frac{\pi n_u}{30}} = \frac{n_{i1}}{n_u}$$

$$\frac{n_{i1}}{n_u} = \frac{1}{2} = k_d \quad \text{tj.} \quad k_d = \frac{1}{2}$$



Dijagram brzina u pet karakterističnih tačaka

4.1.1 Kinematska struktura strugova

Diferencijal - I tip diferencijala

$$v_1 = v_2 = v_5 = 0$$

Tačka 4

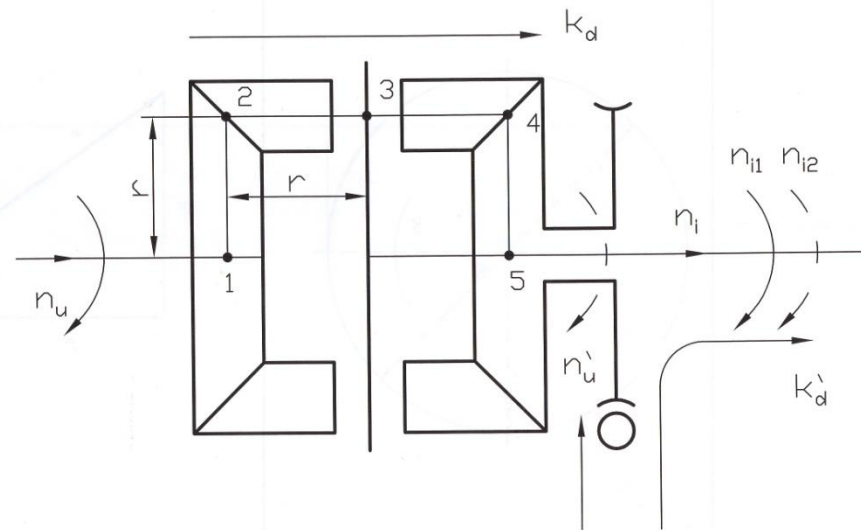
$$v_4 = v'_u = r \cdot \omega'_u = r \cdot \frac{\pi n'_u}{30}$$

Tačka 3

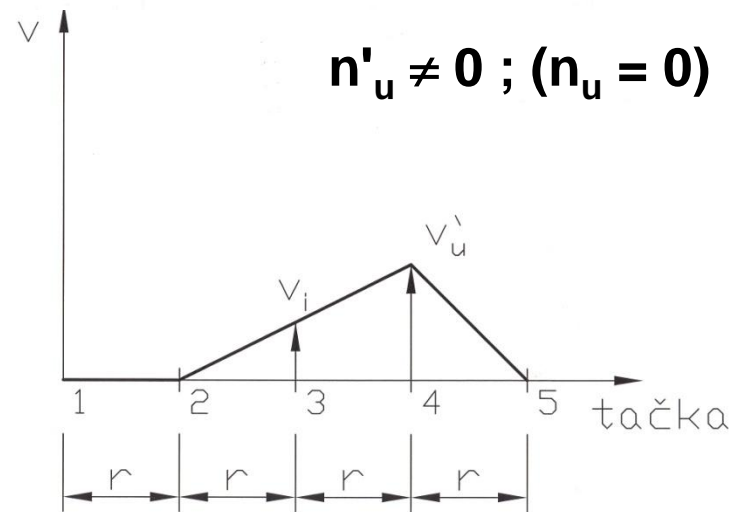
$$v_3 = v_i = r \cdot \omega_{i2} = r \cdot \frac{\pi n_{i2}}{30}$$

$$\frac{v_i}{r} = \frac{v'_u}{2r} \Rightarrow \frac{v_i}{v'_u} = \frac{1}{2} = \frac{n_{i2}}{n'_u}$$

$$\frac{n_{i2}}{n'_u} = \frac{1}{2} = k'_d \quad \text{tj.} \quad k'_d = \frac{1}{2}$$



$$n'_u \neq 0 ; (n_u = 0)$$



Dijagram brzina u pet karakterističnih tačaka

4.1.1 Kinematska struktura strugova

Diferencijal - II tip diferencijala

$$v_1 = v_3 = v_5 = 0$$

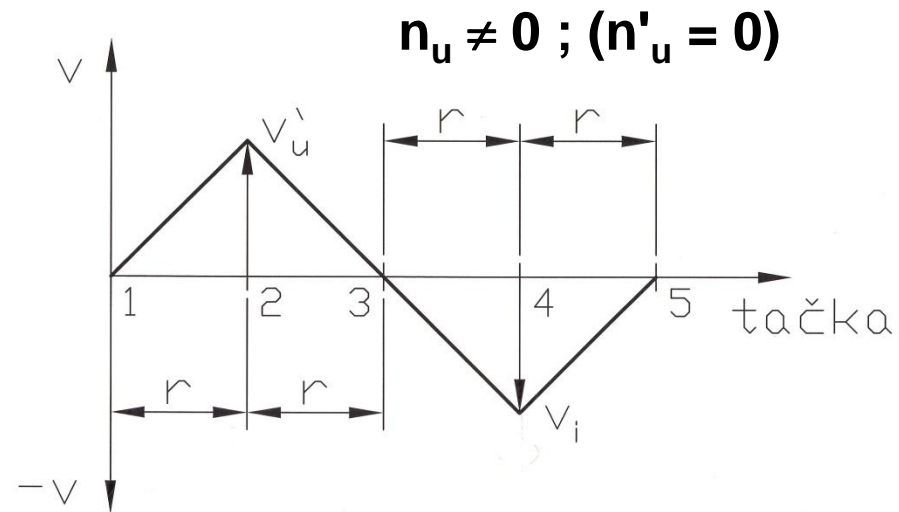
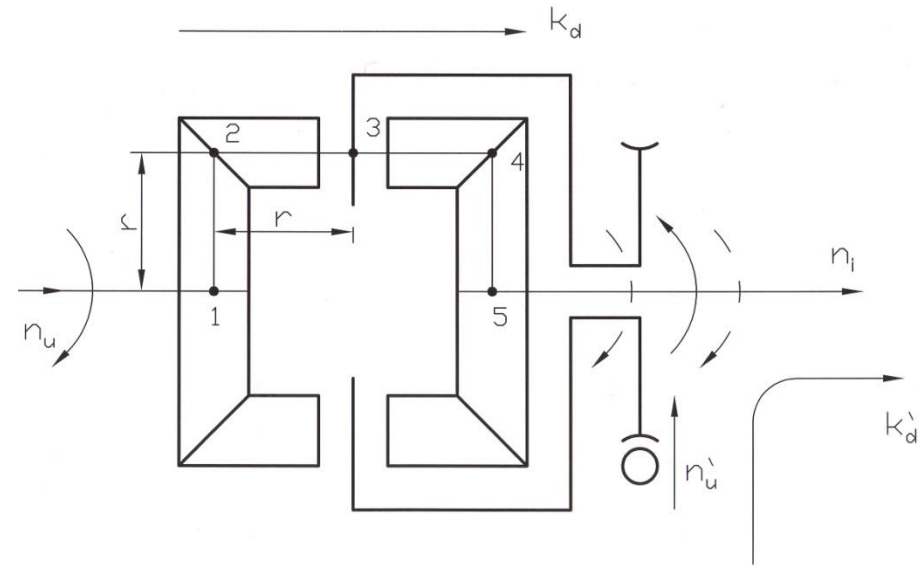
Tačka 2

$$v_2 = v_u = r \cdot \omega_u = r \cdot \frac{\pi n_u}{30}$$

Tačka 4

$$v_4 = v_i = r \cdot \omega_{i1} = r \cdot \frac{\pi n_{i1}}{30};$$

$$v_u = -v_i \Rightarrow n_4 = -n_{i1}$$



Dijagram brzina u pet karakterističnih tačaka

$$\frac{n_{i1}}{n_u} = -1 = k_d \quad \text{tj.} \quad k_d = -1$$

4.1.1 Kinematska struktura strugova

Diferencijal - II tip diferencijala

$$v_1 = v_2 = v_5 = 0$$

Tačka 3

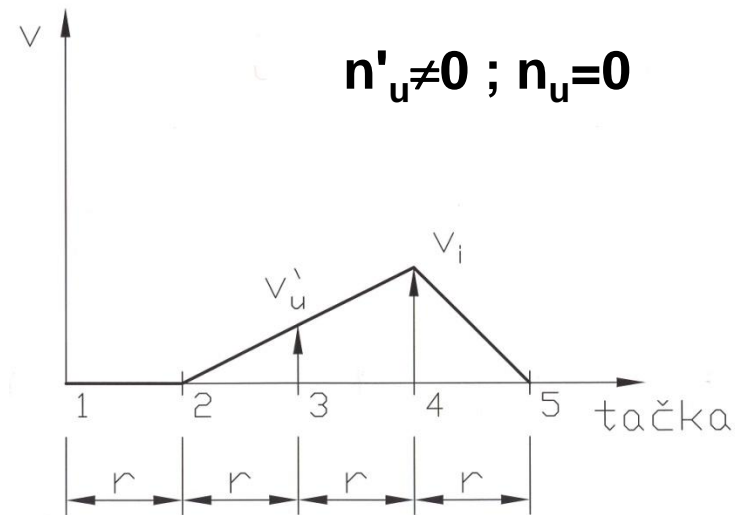
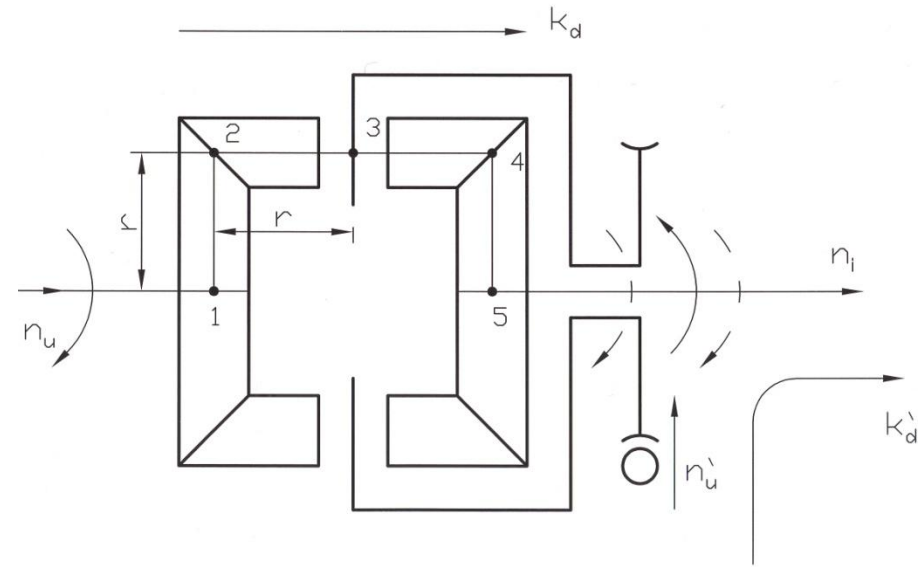
$$v_3 = v'_u = r \cdot \omega'_u = r \cdot \frac{\pi n'_u}{30}$$

Tačka 4

$$v_4 = v_i = r \cdot \omega_{i2} = r \cdot \frac{\pi n_{i2}}{30}$$

$$\frac{v_i}{v'_u} = 2 \Rightarrow \frac{n_{i2}}{n_u} = 2$$

$$\frac{n_{i2}}{n_u} = 2 = k'_d \quad \text{tj.} \quad k'_d = 2$$



Dijagram brzina u pet karakterističnih tačaka

FTN - DPM - LAMA

Predmet: Obradni i tehnološki sistemi

Novi Sad, OKTOBAR 2021.

4.0 KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

Sadržaj

4.0. KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

4.1 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju rotacionih površina

4.2 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju ravnih površina

4.3 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju složenih – profilnih površina

KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

4.1 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju rotacionih površina

4.1.1 Kinematska struktura strugova

4.1.2 Kinematska struktura bušilica

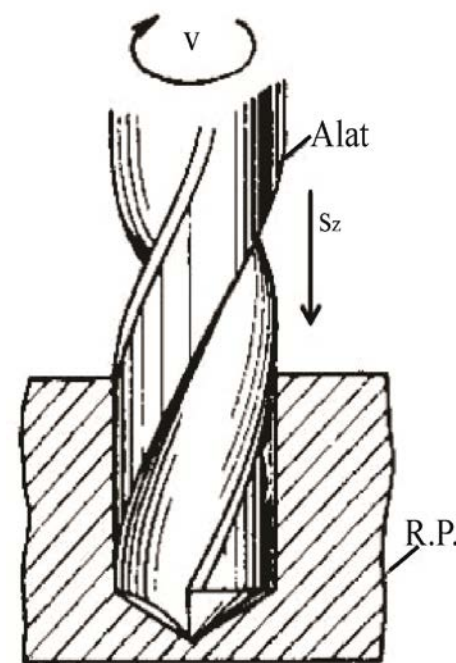
4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Mašine za obradu bušenjem

Operacije na bušilicama imaju za cilj izradu i obradu rupa/otvora u radnom predmetu.

Ovaj proces podrazumeva dovođenje alata koji vrši **glavno obrtno** i **pomoćno pravolinijsko kretanje (s_z)**, duž ose obrtanja glavnog vretena, ka stacionarnom radnom predmetu.

Bušenje se smatra oprecijom grube obrade i prema tome uopšteno posmatrano, nema veliku tačnost obrade i kvalitet obrađene površine.



Šematski prikaz oprecije bušenja

4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Mašine za obradu bušenjem

U zavisnosti od zahtevane tačnosti i kvaliteta obrađene površine na bušilicama se mogu realizovati sledeći tehnološki zahvati obrade:

- bušenje
- proširivanje,
- upuštanje,
- razvrtanje,
- zabušivanje
- urezivanje navoja itd.

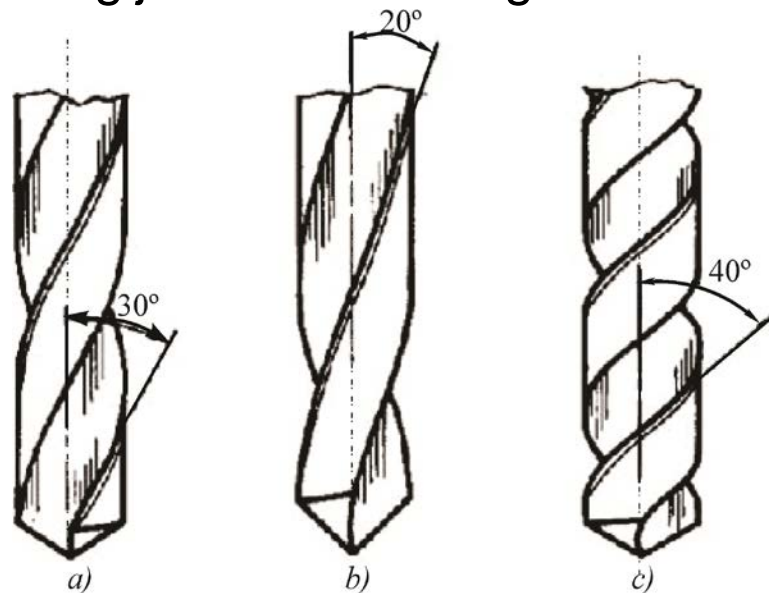
4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Mašine za obradu bušenjem – zahvat bušenja

Bušenje otvora i rupa se izvodi u punom materijalu jednim alatom ili, kod rupa većih prečnika, stepenasto u nekoliko faza, burgijama različitog prečnika.

Prema obliku burgije se dele na ravne i spiralne (sa cilindričnom i koničnom drškom), prema vrsti materijala na burgije od brzoreznog čelika i sa pločicama ot tvrdog metala.

Najčešće korišćeni alat za bušenje je spiralna burgija, koja se odlikuje zavojnim žljebovima (dva žljeba) za izbacivanje strugotine i za dovod sredstva za hlađenje.



Spiralna burgija različitih ugla nagiba zavojnice: a)30°; b)20°; c)40°

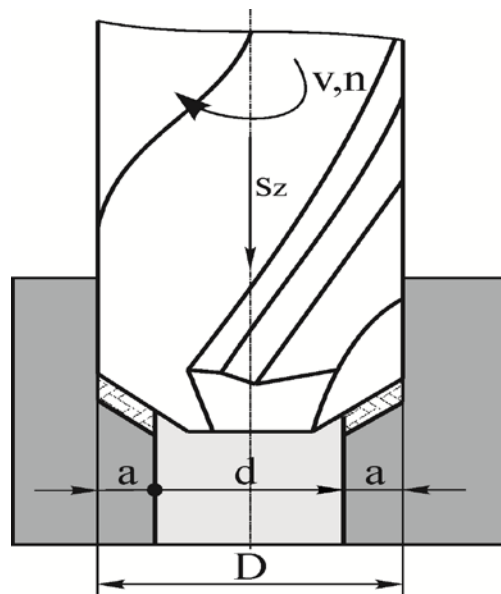
4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Mašine za obradu bušenjem – zahvat proširivanja

Proširivanje je zahvat koji se izvodi za dalju obradu već prethodno izbušenih ili izlivenih rupa

Ovim zahvatom se postiže veća dimenzionalnost, tačnost oblika i mera, kao i bolji kvalitet obrađene površine.

Zahvat proširivanja se obično izvodi između bušenja i razvrtanja.



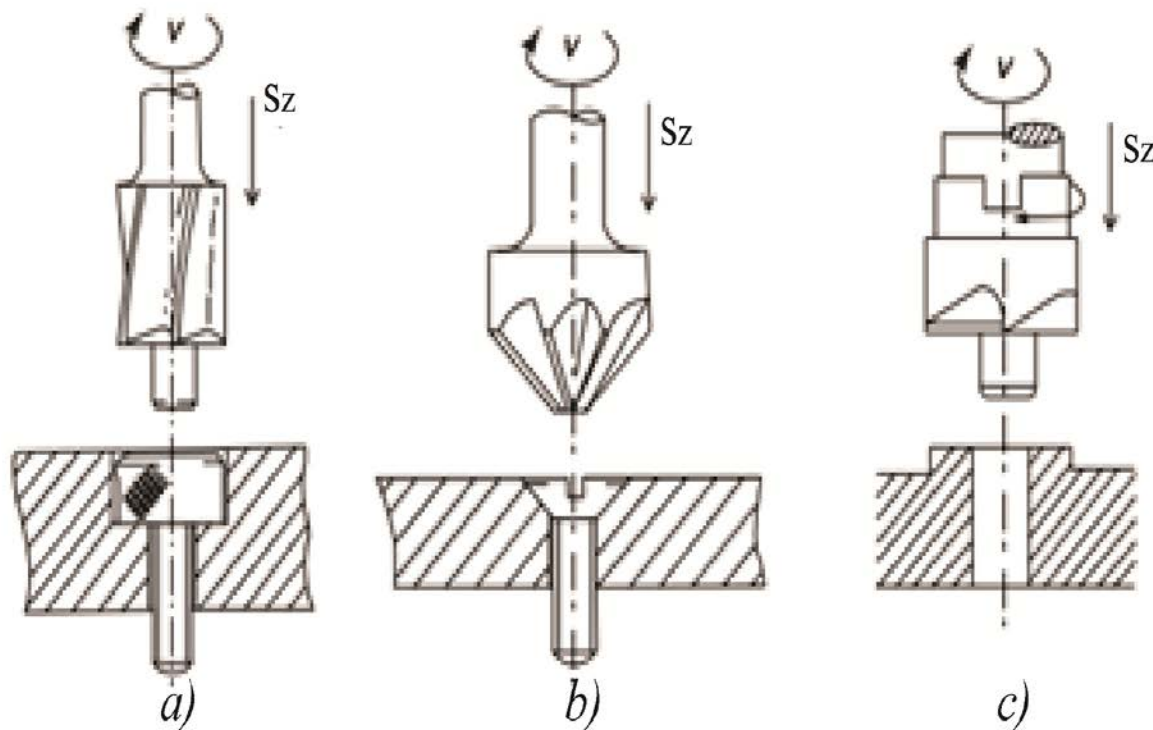
Zahvat proširivanja

4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Mašine za obradu bušenjem – zahvat upuštanja

Upuštanje je postupak (zahvat) obrade ulaza ili izlaza rupe/otvora.

Upuštači su rezni alati koji se upotrebljavaju za proširivanje ulaza ili izlaza rupe/otvora, te za postizanje tačnijeg oblika postojećih rupa/otvora.



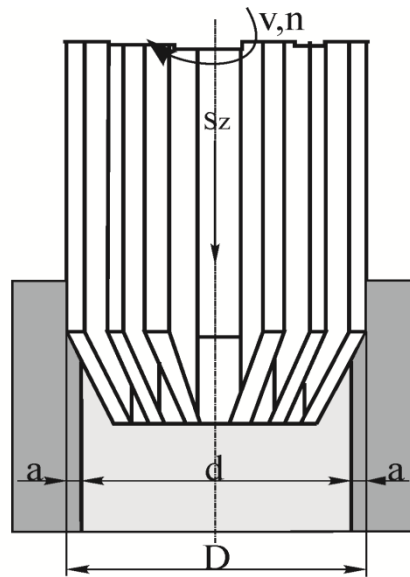
Zahvati upuštanja

4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Mašine za obradu bušenjem – zahvat razvrtanja

Razvrtanje je zahvat obrade obično nakon proširivanja, ali se može koristiti i nakon bušenja.

Ovaj zahvat predstavlja postupak završne obrade otvora/rupe tačnosti dimenzija od 40 do 400 [μm] u zavisnosti od prečika rupe i kvaliteta obrađene površine.



Zahvati razvrtanja

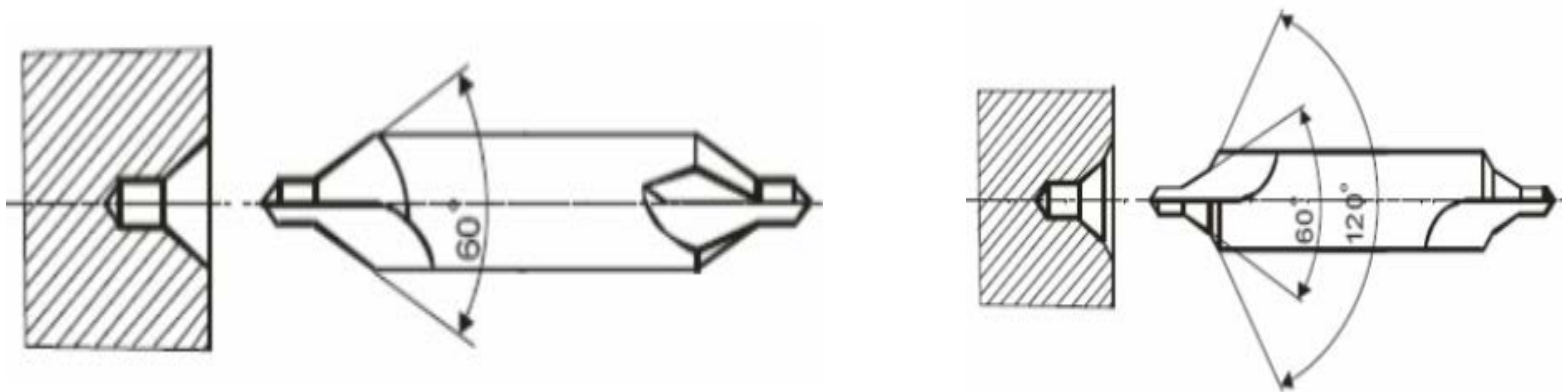
4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Mašine za obradu bušenjem – **zahvat zabušivanja**

Zabušivanje je zahvat obrade pre bušenja koja obezbeđuje centriranje i pravilno vođenje spiralne burgije.

Ova operacija se izvodi sa zabušivčima sa jednostrukim konusom.

Operacija zabušivanja se koristi i za zabušivanje gnezda za centriranje na vratilima i osovinama, čime se obezbeđuje pravilno centriranje i stezanje osovina i vratila pri obradi struganjem i brušenjem.



Zahvat zabušivanja

4.1.2 Kinematska struktura bušilica

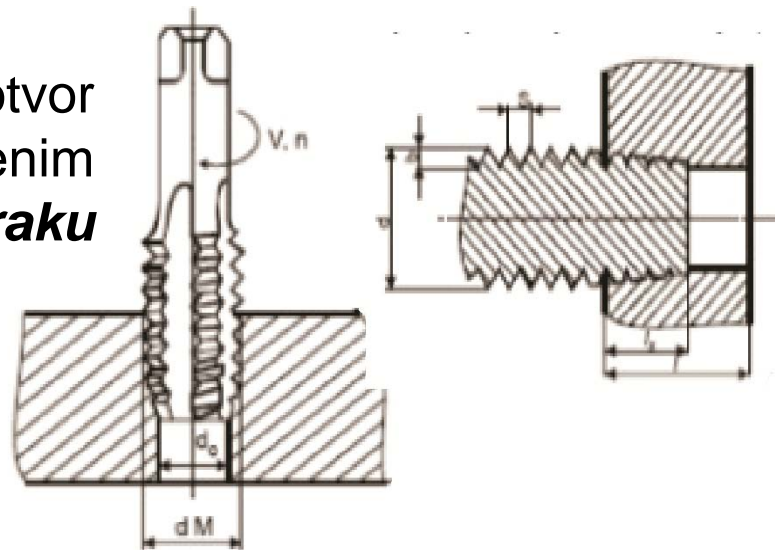
Mašine za obradu bušenjem – Izrada zavojnica (navoja)

Izrada zavojnica (navoja) je zahvat izrade unutrašnjeg navoja ureznikom koji je u osnovi alat za urezivanje.

Postoje dve mogućnosti za izradu navoja na bušilicama:

- a) **urezivanje navoja u otvorima**, pri čemu se ne zahteva uređaj za promenu pravca i stezna glava za ureznik;
- b) **urezivanje navoja u rupama**, pri čemu bušilica mora biti opremljena sa uređajem za promenu smeru okretanja zajedno sa steznom glavom za ureznik.

Ureznica ulazi normalno u rupu/otvor određenim brojem obrtaja, i određenim pomakom, **koji mora odgovarati koraku navoja.**



Zahvat izrade navoja na bušilici

4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Vrste mašina za obradu bušenjem

Klasifikaciju bušilica je moguće izvršiti prema više kriterijuma:

A) *Prema položaju ose glavnog vretena:*

- vertikalne;
- horizontalne;

B) *Prema broju glavnih vretena:*

- jednovretene;
- viševretene;

➤ Posebnu grupu čine agregatne bušilice, projektovane od standardnih agregata (modula). One takođe mogu biti jednovretene ili viševrtene, sa horizontalnim, vertikalnim ili kosim položajem glavnog vretena.

4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Vrste mašina za obradu bušenjem

Vertikalne bušilice sa jednim vretenom obuhvataju niz tipova mašina:

- 1) stone;
- 2) stubne;
- 3) bušilice sa postoljem;
- 4) radijalne;
- 5) univerzalne;
- 6) koordinatne;

U vertikalne bušilice sa više vretena spadaju:

- 1) redne;
- 2) bušilice sa viševretenom glavnom;
- 3) viševretene bušilice;
- 4) bušilice sa revolverskog glavom (revolverskim nosašem alata);

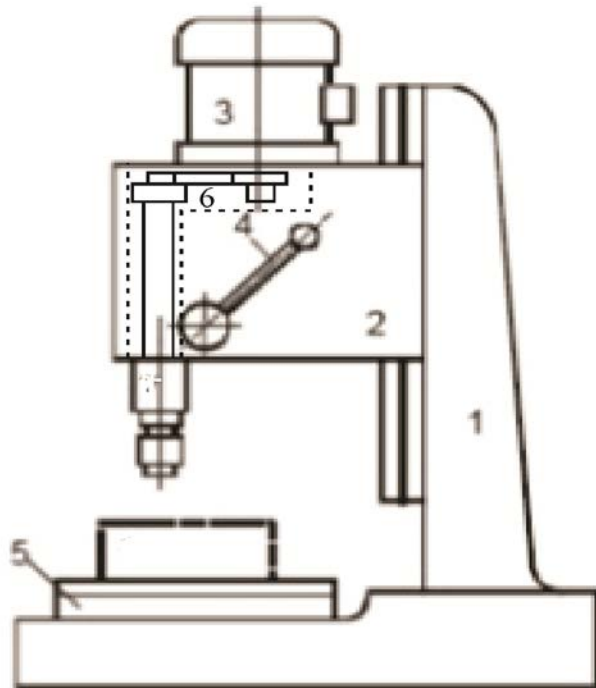
4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Vrste mašina za obradu bušenjem – Stone bušilice

Ove bušilice se koriste za obradu rupa/otvora malih prečnika od 0,25 do 12 [mm].

Jedna od glavni karakteristika ovih bušilica je da imaju ručni pomak a, zbog malih prečnika raspolažu visokim brojevima obrtaja glavnog vretena radi postizanja potrebne brzine rezanja.

Promena broja obrtaja vrši se pomoću stepenastog kaišnika, zupčastog prenosnika ili prenosnika za kontinualnu promenu broja obrtaja.



- 1 - noseći stub;
- 2 – konzola;
- 3 - pogonski elektromotor;
- 4 – ručica za pomoćno kretanje
- 5 - radni sto;
- 6 - prenosnik za glavno kretanje

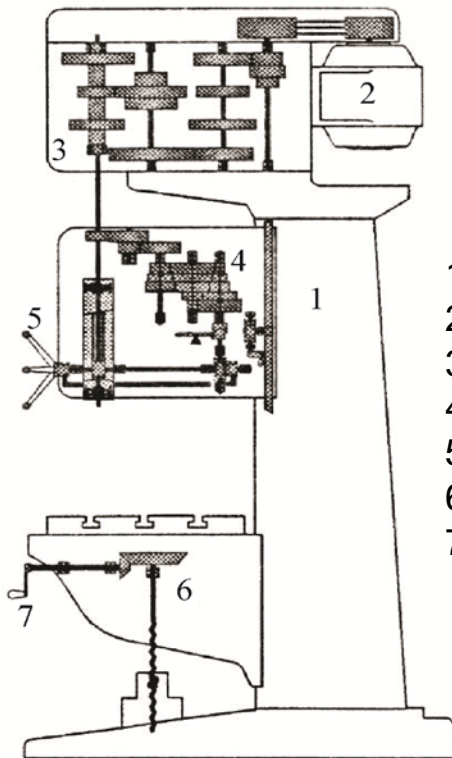
Šema stone bušilice

4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Vrste mašina za obradu bušenjem – Stubne bušilice

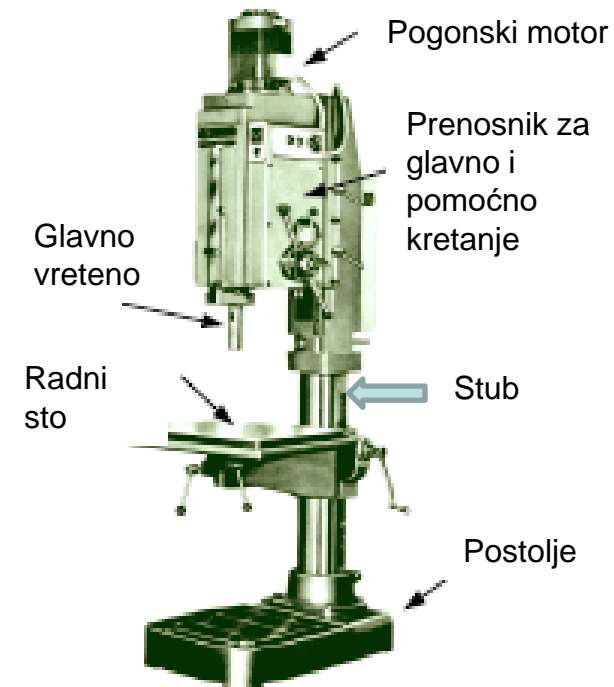
Bušilice ovog tipa se koriste za obradu većih rupa i otvora. Postolje se kod stubnih bušilica pričvršćuje na temelje.

Ove bušilice imaju širok raspon brojeva obrtaja i pomaka, usled čega se pored bušenja koriste i za proširivanje, razvrtanje i urezivanje navoja.



- 1 - noseći stub;
- 2 - pogonski elektromotor;
- 3 - prenosnik za glavno kretanje
- 4 - prenosnik za pomoćno kretanje
- 5 – ručica za pravolinijsko pokretanje alata;
- 6 – radni sto;
- 7 – ručica za pokretanje radnog stola

Šema stubne bušilice



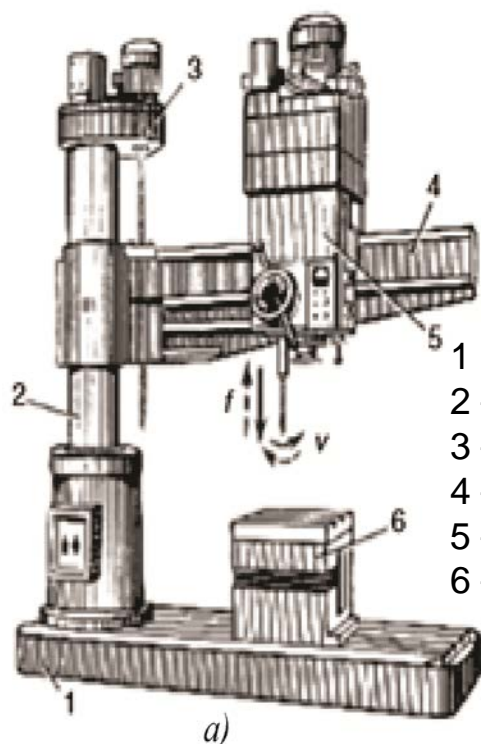
4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Vrste mašina za obradu bušenjem - Radijalna bušilica

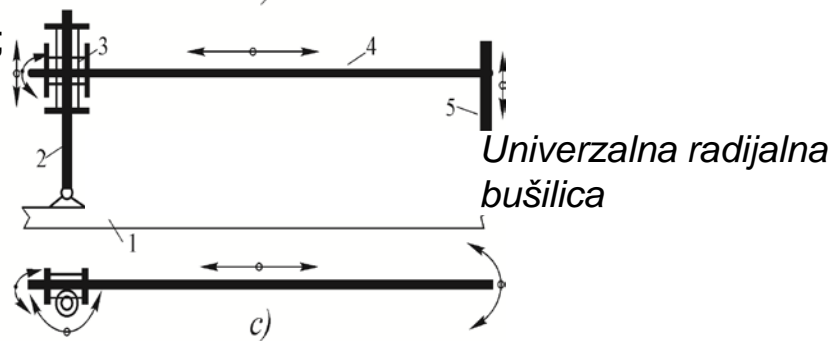
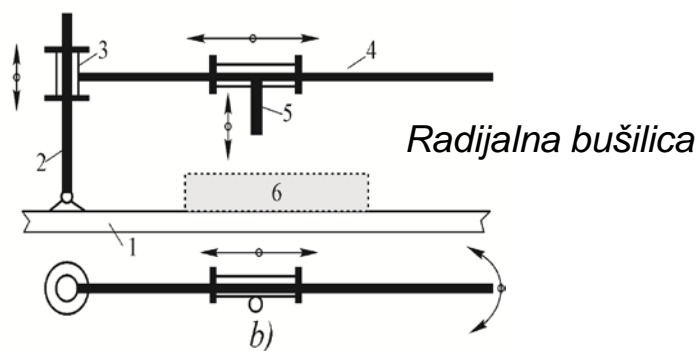
Mašine pogodne za bušenje, razvrtanje i urezivanje navoja kod velikih radnih predmeta.

Mogu da se primenjuju u pojedinačnoj i serijskoj proizvodnji. Karakteristično za ove mašine je velika produktivnost i tačnost.

Pri obradi na ovim mašinama postoji mogućnost bušenja više rupa pri čemu je radni predmet stacionaran, dok se glavno vreteno pomera do svakog pojedinačnog mesta određenog za bušenje.



- 1 - postolje;
- 2 – vertikalni stub;
- 3 – zavojno vreteno;
- 4 – konzola
- 5 – glavno vreteno;
- 6 – radni sto



4.1.2 Kinematska struktura bušilica

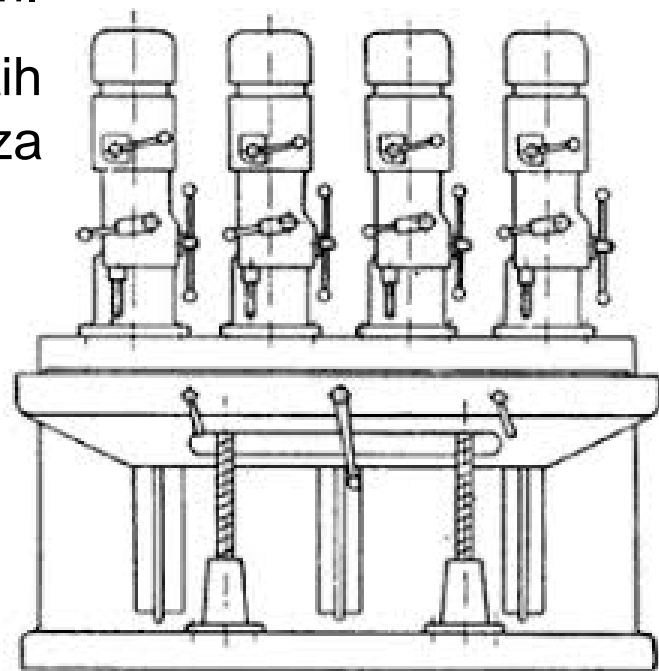
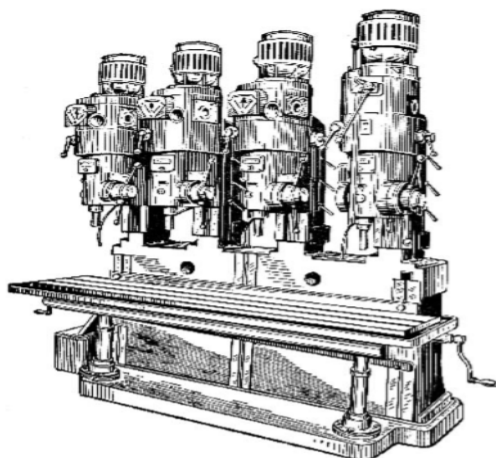
Vrste mašina za obradu bušenjem - Viševretene bušilice

Služe u **serijskoj i masovnoj proizvodnji** za obradu radnih predmeta koji zahtevaju istovremeno bušenje, proširivanje, razvrtanje i urezivanje navoja na **većem broju rupa u različitim ravnima radnog predmeta**.

Postoje tri vrste viševretenih bušilica:

a) Bušilice sa više vretena (Redna bušilica). Kod ovih bušilica glavna vretena su raspoređena u nizu, a svako vreteno pokreće sopstveni elektromotor i povezani su zajedničkim postoljem.

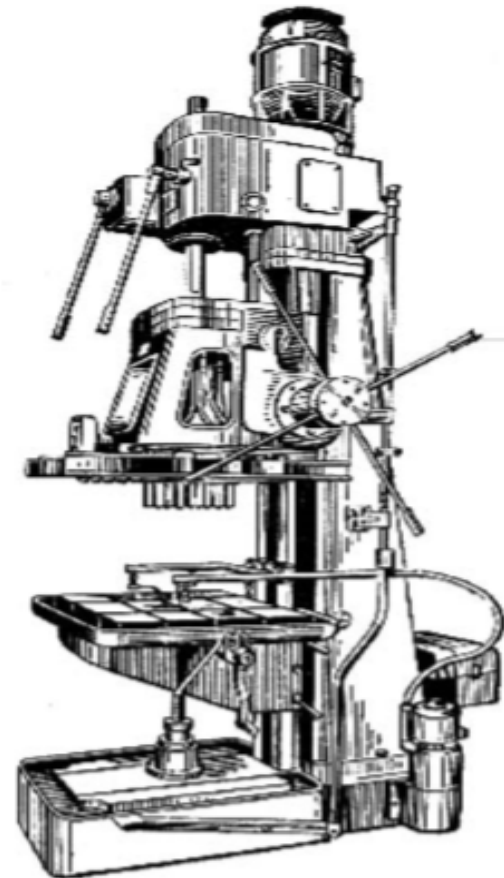
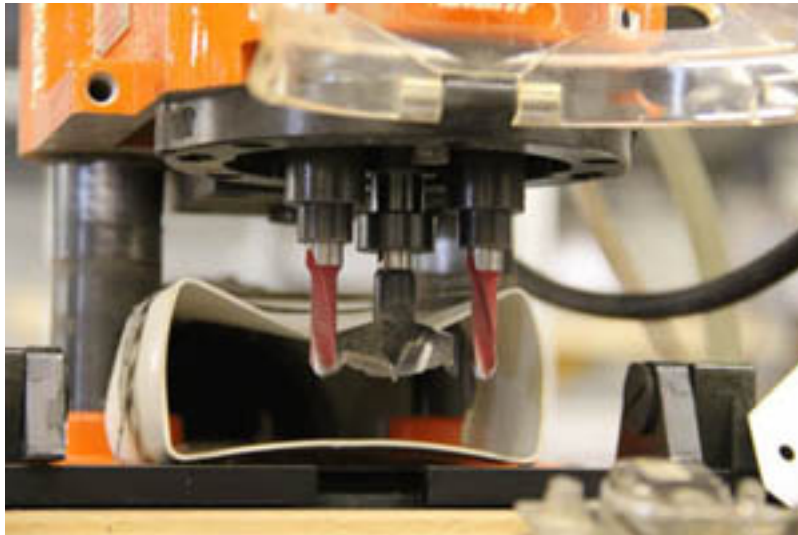
Koriste se za **istovremenu obradu** različitih rupa/otvora na jednom radnom predmetu ili za obradu jede rupe sa različitim alatima.



4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Vrste mašina za obradu bušenjem - Viševretene bušilice

b) Bušilice sa viševretenom glavom. Ove bušilice se razlikuju od prethodnih jer imaju zajednički elektromotor za sva glavna vretena. Vretena se podešavaju za bušenje većeg broja rupa različitih ili istih prečnika na jednom radnom predmetu

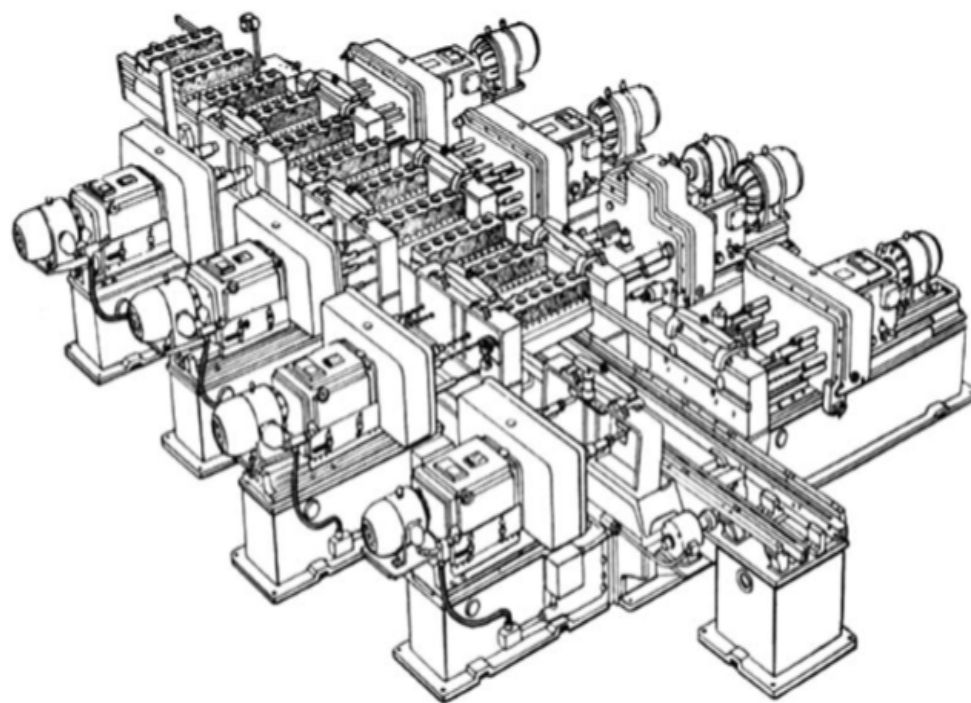
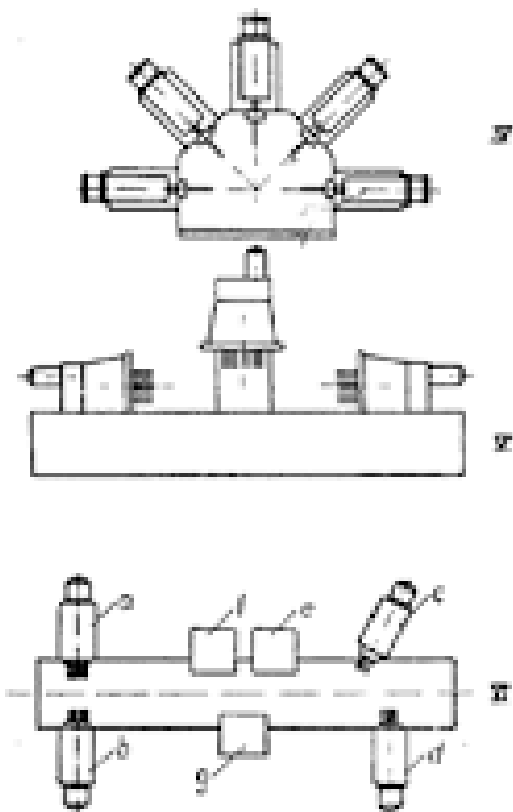


4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Vrste mašina za obradu bušenjem - Viševretene bušilice

c) Agregatne bušilice. Ove bušilice se koriste u masovnoj proizvodnji. Izgrađene su od standardnih agregatnih jedinica koje mogu biti smeštene u horizontalnoj i/ili vertikalnoj ravni.

Na njima je moguće bušiti rupu(e)/otvor(e) u različitim ravnima radnog predmeta

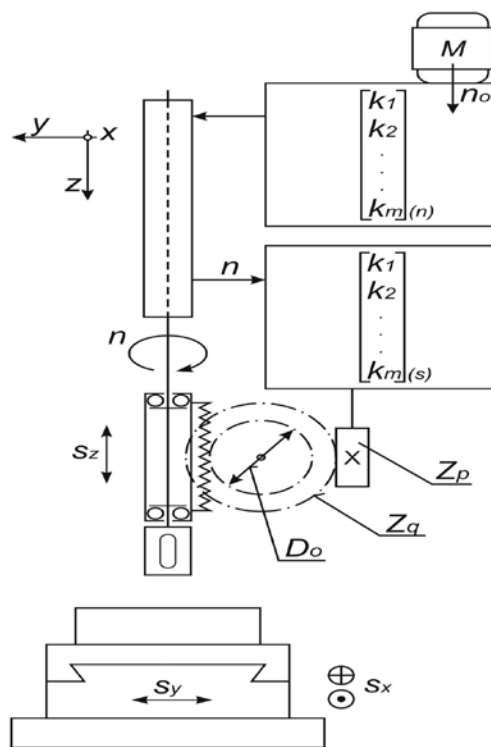


4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Kinematska struktura vertikalnih bušilica

Kod bušilica glavno (obratno) i pomoćno (pravolinijsko) kretanje se predaje alatu te je prenosni (kinematski) sistem smešten obično u istom kućištu.

Kao pretvarač obrtnog u pravolinijsko kretanja alata služi zupčanik – zupčasta letva, koja je izrađena direktno na čauri koja vodi glavno vreteno.



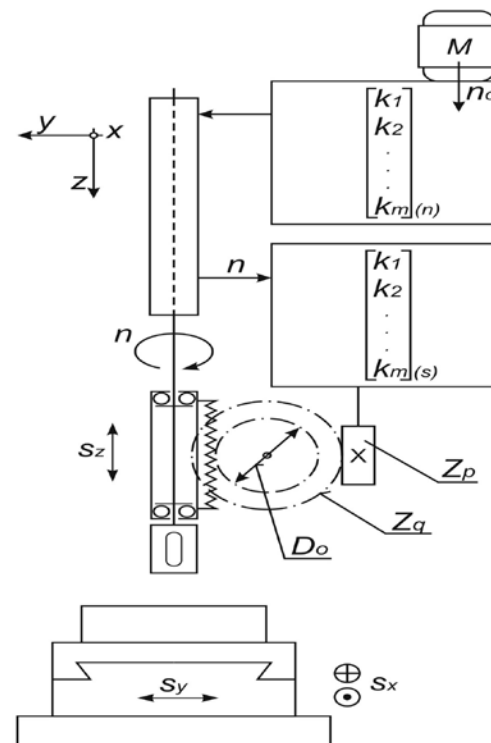
Kinematska šema jednovretene vertikalne bušilice

4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Kinematska struktura vertikalnih bušilica – Glavno kretanje

Glavno kretanje se ostvaruje preko pogonskog elektromotora (n_0) i prenosi ga glavno kretanje $k_{m(n)}$.

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix} = n_0 \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}; \quad [o / \text{min}]; \quad v_i = D_a \pi n_i; i = 1, 2 \dots m$$



4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Kinematska struktura vertikalnih bušilica – Pomoćno kretanje

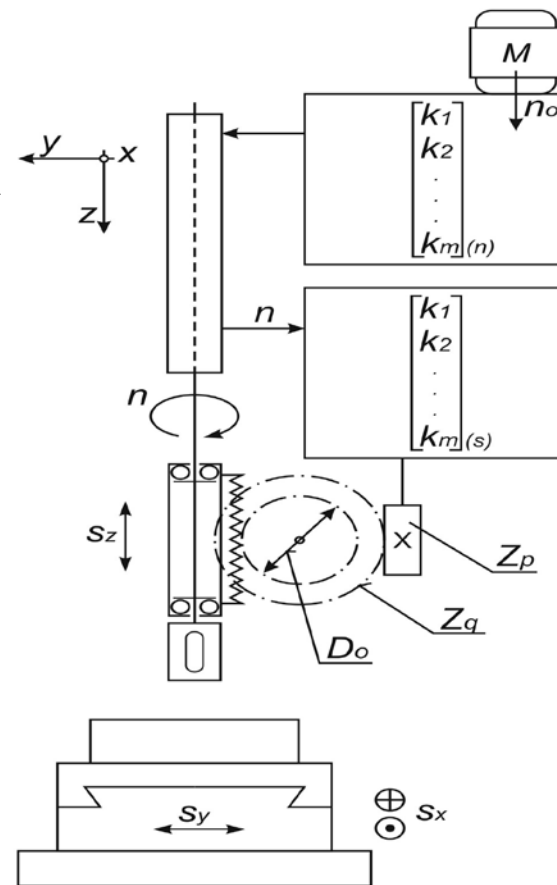
Putem prenosnika za pomoćno kretanje, pužnog reduktora i pretvarača obrtnog u pravolinijsko kretanje, ostvaruje se pomoćno kretanja u pravcu Z-ose, tj pomak s_z . Za vreme obrade nema kretanja u pravcu X i Y – ose.

$$s_z = n_{zD_0} D_0 \pi; [mm/o]$$

Broj obrtaja zupčanika (n_{zD_0}) koji je u sprezi sa zupčastvom letvom:

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix}_{(zD_0)} = n \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} \frac{z_p}{z_q}; [o/min]; \quad \text{za } n = 1 [mm/o]$$

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \cdot \\ s_m \end{bmatrix}_z = \frac{z_p}{z_q} \cdot D_0 \pi \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} ; [mm/o]$$



4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Kombinovana bušilica glodalica (Horizontalna bušilica)

Kod ovih mašina radni predmet ostaje nepokretan, dok se alat obrće i vrši pomoćna pravolinijska kretanja u pravcu sve tri ose (X, Y i Z).

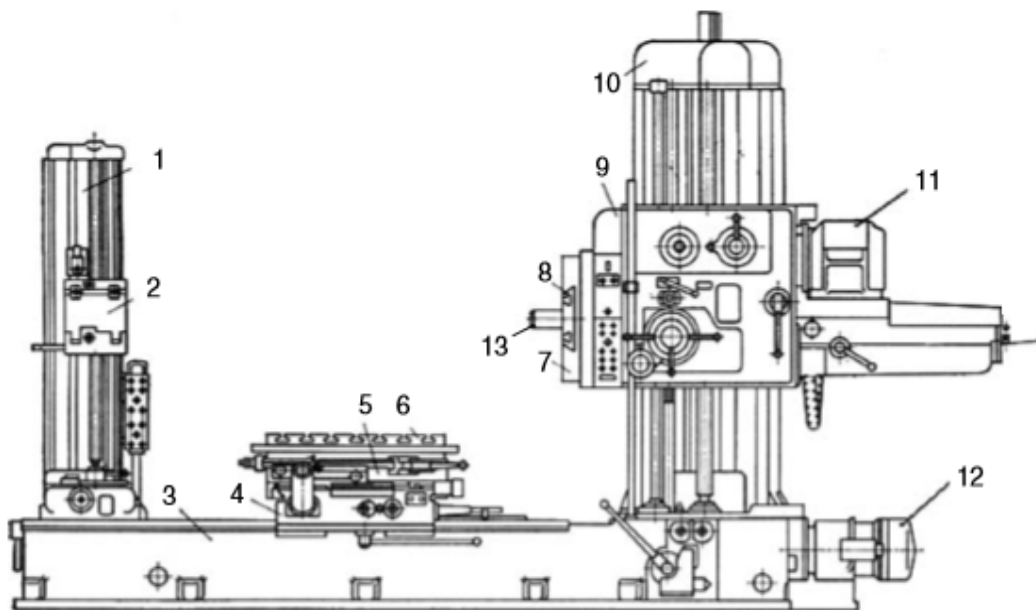
Služe za tačnu obradu bušenjem, upuštanjem, proširivanjem, razvrtanjem, urezivanje i narezivanje navoja, unutrašnje struganje, poprečno struganje i glodanje.

Osnovna namena im je obrada rotacionih i ravnih površina na težim i teškim prizmatičnim radnim predmetima.

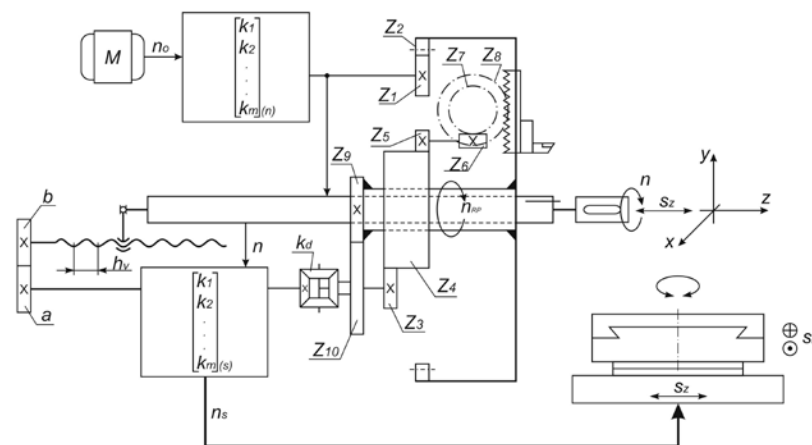
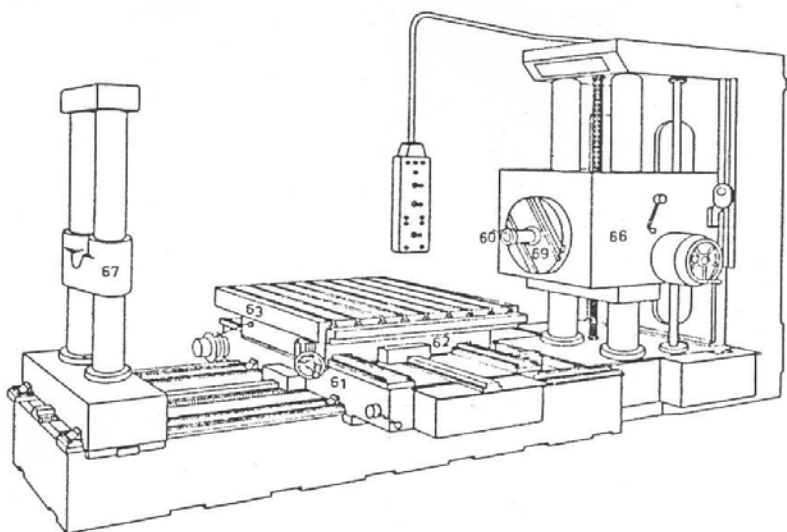
Zbog svoje fleksibilnosti, ove mašine alatke su pogodne za obradu kada se druge operacije obrade obavljaju zajedno sa bušenjem.

4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Kombinovana bušilica glodalica (Horizontalna bušilica)



- 1 - pomoćni stub;
- 2 - pomoćni oslonac vretena za unutrašnje struganje;
- 3 - postolje
- 4 - nosač radnog stola
- 5 - klizne vođice;
- 6 - radni sto;
- 7 - radijalni klizač
- 8 - radna obrtna ploča
- 9 - prenosnik za glavno kretanje
- 10 - noseći stub
- 11 - elektromotor za osnovna kretanje
- 12 - elektromotor za kretanje radnog stola
- 13 - centralno vretno



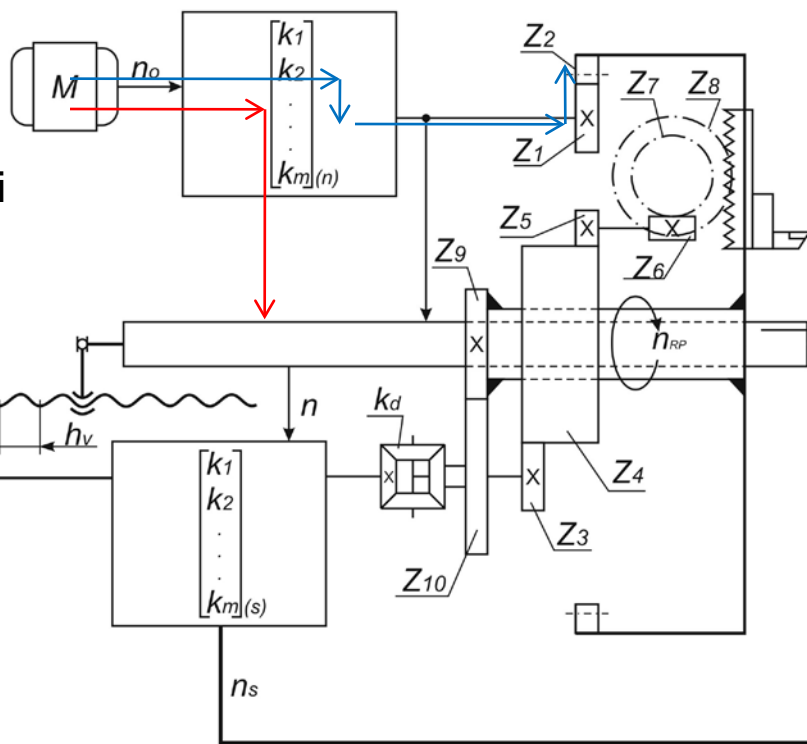
4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Kombinovana bušilica glodalica (Horizontalna bušilica) – Glavno kretanje

Kinematski lanaci za određivanje potrebnih brojeva obrtaja centralnog glavnog vretena i radne ploče su:

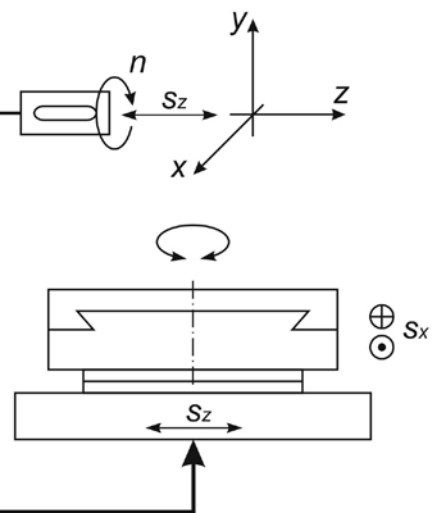
$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix}_{C.V.} = n_o \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix};$$

Glavno kretanje izvodi centralno vreteno



$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix}_{R.P.} = n_o \frac{z_1}{z_2} \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}$$

Glavno kretanje izvodi šuplje glavno vreteno



4.1.2 Kinematska struktura bušilica

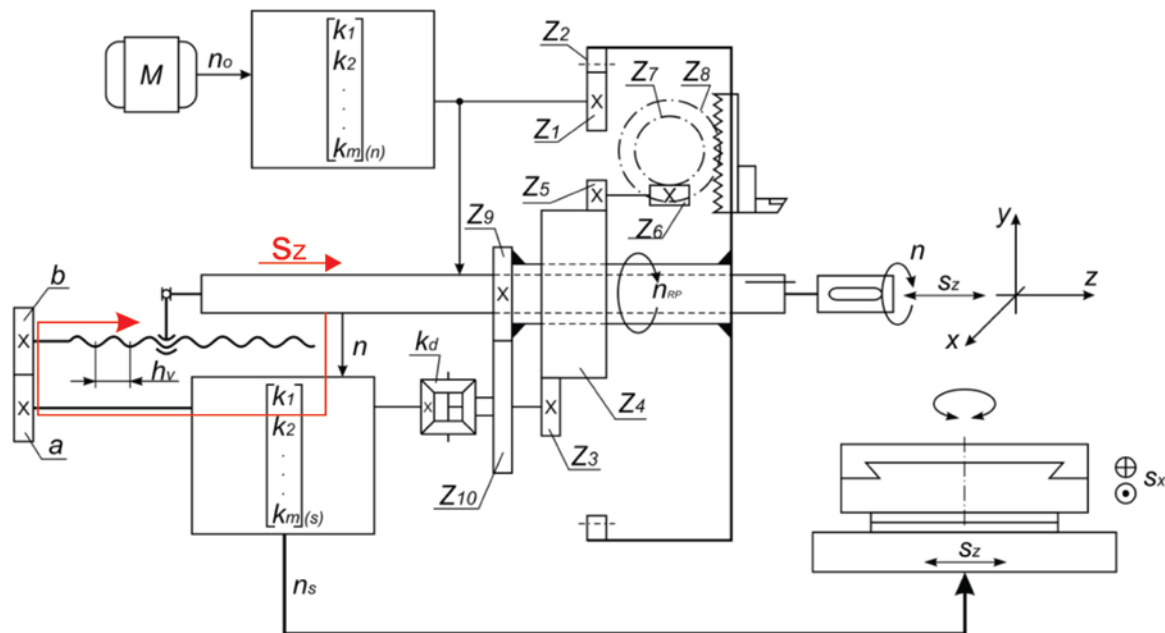
Kombinovana bušilica glodalica (Horizontalna bušilica) – Pomoćno kretanje

Pogon pomoćnog kretanja se odvodi sa glavnog vretena i posle prenosnika za pomoćno kretanje se razgranava u tri pravca:

a) na izmenljive zupčanike (a, b), zavojno vreteno koraka h_v za obezbeđenje aksijalnog pomaka glavnom vretenu. Izborom zupčanka (a,b) obezbeđuju se različite vrednosti pomaka pri rezanju navoja. Ovaj kinematski lanac glasi:

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \cdot \\ s_m \end{bmatrix}_{s_{vz}} = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} \frac{a}{b} \cdot h_v; [mm/o]$$

Glavno kretanje izvodi centralno vreteno



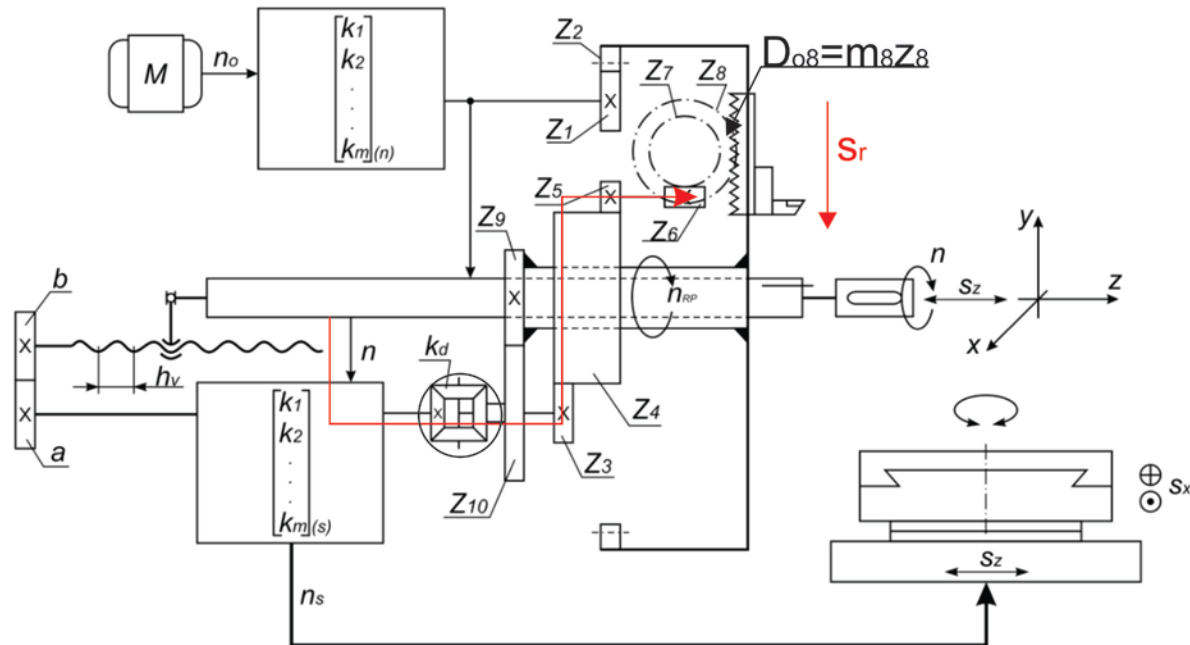
4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Kombinovana bušilica glodalica (Horizontalna bušilica) – Pomoćno kretanje

b) na diferencijalni prenosnik (k_d), koji služi za pogon radijalnog klizača na radnoj ploči radi obezbeđenja pomaka s_r pri čeonom ili poprečnom struganju. Ovaj kinematski lanac **za poprečno struganje** glasi:

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \cdot \\ s_m \end{bmatrix}_r = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} \cdot k_d \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{z_4}{z_5} \cdot \frac{z_6}{z_7} \cdot z_8 \cdot m_8 \pi; [mm/o]$$

Glavno kretanje izvodi šuplje glavno vreteno



4.1.2 Kinematska struktura bušilica

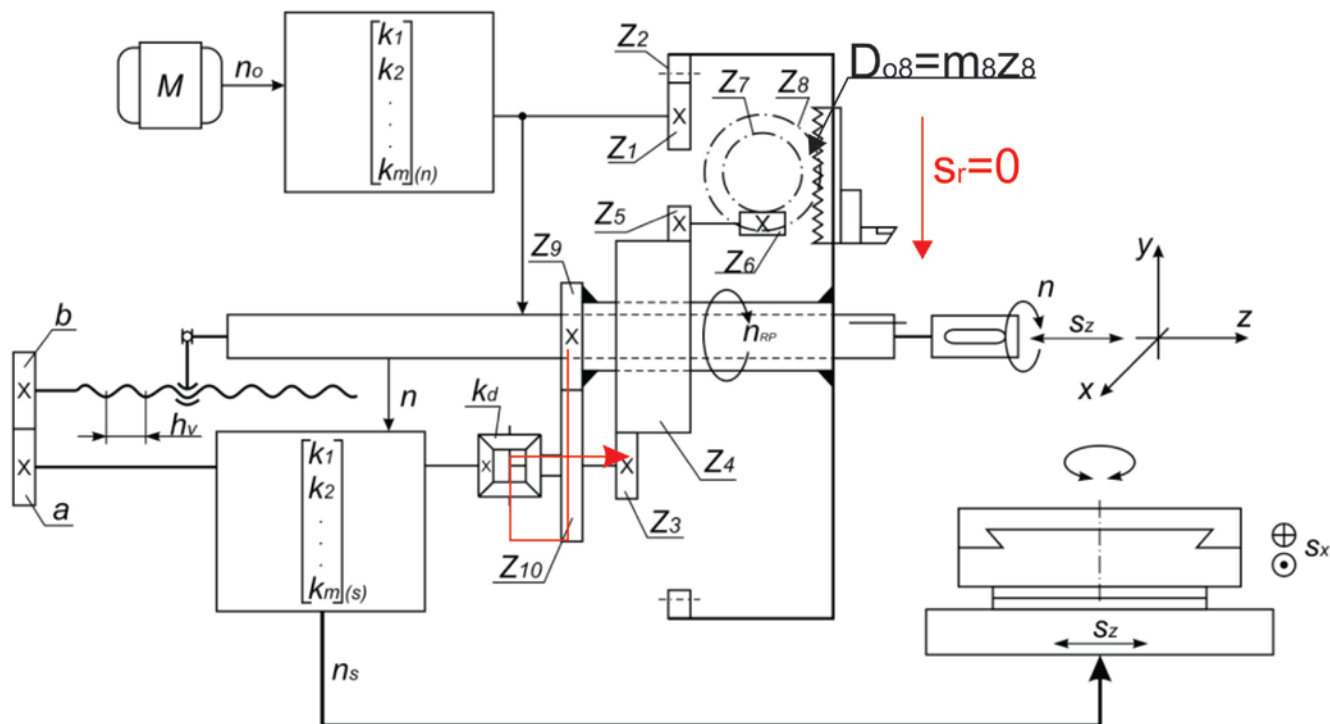
Kombinovana bušilica glodalica (Horizontalna bušilica) – Pomoćno kretanje

Kada radijalni klizač treba da miruje ($s_r=0$) a ravna ploča se obrće ($n_{R.P.} \neq 0$) potrebno je da se zupčanik (z_4) obrće istim brojem obrtaja kao i radna ploča ($n_{z_4} = n_{R.P.}$) što je izraženo kod **uzdužnog unutrašnjeg struganja velikih otvora**. Pogon ovog izjednačavajućeg kretanja se odvodi sa radne ploče.

$$n_{z_4} = \frac{z_9}{z_{10}} \cdot k'_d \frac{z_3}{z_4} = n_{R.P.}, \text{odnosno,}$$

Glavno kretanje izvodi šuplje glavno vreteno

$$\frac{z_9}{z_{10}} = \frac{1}{k'_d} \frac{z_4}{z_3}$$



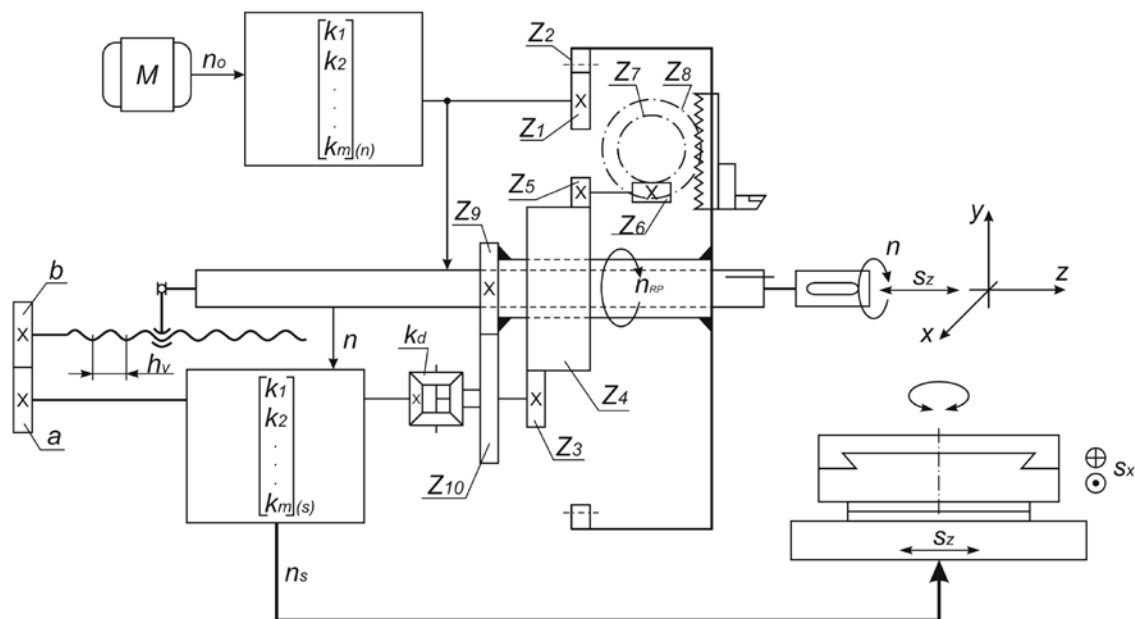
4.1.2 Kinematska struktura bušilica

Kombinovana bušilica glodalica (Horizontalna bušilica) – Pomoćno kretanje

C) ka radnom stolu mašine, za obezbeđenje pomaka radnog stola u X i Z pravcu. Ovaj kinematski lanac obezbeđuje pomak u pomenutim pravcima i okretanje radnog stola. Pomak u pravcu Y ose se postiže pomeranjem kućišta glavnog vretena po stolu.

$$\begin{bmatrix} s_{z_1} \\ s_{z_2} \\ \cdot \\ \cdot \\ s_{z_m} \end{bmatrix}_s = \frac{z_2}{z_1} \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_s \cdot n_{RP} \cdot c \quad [mm/1.o.g.v]$$

$$c = h_1; \quad c = (z_p D_o \pi) / z_q$$



FTN - DPM - LAMA

Predmet: Obradni i tehnološki sistemi

Novi Sad, OKTOBAR 2021.

4.0 KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

Sadržaj

4.0. KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

4.1 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju rotacionih površina

4.2 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju ravnih površina

4.3 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju složenih – profilnih površina

KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

5.2 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju ravnih površina

5.2.1 Kinematska struktura glodalica

5.2.2 Kinematska struktura rendisaljki

4.2 Obrada ravnih površina

Ravne površine se u principu realizuju metodama obrade:

- glodanje;
- rendisanje;
- ravno brušenje;

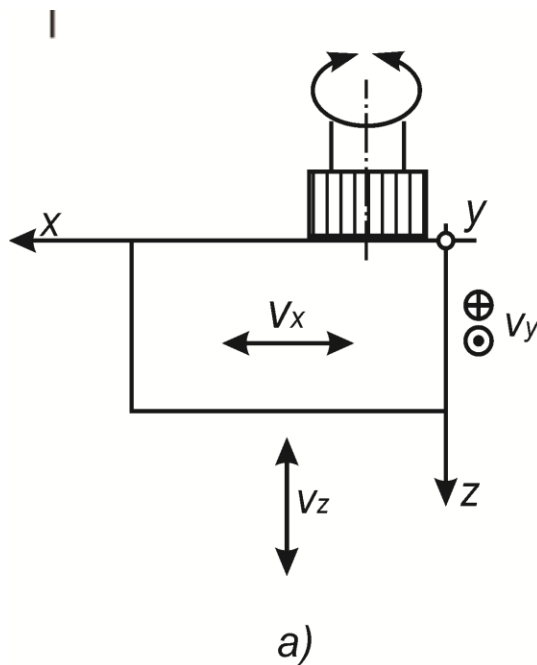
pri čemu prve dve metode predstavljaju prethodnu, odnosno u nekim slučajevima i završnu obradu, a poslednja je, u principu, metoda završne obrade navedenih površina.

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

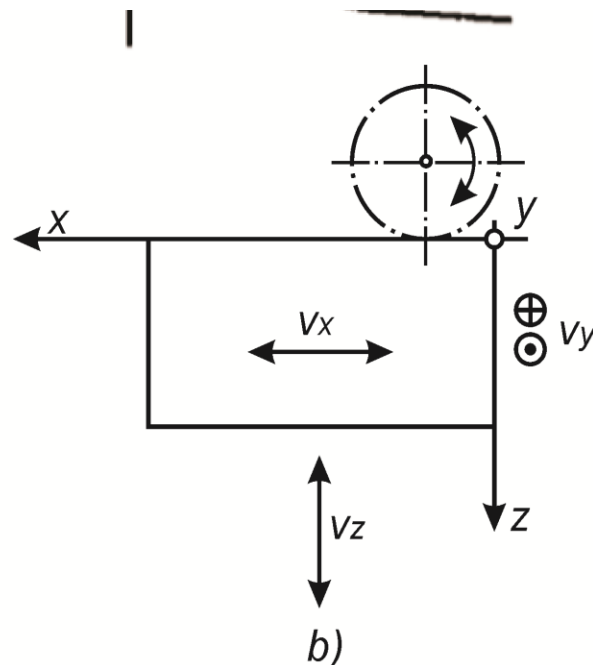
Mašine za obradu glodanjem

Služe za obradu ravnih površina višesečnim alatom, pri čemu **alat izvodi glavno obrtno**, a **obradak pomoćno pravolinijsko kretanje**.

Postoje dve osnovne vrste obrade glodanjem: čiono i obimno.



Čiono glodanje



Obimno glodanje

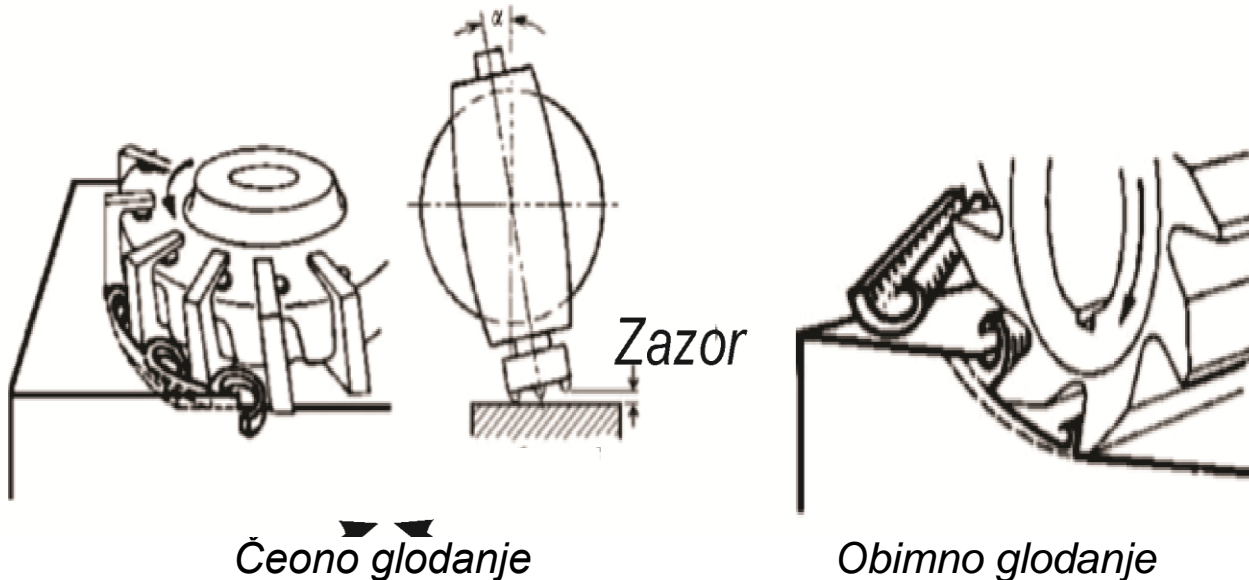
4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Mašine za obradu glodanjem

Pri čeonom glodanju, obrađena površina je pod pravim uglom u odnosu na osu glodala.

Kod obimnog glodanja, rezanje se vrši pomoću zuba raspoređenih po obimnoj površini glodala, a obrađena površina je paralelna sa osom glodala. Obimno glodanje se obično izvodi na horizontalnim glodalicama.

Kod obimnog glodanja mogu se razlikovati dva tipa kretanja alata u odnosu na radni predmet: suprotnosmerno i istosmerno glodanje.

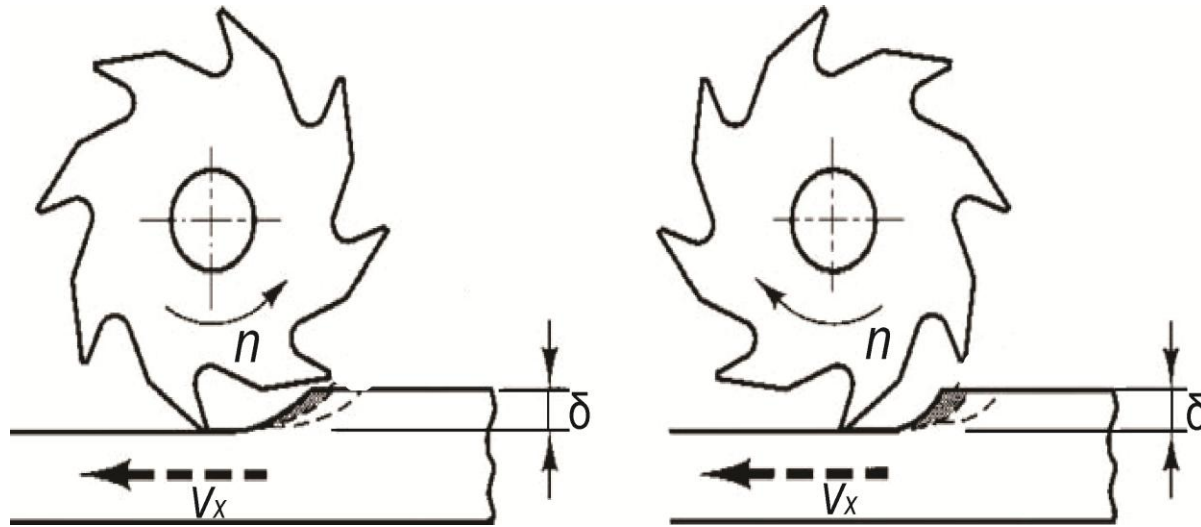


4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Mašine za obradu glodanjem

Kod suprotnosmernog glodanja glodalo se kreće u smeru suprotnom od smera kretanja radnog predmeta (materijala).

Pri istosmernom glodanju zubi glodala i radni predmet imaju isti smer kretanja. Zub po ulasku u materijal zadire naglo pri najvećoj debljini strugotine koja se zatim pri daljem kretanju zuba sve više smanjuje.



Suprotnosmerno glodanje

Istosmerno glodanje

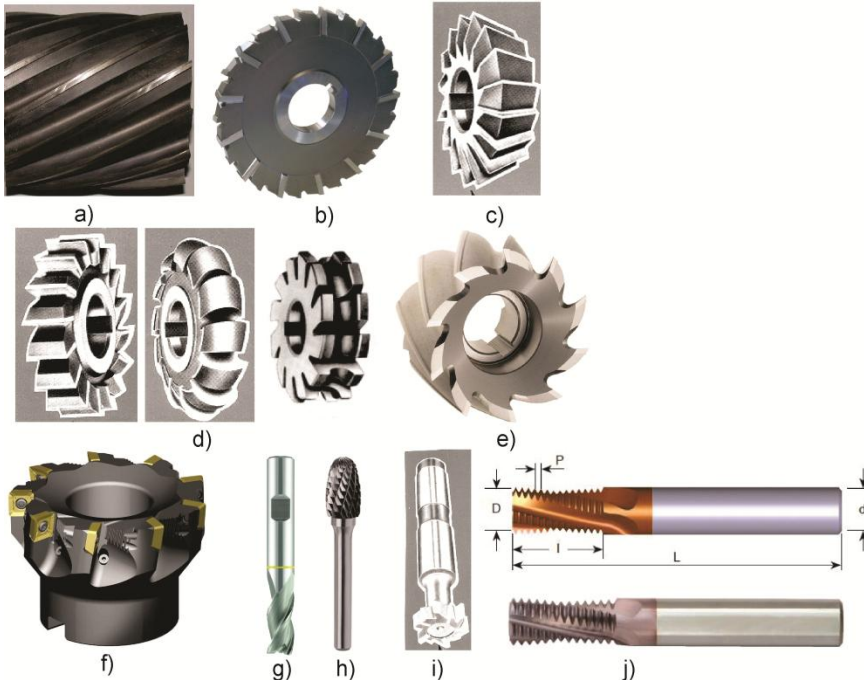
4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Mašine za obradu glodanjem – Alati za glodanje

Alat za glodanje je **glodalo definisane geometrije reznog dela**, sa više glavnih reznih ivica koje su smeštene na zubima glodala.

Rezne ivice periodično ulaze u zahvat s predmetom koji se obrađuje i izlaze iz njega, tako da im je dinamičko opterećenje jedno od osnovnih obeležja.

Postoji više kriterijuma podele glodala, ali se ona najčešće dele prema načinu izrade, obliku i nameni.



- a) Valjkasto glodalo
- b) Testerasto glodalo
- c) Konusno glodalo
- d) Profilno glodalo
- e) Čeono valjakot glodalo
- f) Glava za glodanje
- g) Čeono vretenasto glodalo
- h) Vretenasto loptasto glodalo
- i) Vretenasto glodalo za izradu T – žljebova
- j) Glodala za navoj

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Mašine za obradu glodanjem – **Podela**

Grupisanje glodalica se može izvršiti prema različitim kriterijumima kao što su.

a) *Prema položaju ose glavnog vretena na:*

horizontalne i

vertikalne.

b) *Prema dužini hoda radnog stola (veličini obradaka, robusnosti konstrukcije) glodalice mogu biti:*

konzolne i

dugohodne (portalne).

Posebnu grupu čine glodalice za obradu specijalnih oblika površina (zavojnica, zupčanika, ...)

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

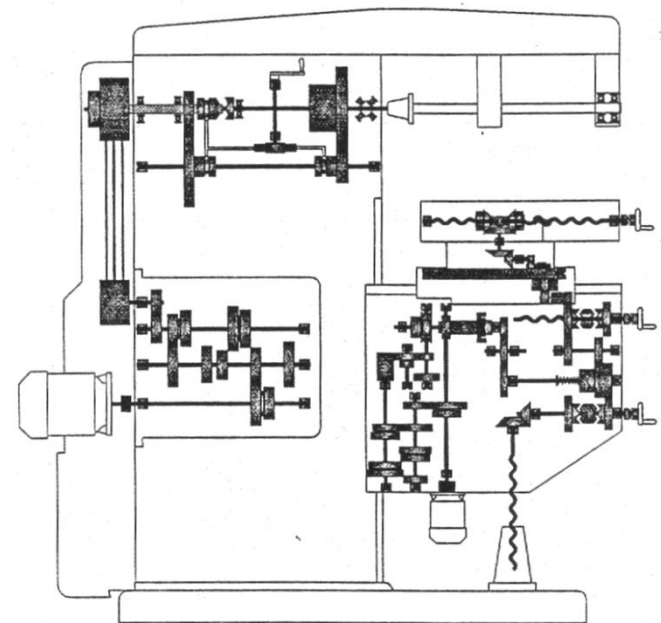
Kinematska struktura konzolnih glodalica

Konzolne glodalice služe za obradu obradaka malih i srednjih veličina. Osnovna im je karakteristika da imaju konzolu pokretnu u vertikalnom pravcu na kojoj se nalaze poprečni klizač i radni sto (uzdužni klizač) pomerljivi u horizontalnoj ravni.

Obradak je stegnut na radni koji je pokretan u tri međusobno normalna pravca, dok glavno vreteno miruje u prostoru i vrši glavno obrtno kretanje.

Prema položaju glavnog vretena mogu biti:

- **horizontalne** i
- **vertikalne.**



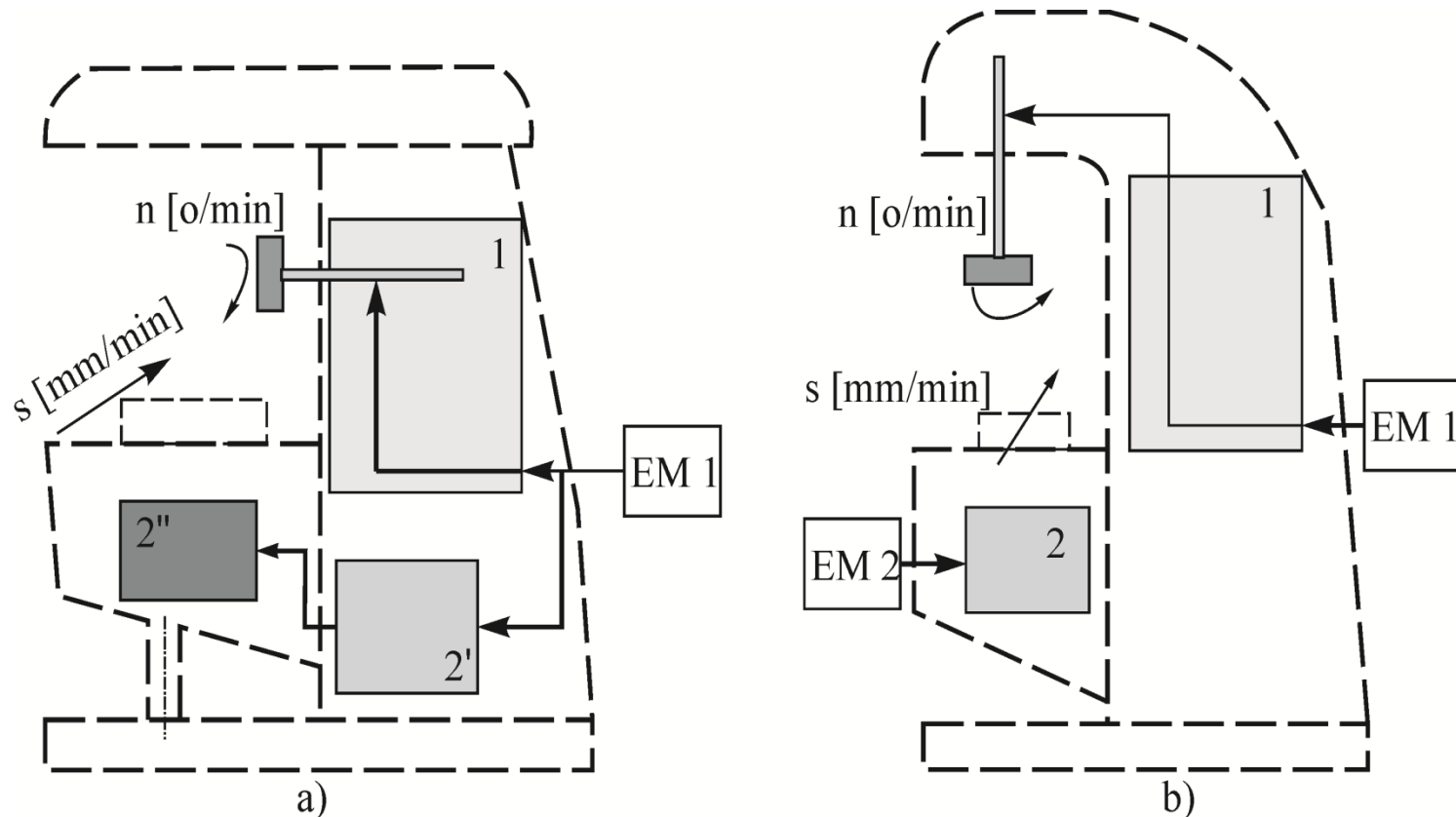
Horizontalna konzola glodalica

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Kinematska struktura konzolnih glodalica

Pomočno kretanje kod glodalica je potpuno nezavisno od glavnog.

Kod konzolnih glodalica za pogon pomoćnog kretanja se mogu koristiti dva načina: *zajednički ili odvojeni pogonski elektromotor.*



Šematski prikaz konzolne glodalice: a) sa zajedničkim; b) odvojenim elektromotorom

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

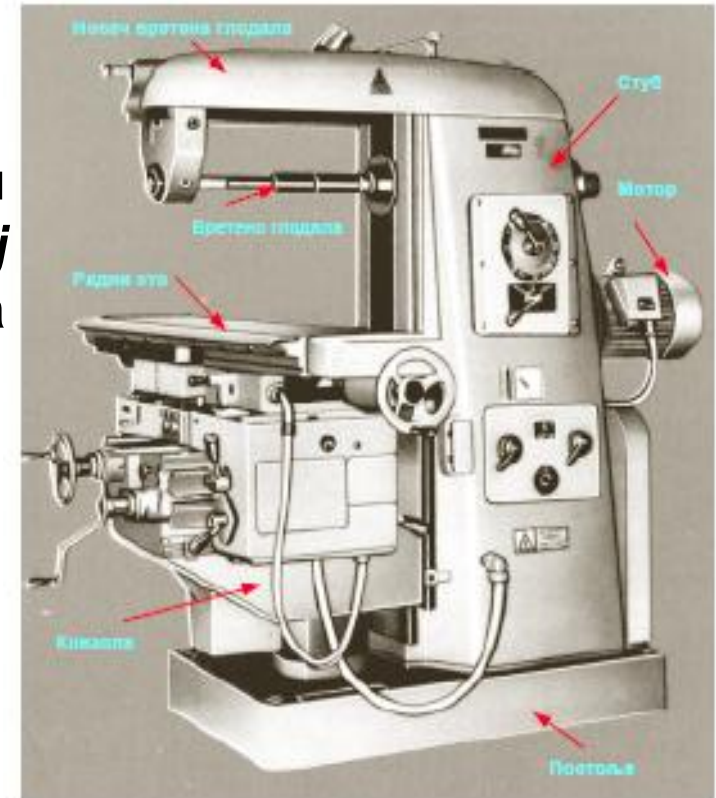
Kinematska struktura konzolnih glodalica – Horizontalne glodalice

Horizontalne glodalice su namenjene za obradu ravnih površina obimnim glodanjem, za izradu žljebova, za usecanje ili odsecanje testerastim glodalima, kao i za izradu zavojnih žljebova ili zupčanika pojedinačnim glodanjem, modulskim glodalima primenom podeonog aparata.

Glavno obrtno kretanje izvodi glavno vreteno sa glodalom.

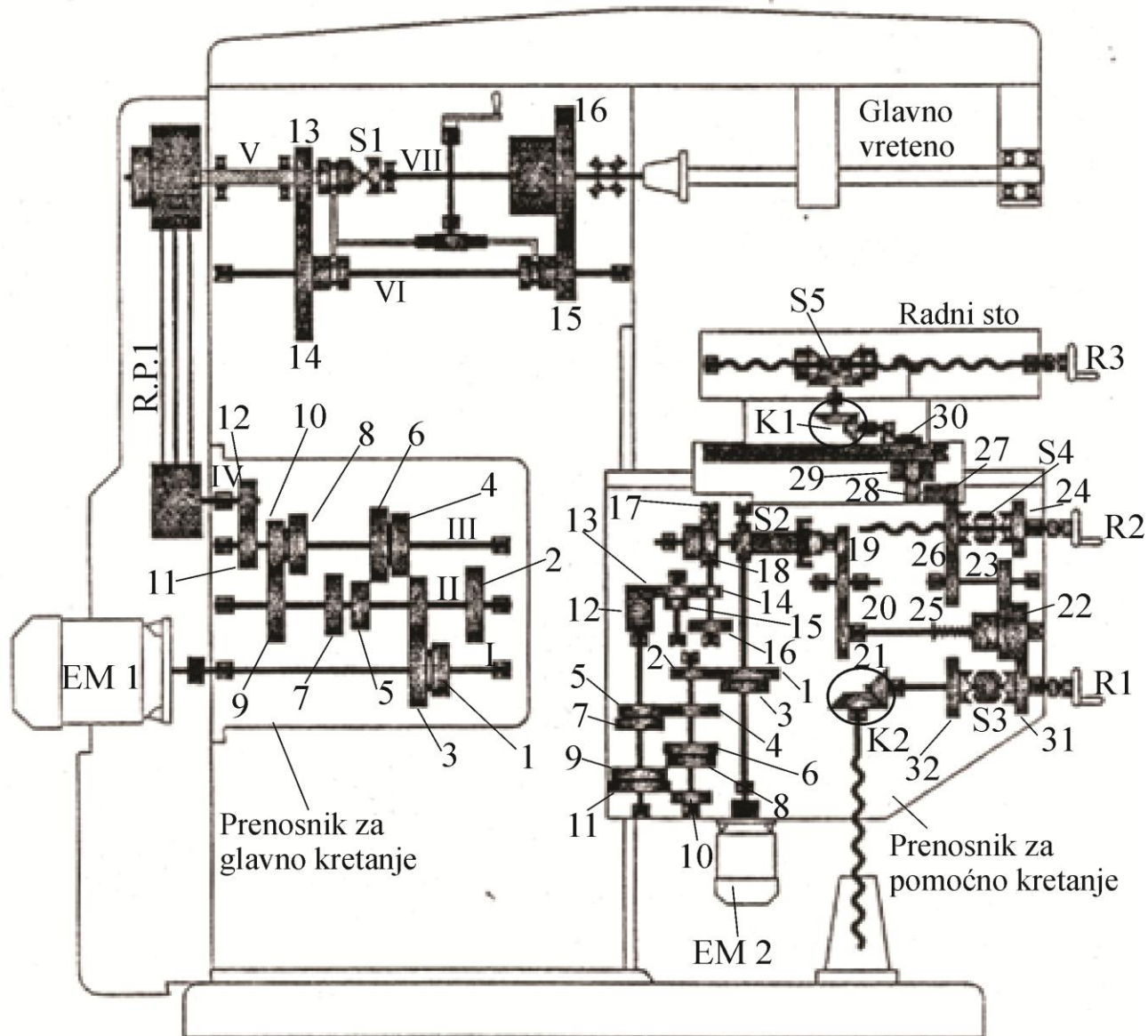
Radni sto mašine (sa radnim premetom) izvodi pomoćno pravolinijsko kretanje u uzdužnom ili poprečnom pravcu.

Ako se radni sto može zakretati u horizontalnoj ravni tada je reč o **univerzalnoj glodalici**, koja pored prethodnih operacija omogućuje izradu zavojnih žljebova.



4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Kinematska struktura konzolnih glodalica – Horizontalne glodalice



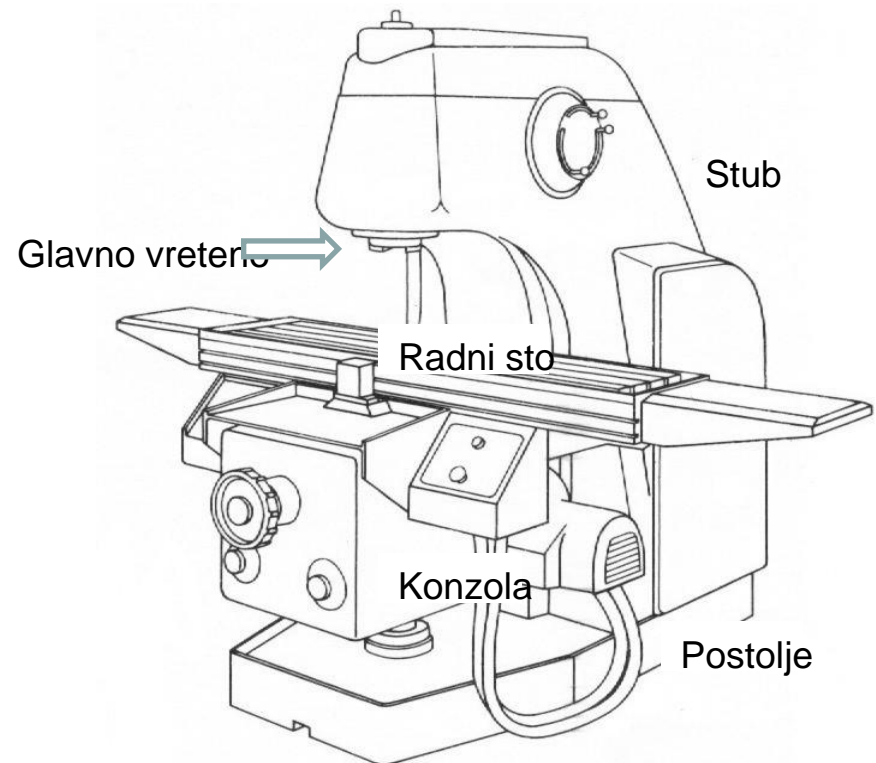
Šematski prikaz horizontalne glodalice

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Kinematska struktura konzolnih glodalica– **Vertikalne glodalice**

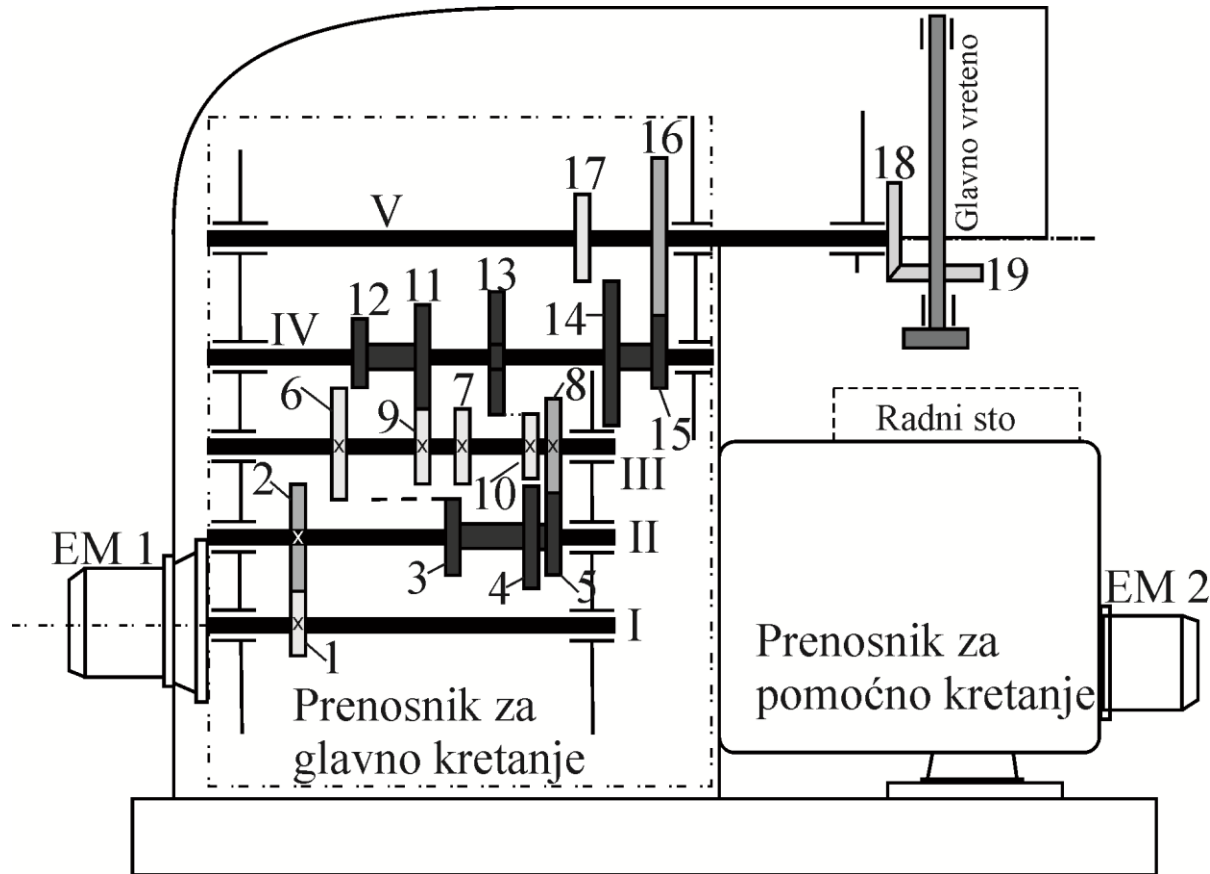
Vertikalna glodalica ima vertikalno glavno vreteno koje se nalazi na nosaču glavnog vretena obrtnom oko horizontalne ose.

Namenjene su pored obrade ravnih površina glavama za glodanje i za obradu vertikalnih rupa, izradu zavojnih žljebova.



4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Kinematska struktura konzolnih glodalica – Vertikalne glodalice



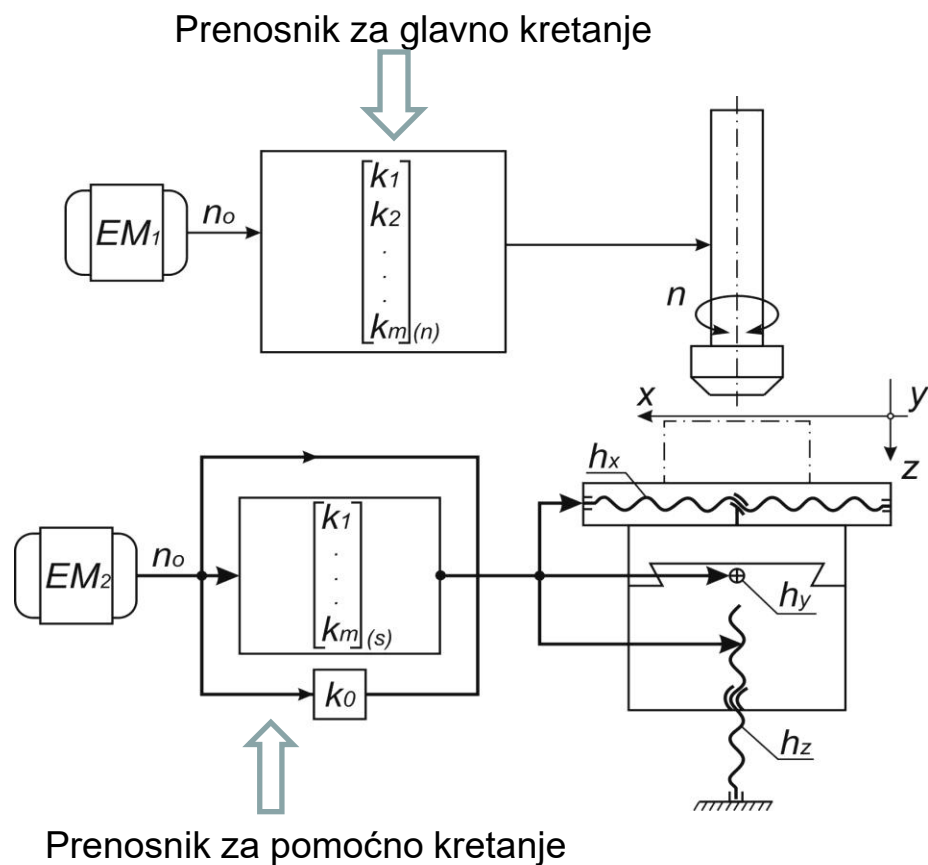
Šematski prikaz prenosnika za glavno kretanje
vertikalne glodalice

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Kinematska struktura konzolnih glodalica – Vertikalne glodalice – **Glavno kretanje**

Potrebni brojevi obrtaja glavnog kretanja za tražene brzine rezanja $\underline{v_i = n_i \pi D_a}$, $(i=1,2,\dots,m)_{(n)}$ se mogu dobiti kao:

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix}_n = n_{oEM_1} \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_n ; [o / \text{min}]$$



4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Kinematska struktura konzolnih glodalica – Vertikalne glodalice – Pomoćno kretanje

Pomoćno kretanje obično ima sledeće brzine: brzi hod; radni hod; puzeći hod;

Radni hod:

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_m \end{bmatrix}_{S_x} = n_{em_2} \cdot h_x \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix}_s ; \quad \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_m \end{bmatrix}_{S_y} = n_{em_2} \cdot h_y \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix}_s ; \quad \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_m \end{bmatrix}_{S_z} = n_{em_2} \cdot h_z \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix}_s$$

Brzi hod:

$$v_{bx} = n_{oem_2} \cdot h_x \quad [mm/min]$$

$$v_{by} = n_{oem_2} \cdot h_y \quad [mm/min]$$

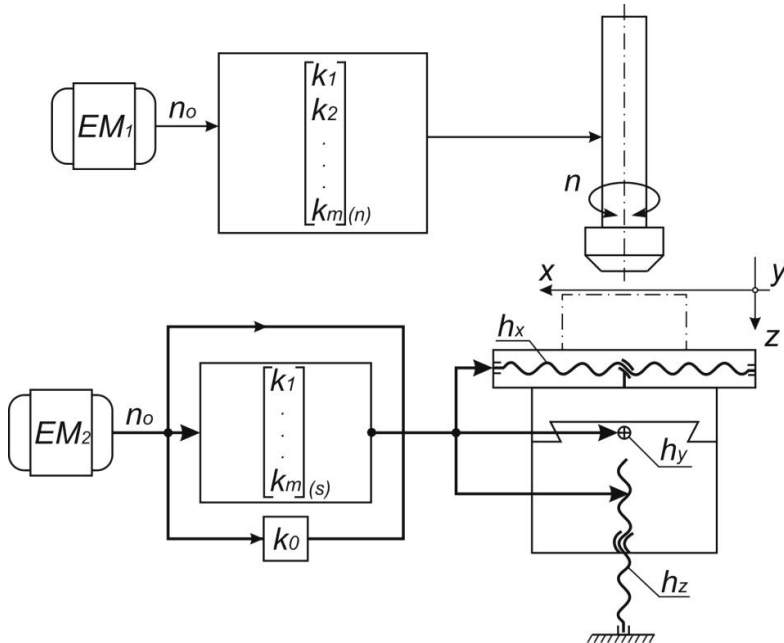
$$v_{bz} = n_{oem_2} \cdot h_z \quad [mm/min]$$

Puzeći hod:

$$v_{px} = n_{oem_2} \cdot k_0 \cdot h_x \quad [mm/min]$$

$$v_{py} = n_{oem_2} \cdot k_0 \cdot h_y \quad [mm/min]$$

$$v_{pz} = n_{oem_2} \cdot k_0 \cdot h_z \quad [mm/min]$$



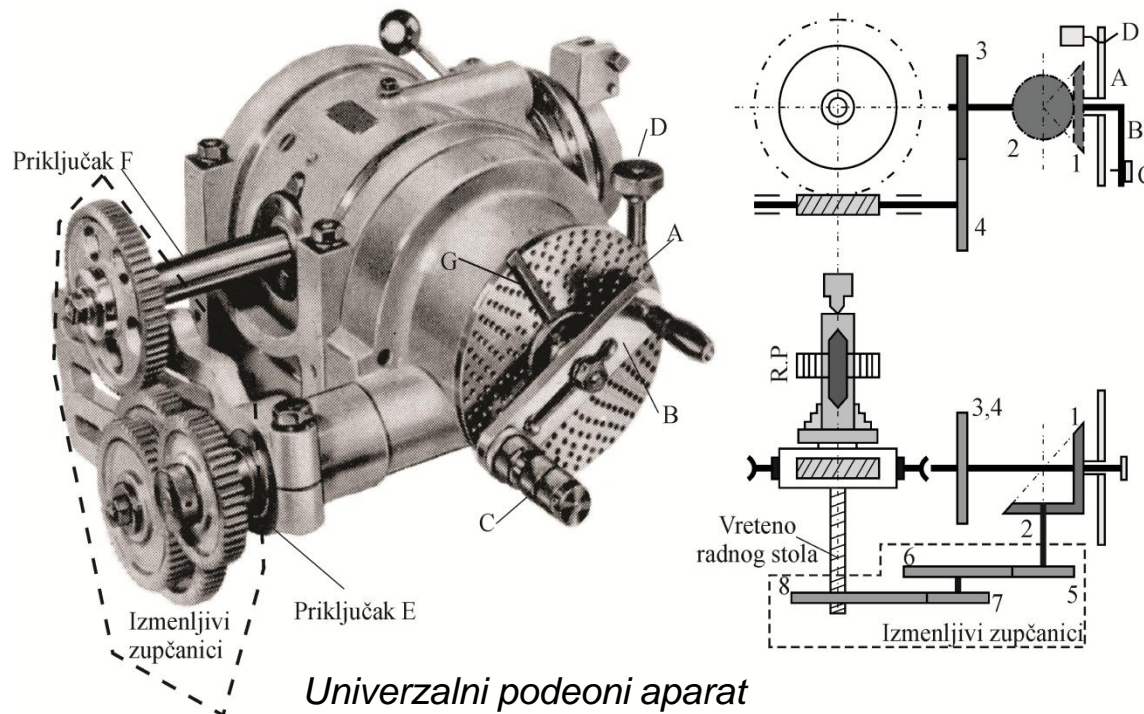
4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Podeoni aparat

Primena podeonog aparata je raznovrsna, a njegova osnovna uloga je deljenje obima kružnog predmeta na jednaki broj delova preko podeone ploče.

Podeoni aparat se praktično ugrađuje u kinematsku strukturu glodalice.

Podeoni aparat ostvaruje obrtno kretanje, te isti mora biti povezan zupčanicima preko priključa *E* ili *F* sa zavojnim vretenom radnog stola.



Podeoni aparat

Primenom univerzalnog podeonog aparata moguća je:

- izrada zupčanika pojedinačnom metodom
- izrada žljebova,
- izrada arhimedove spirale;
- izrada zupčanika sa kosim zubima;
- izrada zupčaste letve;

Izrada delove je moguća različitim metodama deljenja podeone ploče, kao što su:

- **posredno,**
- **dvostruko i**
- **diferencijalno deljenje.**

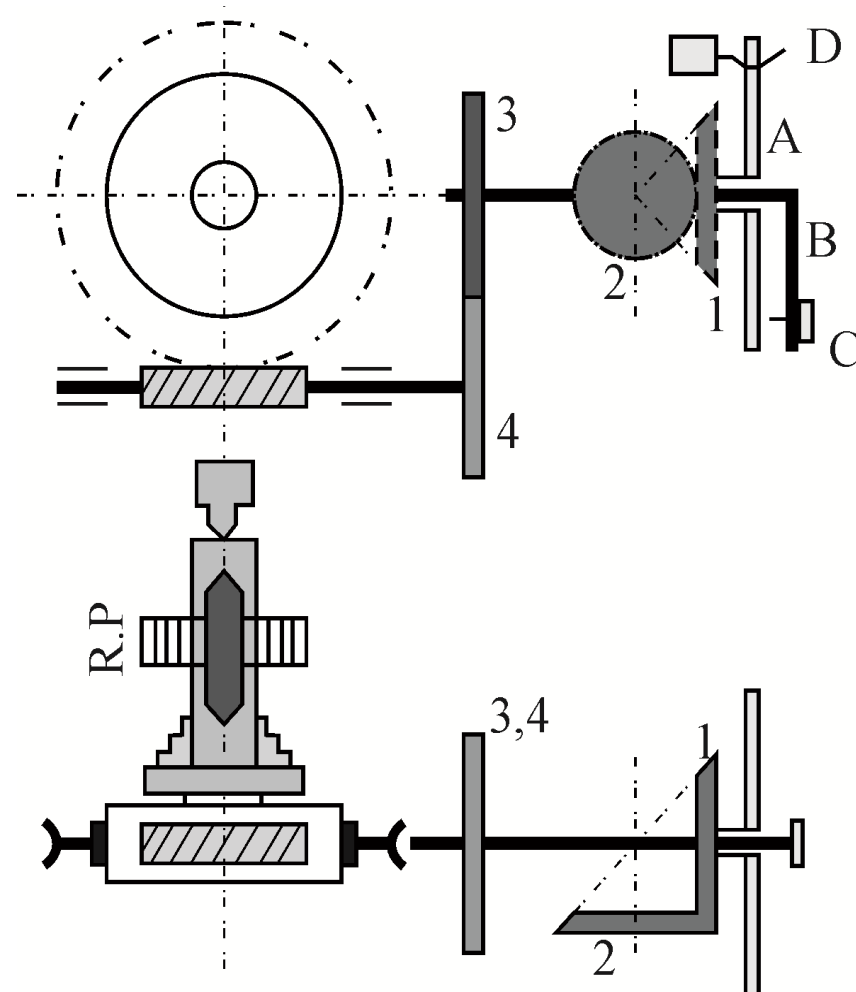
4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat-Posredno deljenje

U ovom slučaju je glavni prenosni element pužni prenosnik, kod koga je osovina pužnog točka direktno vezana za glavno vreteno podeonog aparata.

Periodično okretanje glavnog vretena na kome se nalazi radni predmet (R.P.) se postiže okretanjem ručice (B) preko zupčanika (3 i 4) i pužnog prenosnika.

Da bi se dobio potreban broj podela (koji zavisi od broja zuba na radnom predmetu) okreće se ručica podeonog aparata u odnosu na podeonu ploču (A) za određeni broj rupa.



Univerzalni podeoni aparata pri posrednim deljenjem

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat-Posredno deljenje

Prenosni faktor pužnog prenosnika $k = 1/Z$ predstavlja konstrukcionu karakteristiku podeonog aparata i obično iznosi $k = 1/40$, $1/60$ ili $1/80$.

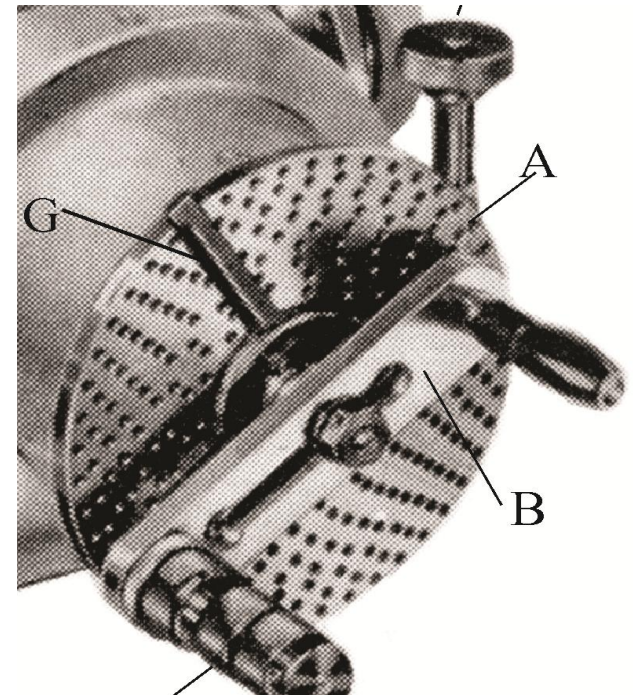
Podeona ploča ima nekoliko koncentrično raspoređenih kružnih redova sa tačno definisanim i jednako raspoređenim otvorima.

U praksi se najčešće sreću podeoni aparati sa tri podeone ploče *Brown i Sharpe* sa brojevima rupa:

- Ploča 1: 15, 16, 17, 18, 19 i 20
- Ploča 2: 21, 23, 27, 29, 31 i 33
- Ploča 3: 35, 37, 39, 41, 43, 47 i 49

ili dve podeone ploče *Parkinson* sa brojevima rupa:

- Ploča 1: 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42 i 43
- Ploča 2: 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62 i 66



4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat-Posredno deljenje

Treba izraditi Z' podela, odnosno, zuba po obimu radnog predmeta,

$k = 1/Z$ (prenosni faktor pužnog točka), gde je Z broj zuba pužnog točka.

Ručicu podeonog aparata je potrebno okrenuti za:

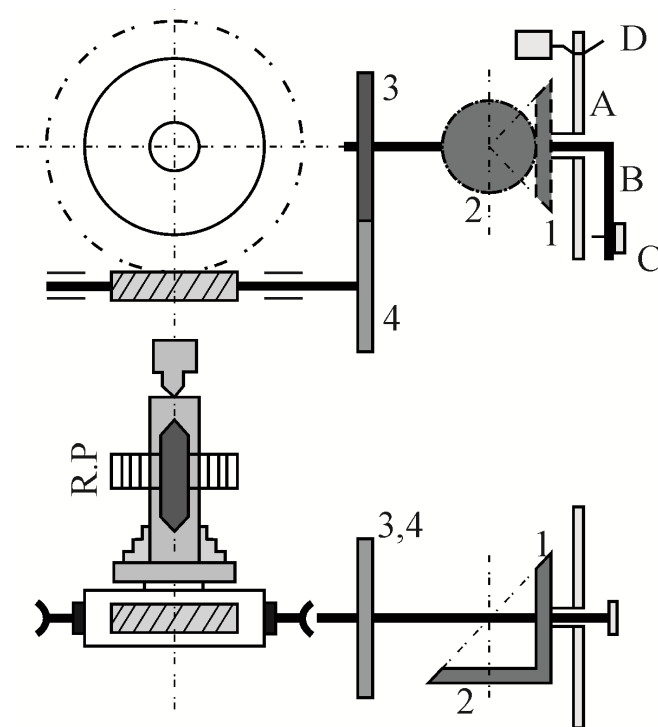
$$\underline{n = Z/Z'} \text{ obrta}$$

Na primer: Potrebno je izraditi zupčanik sa $Z'=30$ zuba, ako je prenosni faktor pužnog prenosnika $1/Z = 40$. Broj obrta ručice podeonog aparata biće:

$$n = \frac{z}{z'} = \frac{40}{30} = 1\frac{1}{3} \text{ obrta; odnosno, } n = 1 + \frac{6}{18}$$

Ručicu B treba okrenuti za jedan pun krug i na krugu sa 18 podeoka na ploči, okrenuti za još 6 podeoka.

Radni predmet koji je povezan na glavno vreteno će se okrenuti za $1/30$ deo kruga, odnosno za 12° .



Univerzalni podeoni aparata pri posrednim deljenjem

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat - Dvostruko deljenje

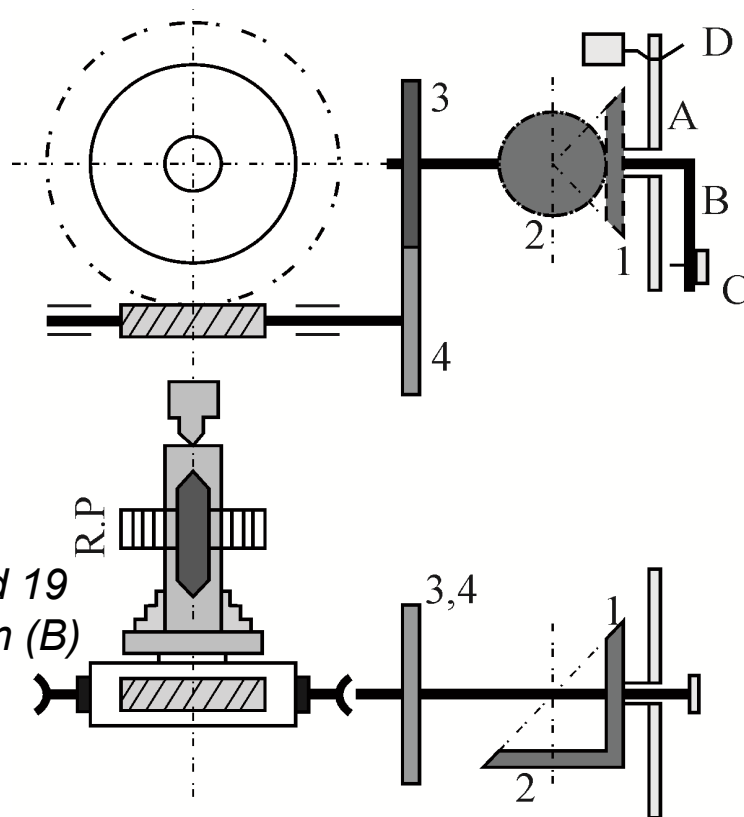
Ukoliko se deljenje ne može izvršiti sa jednom podeonom pločom, odnosno sa raspoloživim rupama jedne njene strane, primenjuje se *dvostruko deljenje*, pri čemu se upotrebljavaju istovremeno po jedan krug sa spoljašnje i sa unutrašnje strane podeone ploče.

Na primer za izradu $z' = 57$ zuba zupčanika sa prenosnim faktorom pužnog prenosnika $1/Z = 40$ potreban broj obrta ručice podeonog aparata je:

$$n = \frac{z}{z'} = \frac{40}{57} = \frac{21}{57} + \frac{19}{57} = \frac{7}{19} + \frac{1}{3} = \frac{7}{19} + \frac{6}{18}$$

Ručicu B treba okrenuti za sedam podeljaka po krugu od 19 rupa npr. sa spolj. , a zatim okrenuti ploču (A) sa ručicom (B) za 6 podeljaka po krugu od 18 rupa sa unutr. strane.

Radni predmet koji je povezan na glavno vreteno će se okrenuti za $1/57$ deo kruga, odnosno za $6,2^\circ$.



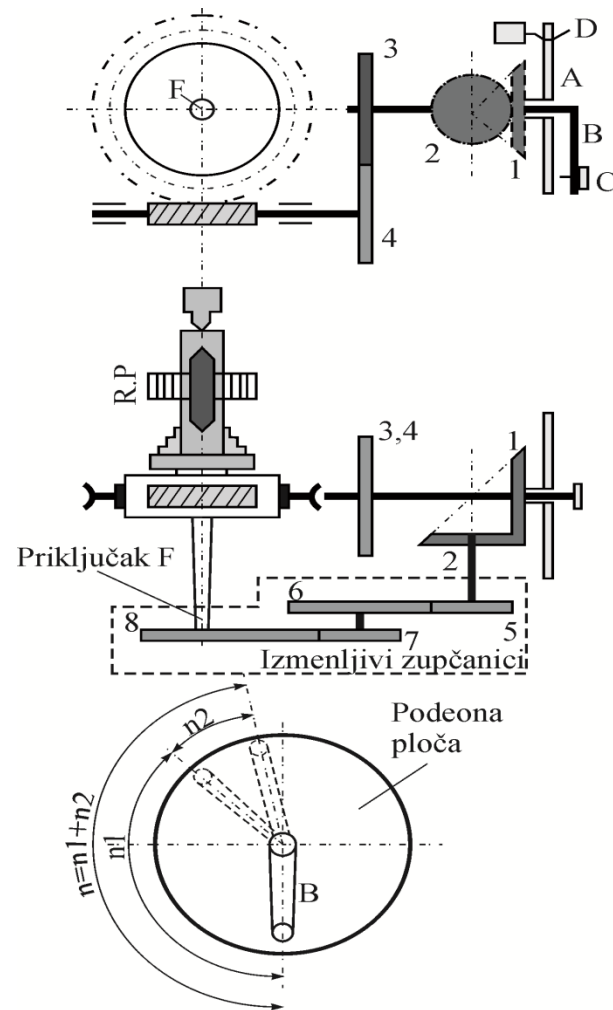
4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat – Diferencijalno deljenje

U slučajevim kada broj podela nije nedeljiv (npr. 13, 23, 127 itd) ne mogu se upotrebljavati prethodno prikazane metode, i tada se koristi **metoda diferencijalnog deljenja**.

Traženo obrtanje radnog predmeta se dobija kao suma dva kretanja (obrtanja):

- obrtanja ručice u odnosu na podeonu ploču i,
- obrtanja podeone ploče koje se pokreće sa glavnog vretena preko izmenjivih zupčanika ($z_5 - z_8$) da bi se obezbedila korekcija kretanja (obrtanja).



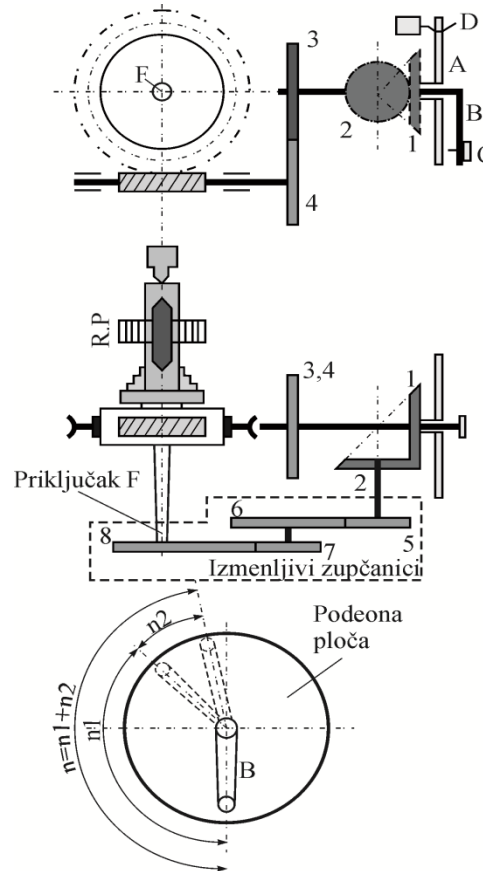
4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat – Diferencijalno deljenje

Pri izradi Z' zuba, pri čemu je Z' nedeljiv broj, usvaja se umesto nedeljivog broja Z' neki drugi, deljiv broj Z'' kao pomoćni.

Za novi broj Z'' određuje se potreban broj obrtaja ručice podeonog aparata (n_1) u odnosu na podeonu ploču kao kada bi ona bila nepokretna i tada je:

$$n_1 = \frac{z}{z''}$$



4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat – Diferencijalno deljenje

Pošto je usvajanjem broja Z'' napravljena greška, to se mora dopunskim obrtanjem podeone ploče izvršiti korekcija iste.

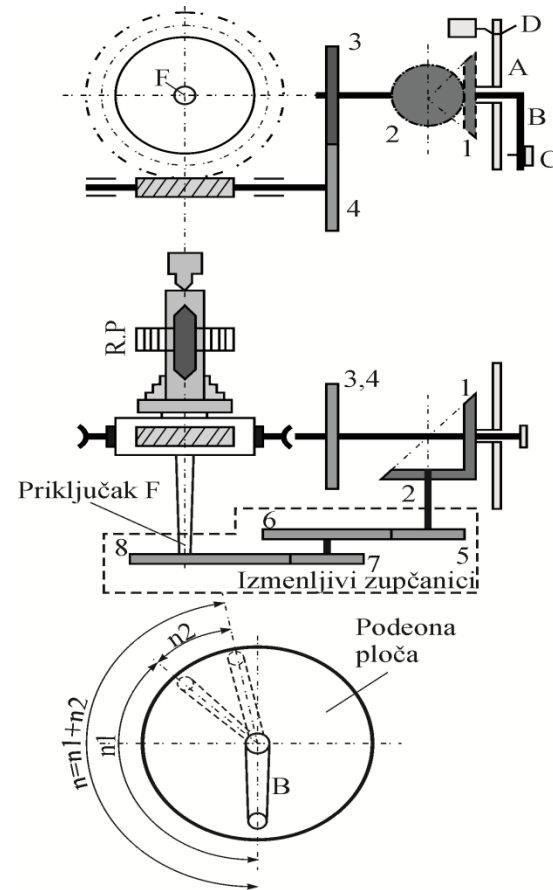
Dopunsko obrtanje podeone ploče je:

$$n_2 = \frac{k}{z'}$$

gde je k –prenosni faktor zupčanika između glavnog vretena podeonog aparata i podeone ploče, pri čemu je $k = k_1 k_2$, gde je k_1 –prenosni faktor izmenljivih zupčanika (a/b i c/d), a k_2 –prenosni faktor ostalih zupčanika u podeonom aparatu do podeone ploče.

Oba pojedinačna kretanja (n_1 i n_2) treba da budu jednaka obrtanju ručice podeonog aparata (n) u odnosu na nepokretnu podeonu ploču to je:

$$n = n_1 + n_2 = \frac{z}{z''} + \frac{k}{z'} = \frac{z}{z''} \quad \Rightarrow \quad \frac{k}{z'} = \frac{z}{z'} - \frac{z}{z''}, \text{ ili } k = \frac{z(z'' - z')}{z''} \quad \Rightarrow \quad k_1 = \frac{z(z'' - z')}{z''}$$



4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat – Diferencijalno deljenje

Na primer, potrebno je izraditi zupčanik sa $z'=37$ zuba, sa prenosnim faktorom pužnog prenosnika $1/Z = 60$.

Potreban broj obrta ručice podeonog aparata, ako se kao pomoćni deljiv broj usvoji $z''=34$ je:

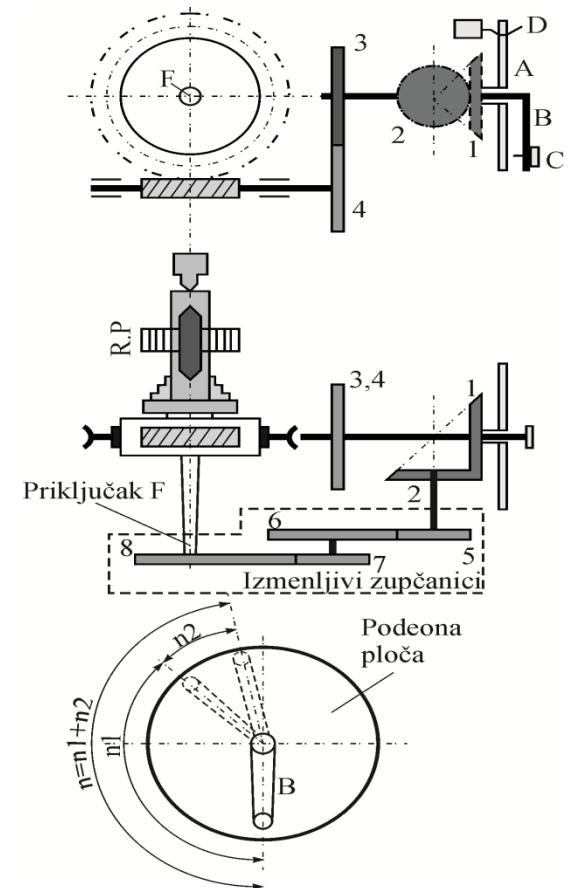
$$n_1 = \frac{z}{z''} = \frac{60}{34} = \frac{30}{17} = 1 + \frac{13}{17}$$

a prenosni faktor izmenljivih zupčanika je:

$$k_1 = \frac{z_5 \cdot z_7}{z_6 \cdot z_8} = \frac{z(z'' - z')}{z''} = \frac{60(34 - 37)}{34} = -\frac{60}{34} \cdot 3 = -\frac{60}{34} \cdot \frac{81}{27}$$

Ručicu B se okreće u odnosu na podeonu ploču podeonog aparata za 1 ceo obrt i još za 13 podeljaka po krugu od 17 rupa na podeonoj ploči.

Za ovo vreme podeona ploča se obrće te će stvarno obrtanje ručice podeonog aparata odgovarati i jednom i drugom kretanju postavljanjem izmenljivih zupčanika $z_5 = 60$; $z_6 = 34$; $z_7 = 81$ i $z_8 = 27$

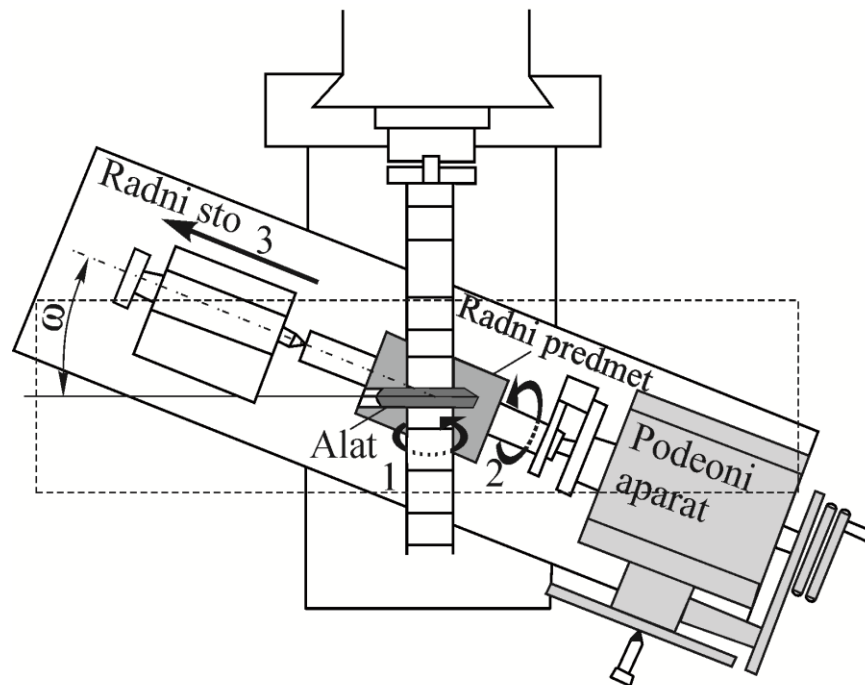


4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat – Izrada zavojnih žljebova

Obrtno (2) i pravolinijsko kretanje radnog predmeta (3) moraju da imaju tačnu međusobnu zavisnosti.

Obrtno kretanje (2) ostvaruje se na glodalici posredstvom podeonog aparata, a pravolinijsko kretanje (3) uzdužnim kretanjem klizača preko zavojnog vretena radnog stola glodalice.



Položaj alata u odnosu na radni sto mašine pri izradi zavojnice

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat – Izrada zavojnih žljebova

Zavojno vreteno radnog stola mora istovremeno da obezbedi pravolinijsko kretanje i obrtno kretanje radnog predmeta.

Karakteristične veličine pri izradi zavojnog žleba:

z – broj zuba pužnog točka na podeonom aparatu,

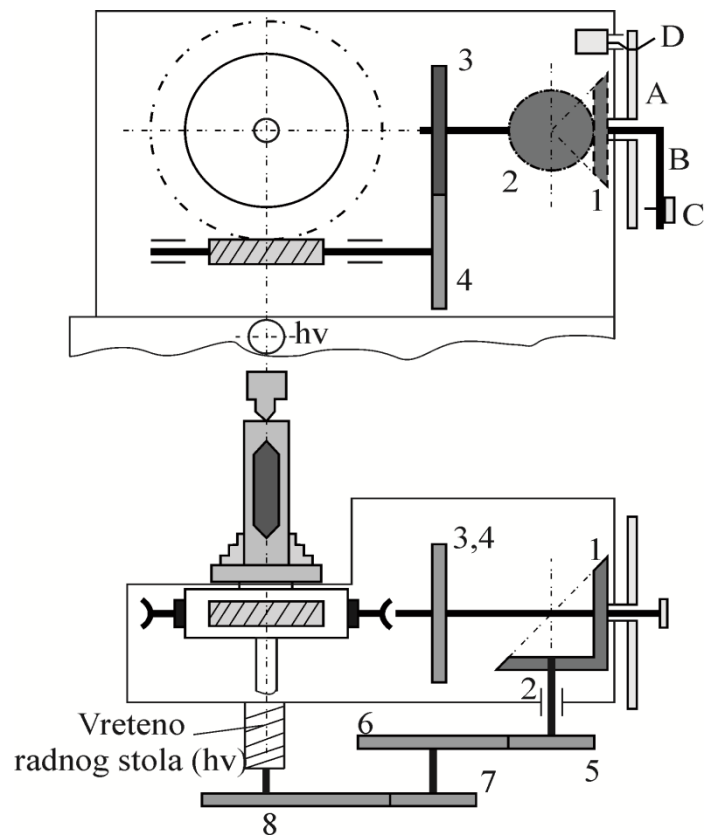
h_v – korak zavojnog vretena stola glodalice,

d – prečnik na kome se radi zavojni žleb,

H – korak zavojnog žleba koji se izrađuje čije se usaglašavanje ostvaruje pomoću prenosnog faktora K_1 izmenljive grupe zupčanika, prema: $K_1 = h_v z / H$.

$n_s = H / h_v$ – potrebni broj obrta zavojnog vretena za jedan hod zavojnice žleba.

$K_2 = 1/z$ – konstanta podeone glave (prenosni faktor pužnog para).



Univerzalni podeoni aparata pri izradi zavonjice

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Univerzalni podeoni aparat – Izrada zavojnih žljebova

Broj obrta zavojnog vretena koji je potreban da bi se radni predmet aksijalno pomerio za korak zavojnice se određuje kao:

$$n_s \cdot h_v = n_{r.p} \cdot H; \text{ za } n_{r.p} = 1$$

$$n_s = \frac{H}{h_v}$$

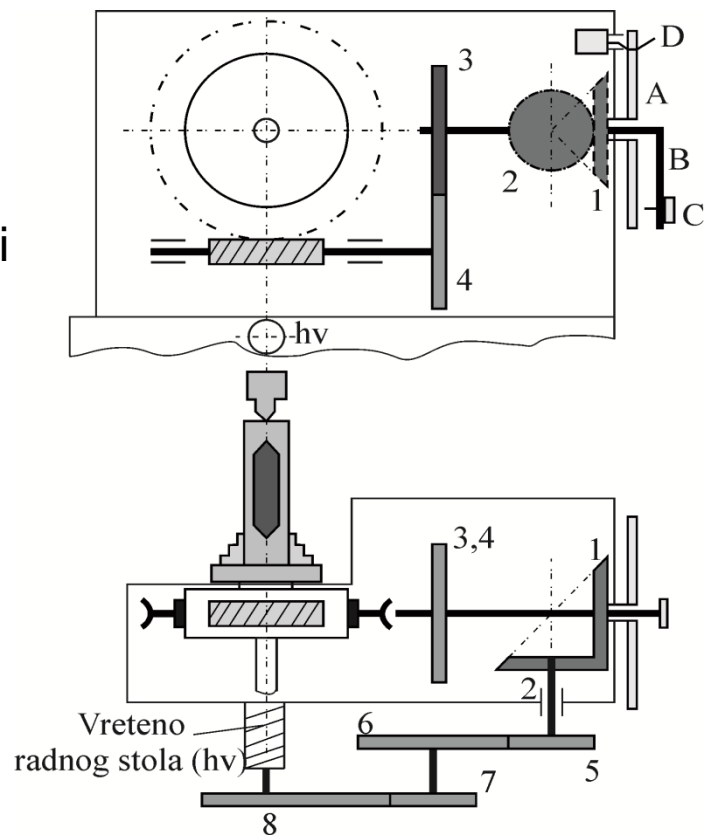
Kinematski lanac između zavojnog vretena i podeone ploče:

$$n_s \cdot \frac{z_8 \cdot z_6 \cdot z_2 \cdot z_3 \cdot 1}{z_7 \cdot z_5 \cdot z_1 \cdot z_4 \cdot z} = \frac{H}{h_v} \cdot \frac{z_8 \cdot z_6 \cdot z_2 \cdot z_3 \cdot 1}{z_7 \cdot z_5 \cdot z_1 \cdot z_4 \cdot z} = 1; \quad \frac{z_2}{z_1} = \frac{z_3}{z_4} = 1$$

$$\frac{z_8 \cdot z_6}{z_7 \cdot z_5} = \frac{z \cdot h_v}{H}$$

Potreban broj obrta ručice podeone ploče da bi se izradila zavojnica sa i početka

$$n_r = \frac{z}{i} = \frac{\text{broj zuba puža}}{\text{broj početaka zavojnice}}$$



Univerzalni podeoni aparata pri izradi zavojnice

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Izrada zavojnica (navoja) na glodalici

Izrada zavojnica na glodalici je zahvat obrade sa kojim se može postići ekonomična izrada kako kratkohodnih tako i dugohodnih zavojnica zavisnosti od oblika alata i konstrukcije mašine.

Značajna prednost izrade zavojnica glodanjem se ogleda u mogućnosti izrade leve i desne zavojnice istim alatom.

Moguća je i obrada različitih prečnika istim alatom, a da se pri tome ne menja profil ni korak zavojnice.



*Glodanje unutrašnjeg navoja različitih prečnika
istim alatom*

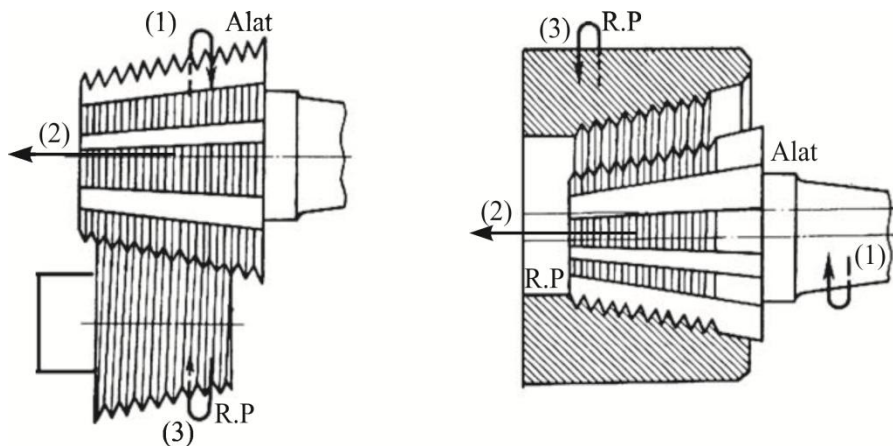
4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Izrada zavojnica (navoja) na glodalici – **Kratkohodne zavojnice**

Alat za zavojnice manjeg koraka ima paralelno profilisane žljebove umesto zavojnih žljebova.

Alat (1) - glavno obrtno kretanje i aksijalno pomoćno kretanje (2)

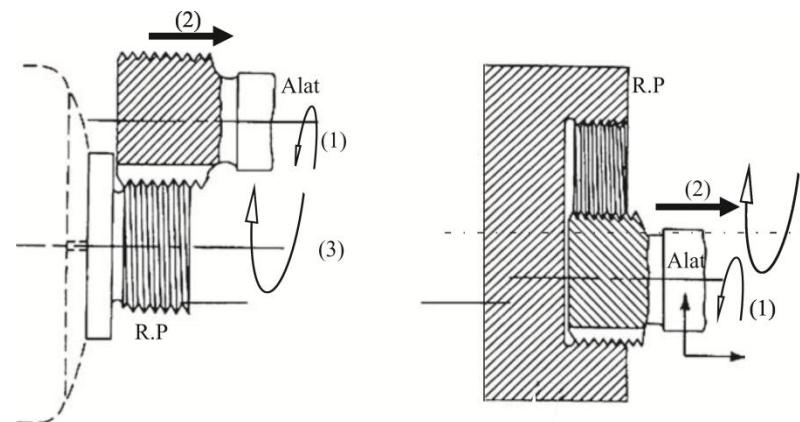
Radni predmet - pomoćno obrtno kretanje (3),.



Izrada spoljašnje i unutrašnje zavojnice pri obrtnom kretanju radnog predmeta

Alat (1) - glavno obrtno kretanje, aksijalno pomoćno kretanje (2) i pomoćno obrtno kretanje (3)

Radni predmet - stacionaran



Izrada spoljašnje i unutrašnje zavojnice pri planetarnom kretanju alata

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

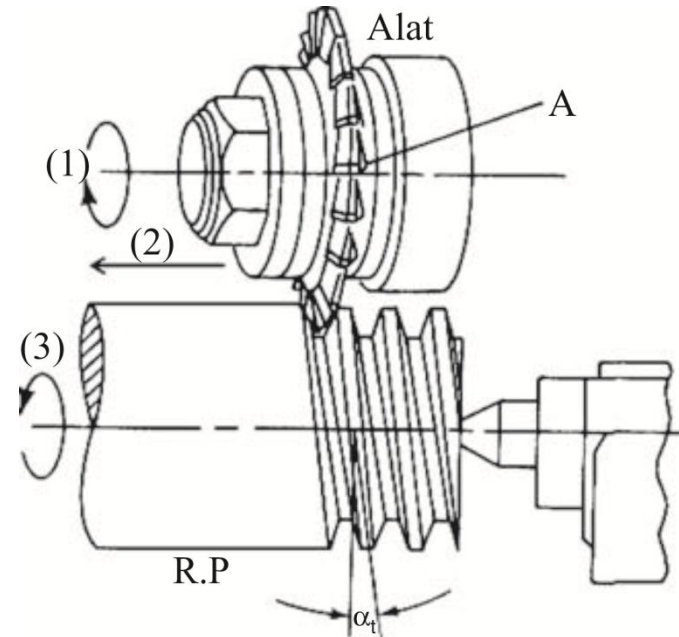
Izrada zavojnica (navoja) na glodalici – **Dugohodne zavojnice**

Dugohodne zavojnice, odnosno zavojnice velikog koraka izrađuju se na univerzalnoj glodalici pomoću podeonog aparata.

Kao alat za izradu dugohodnih zavojnica koristi se specijalno koturasto glodalo.

Alat - glavnog obrtnog kretanja (1) i aksijalno pomoćno kretanje (2)

Radni predmet - obrtno pomoćno kretanje



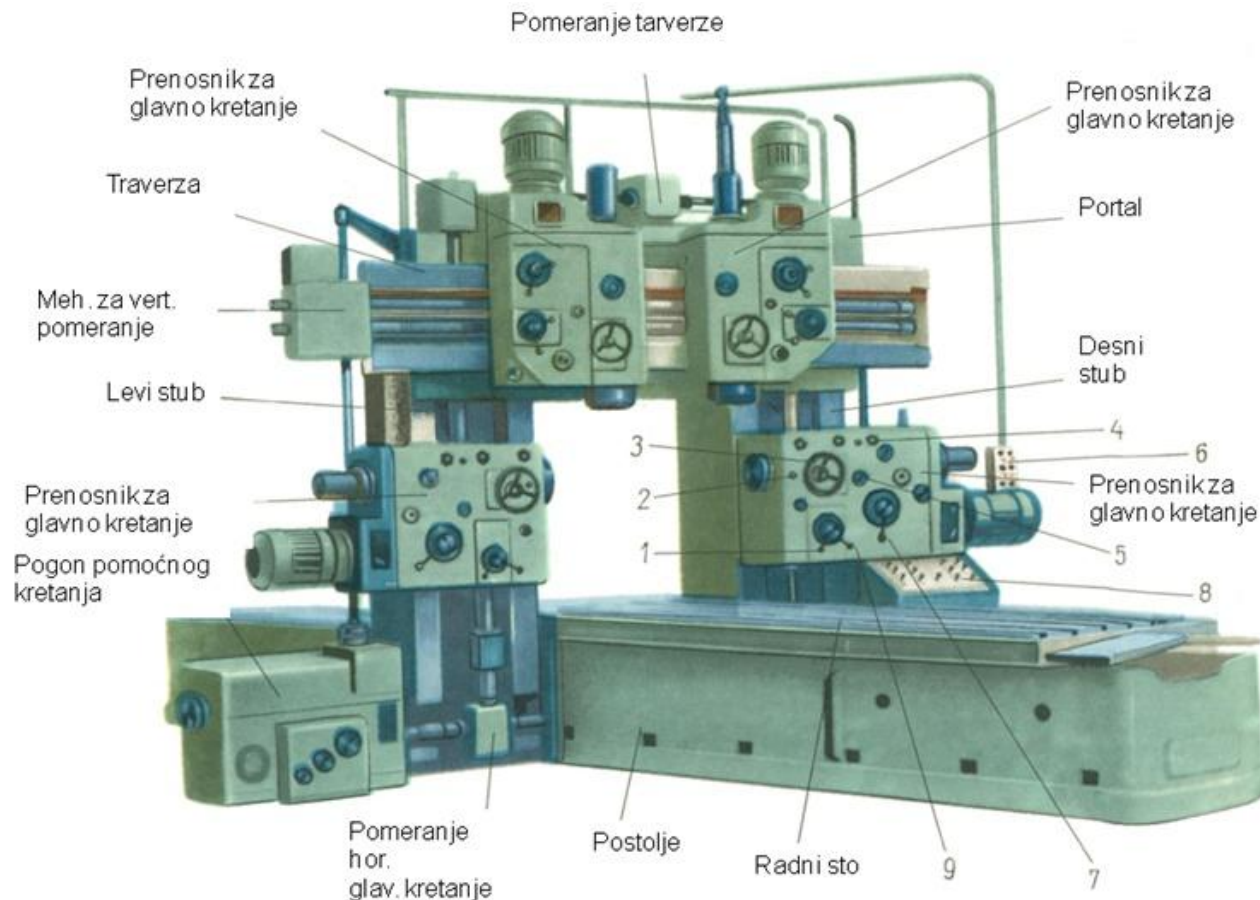
Izrada dugohodnih zavojnica koturastim glodalom

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Kinematska struktura dugohodnih (portalnih) glodalica

Namenjene su za obradu horizontalnih, vertikalnih i kosih površina na teškim radnim predmetima.

Kod svih ovih glodalica radni sto sa **obratkom izvodi uzdužno pomoćno kretanje putem zupčanika i zupčaste letve ili puža i pužne letve.**



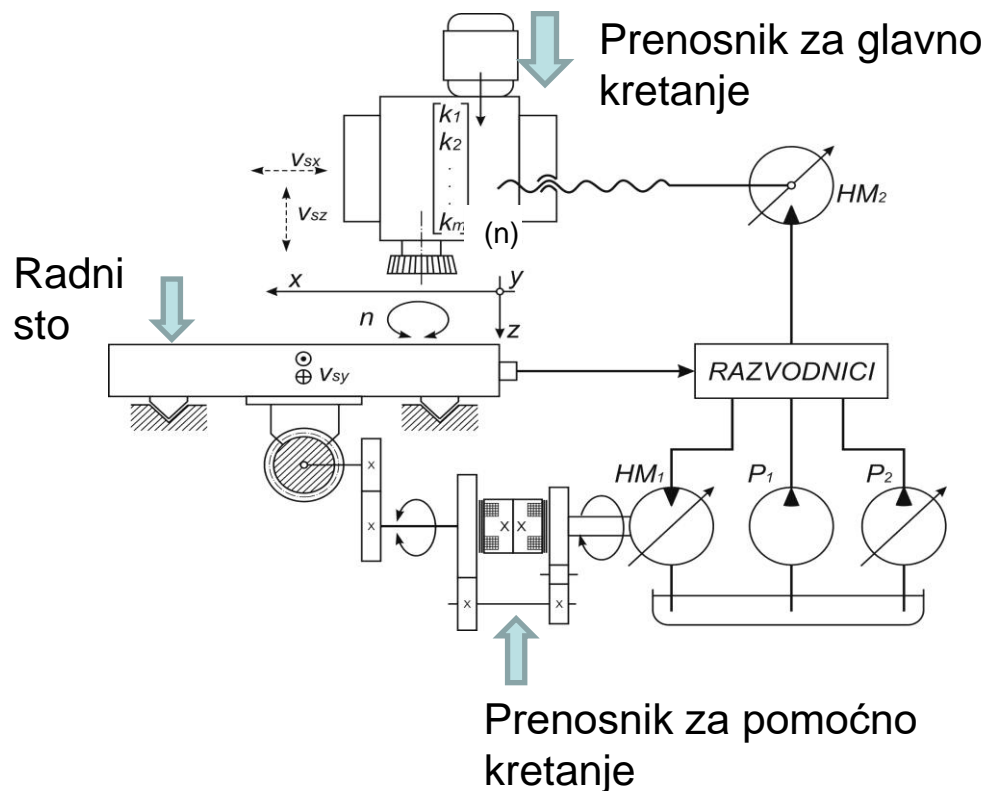
4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Kinematska struktura dugohodnih (portalnih) glodalica – Glavno kretanje

Glavno kretanje se ostvaruje preko elektromotora i prenosioca za glavno kretanje prikaznog matricom (n).

Za potrebne brzine rezanja ($v_1 = D_a \pi n_1$, $v_2 = D_a \pi n_2 \dots v_m = D_a \pi n_m$) broj obrtaja glavnog vretena se određuje kao:

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix}_n = n_o \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_n ; [o / \text{min}]$$



4.2.1 Kinematska struktura glodalica

Kinematska struktura dugohodnih (portalnih) glodalica – Pomoćno kretanje

Prenosnik za pomoćno kretanje je hidraulični i sastoji se od pumpi P_1 i P_2 i hidromotorra HM_1 i HM_2 .

Pomoćno kretanje je mehaničko za X i Y prvace, dok je u pravcu Z ose ručno.

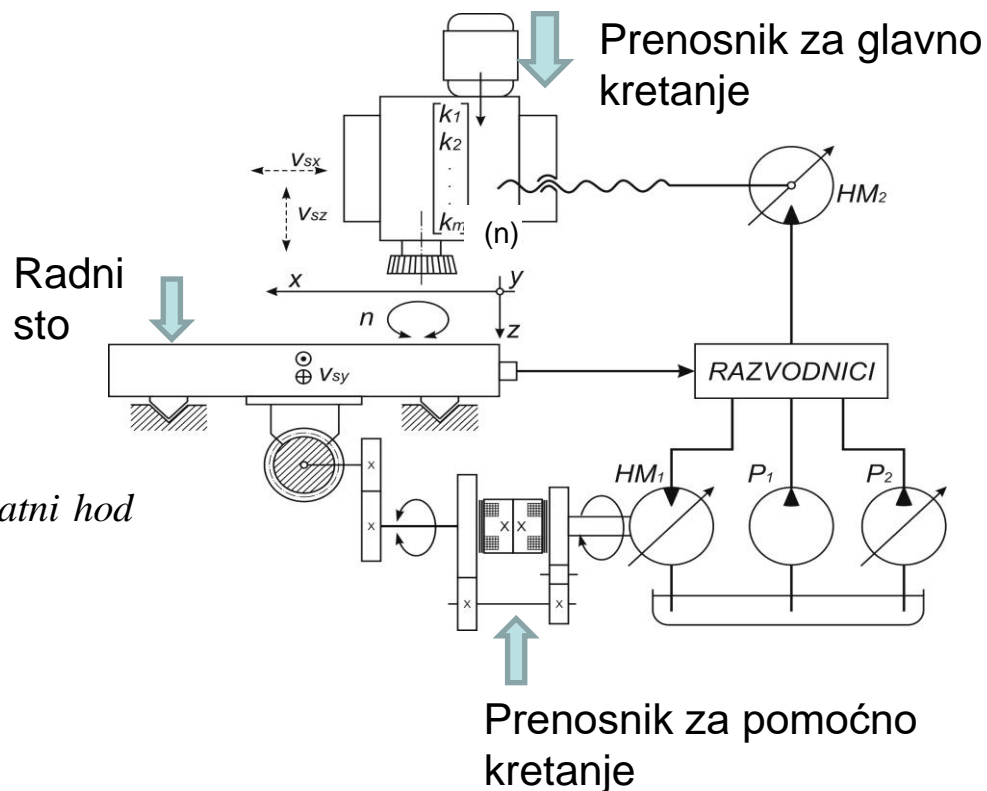
Pomoćnog kretanja u X pravcu:

$$v_{sx} = n_{HM_2} \cdot h_x; [m/min]$$

Pomoćnog kretanja u Y pravcu:

$$v_{sy} = n_{HM_1} \cdot \frac{z_6}{z_7} \cdot H; [m/min]; \text{ za radni hod}$$

$$v_{sy} = n_{HM_1} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{z_4}{z_5} \cdot \frac{z_6}{z_7} \cdot H; [m/min]; \text{ za povratni hod}$$



FTN - DPM - LAMA

Predmet: Obradni i tehnološki sistemi

Novi Sad, OKTOBAR 2021.

4.0 KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

Sadržaj

4.0. KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

4.1 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju rotacionih površina

4.2 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju ravnih površina

4.3 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju složenih – profilnih površina

KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

4.2 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju ravnih površina

4.2.1 Kinematska struktura glodalica

4.2.2 Kinematska struktura rendisaljki

4.2.2 Kinematska struktura rendisaljki

Mašine za obradu rendisanjem

Služe za obradu ravnih površina jednosečnim alatom. Obrada rendisanjem izvodi se na mašinama alatkama kod kojih je glavno kretanje pravolinijsko.

U zavisnosti da li alat ili radni predmet izvodi glavno kretanje, razlikuje se obrada na **kratkohodnoj ili dugohodnoj rendisaljci**.

Kratkohodna rendisaljka (dužina hoda ≈ 1000 mm)

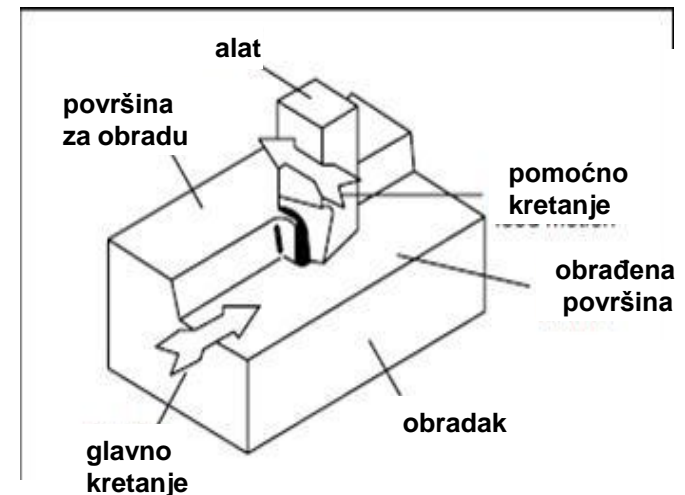
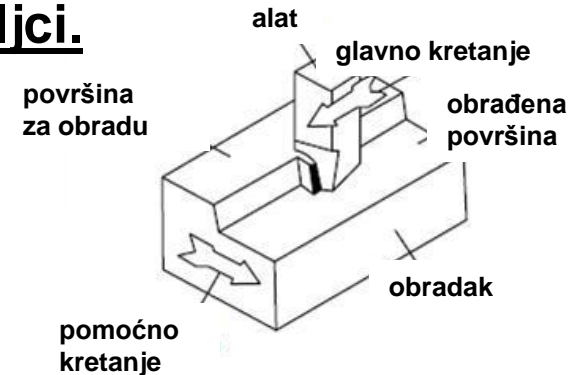
Alat – glavno pravolinijsko kretanje

Radni premet – pomoćno periodično kretanje

Dugohodna rendisaljka (dužina hoda > 1000 mm)

Radni premet – glavno pravolinijsko kretanje

Alat – pomoćno periodično kretanje



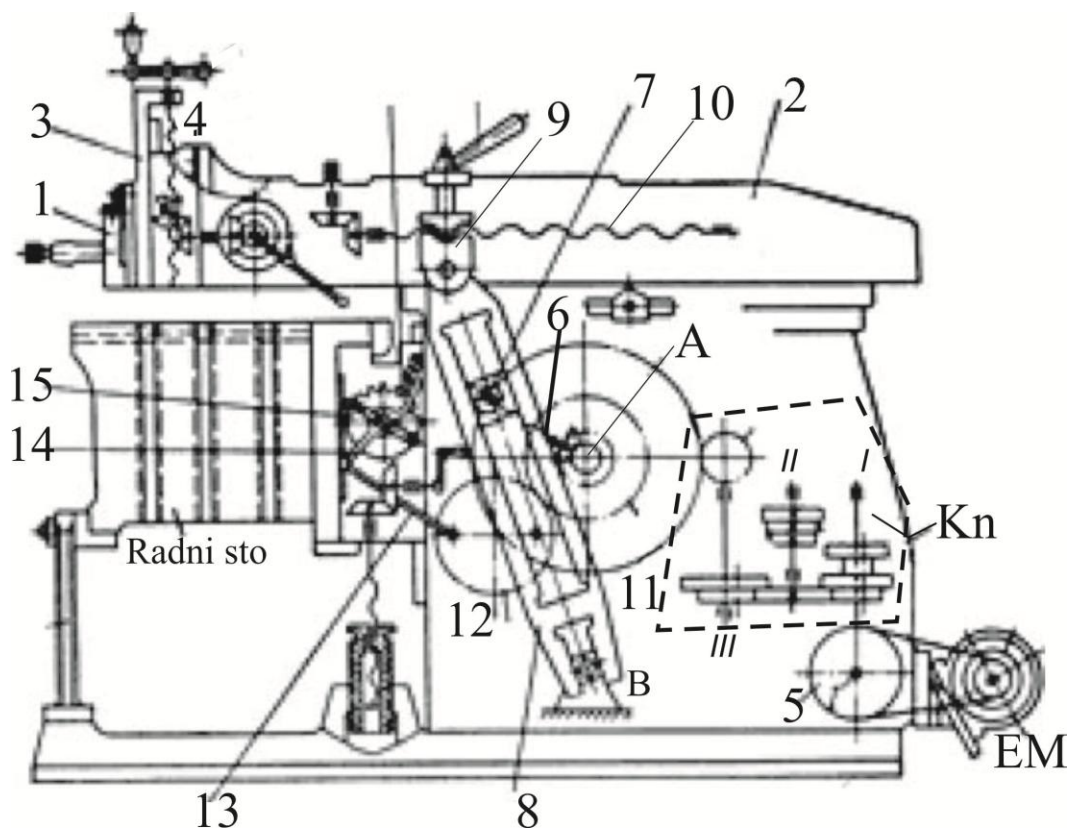
4.2.2 Kinematska struktura rendisaljki

Mašine za obradu rendisanjem- **Kratkohodne rendisaljke**

Kod kratkohodne rendisaljke alat izvod glavno kretanje.

Kinematsku strukturu čini prenosnik za glavno i pomoćno kretanje.

Prenosnik za glavno kretanje je najčešće u vidu kulisnog mehanizma ili je hidraulični.



- 1 – Alat
- 2 – Nosač alata
- 3 – Držač alata
- 4 – Zavojno vreteno
- 5 – Remeni prenosnik
- 6 – Krivajni mehanizam
- 7 – Klizač
- 8 – Kulisno klatno
- 9 – Poluga
- 10 – Navrtka sa zavojnim vretenom
- 11 , 12 - Zupčanci
- 13 – Oscilujuća poluga
- 14 – Dvokraka poluga
- 15 – Ozubljeni točak
- Kn – Prenosnik za glavno kretanje

*Kinematska struktura horizontalne
kratkohodne rendisaljke*

4.2.2 Kinematska struktura rendisaljki

Mašine za obradu rendisanjem- Kratkohodne rendisaljke – Glavno kretanje

KINEMATIKA RENDISALJKI-Glavno kretanje

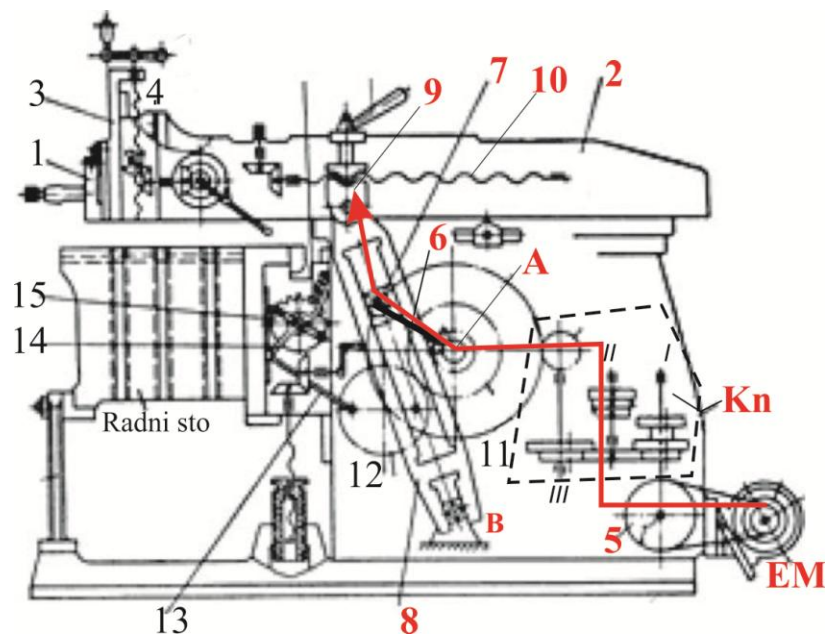
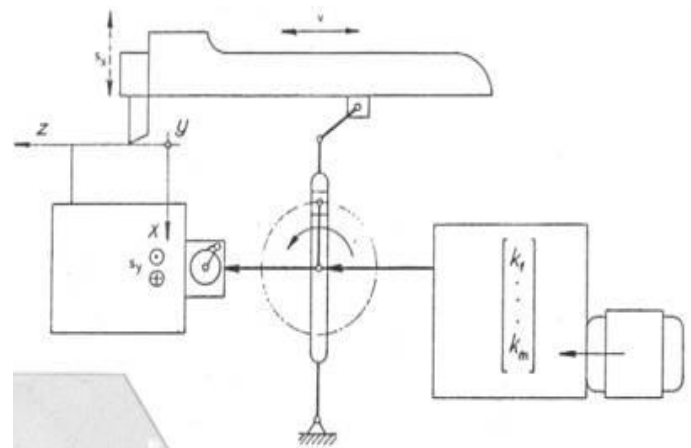
Krivajni mehanizam treba da obezbedi automatski prelaz iz radnog u povratni hod i obrnuto. Različiti brojevi obrtaja za potrebne brzine rezanja

$$\underline{v=2Ln_L, [m/min];}$$

gde je $L=2r$, r – poluprečnik krivajnog mehanizma, a $n_L = n$ – broj duplih hodova se dobijaju preko kinematskog lanca kao:

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_m \end{bmatrix}_L = n_o \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}; [dh/min]$$

Obrtno kretanje glavnog pogonsko vratila (A) se pretvara u pravolinijsko kretanje nosača alata posredstvom krivajnog mehanizma



4.2.2 Kinematska struktura rendisaljki

Mašine za obradu rendisanjem- Kratkohodne rendisaljke – Pomoćno kretanje

Pomoćno kretanje se odvodi sa glavnog pogonskog vratila (A) koje ima isti broj obrtaja kao što je i broj duplih hodova nosača alata.

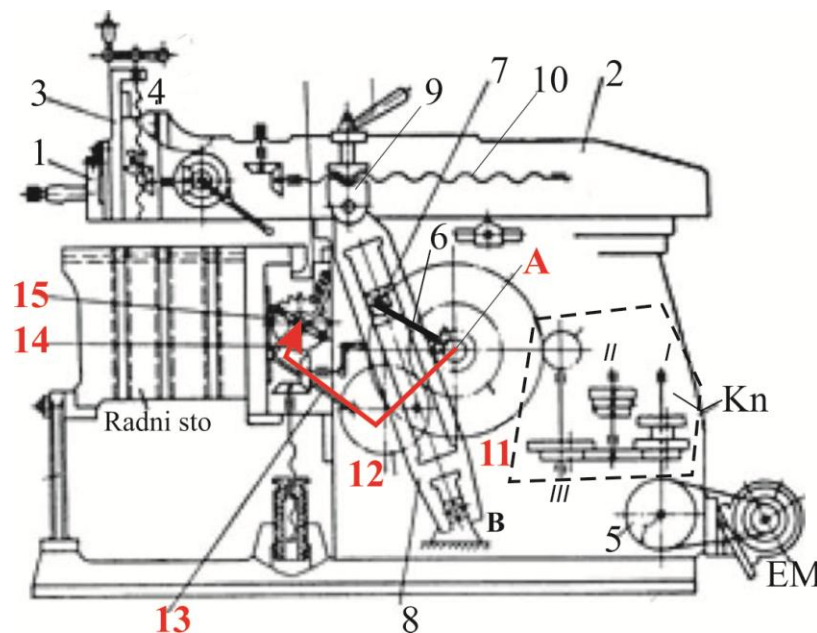
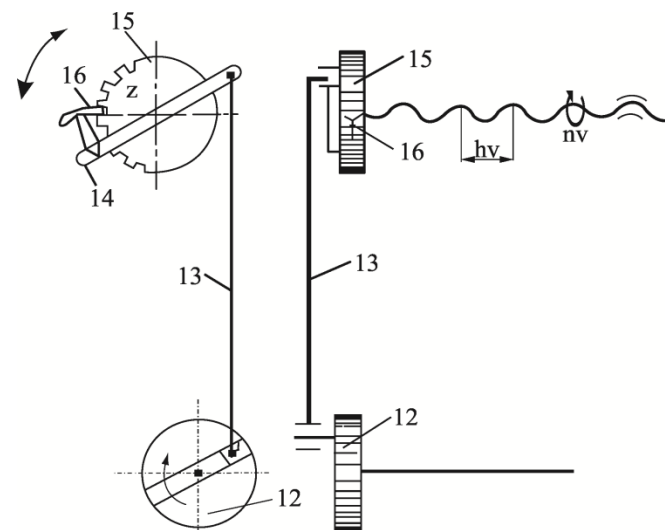
Skakavica (16) se pomera u jednom ili drugom smeru za neki ugao koji zavisi od geometrijskih odnosa poluga koji su stalni i od ekcentričnosti klizača koji se može menjati.

Pomoćno kretanje se dobija iz kinematskog lanca kao:

$$s_y = n_y \cdot h_y; \quad \frac{z}{360} = \frac{z'}{360}, \quad i \frac{n_y}{s_y} = \frac{360}{h_y}$$

$$n_y = \frac{z'}{z} \cdot 360, \text{ odnosno, } s_y = \frac{n_y}{360} \cdot h_y = \frac{h_y}{360} \cdot \frac{z'}{z} \cdot 360$$

$$s_y = \frac{z'}{z} \cdot h_y$$



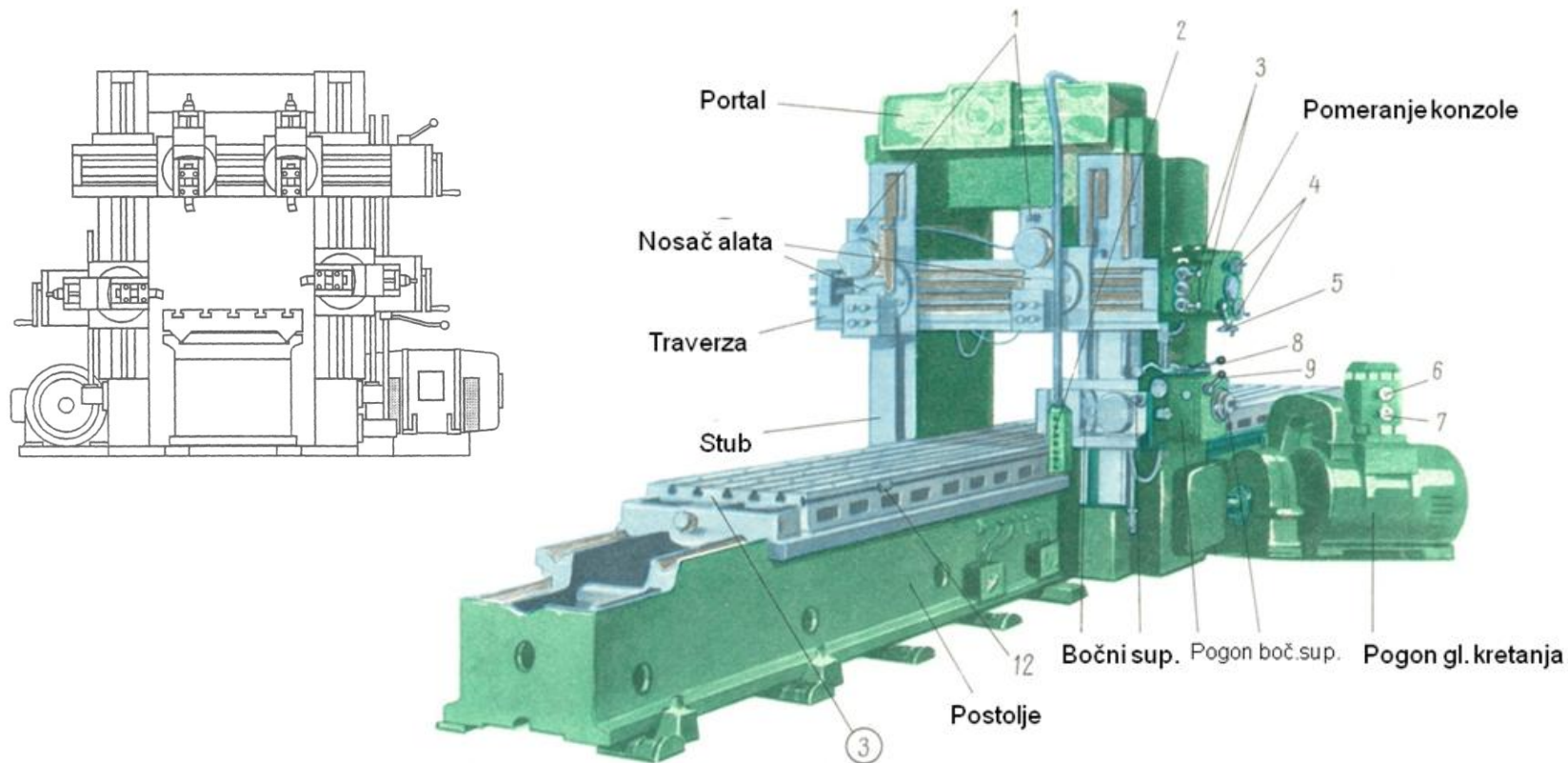
4.2.2 Kinematska struktura rendisaljki

Mašine za obradu rendisanjem- Dugohodne rendisaljke

Za veće hodove rendisanja ($l > 1 \text{ m}$) se koriste dugohodne rendisaljke.

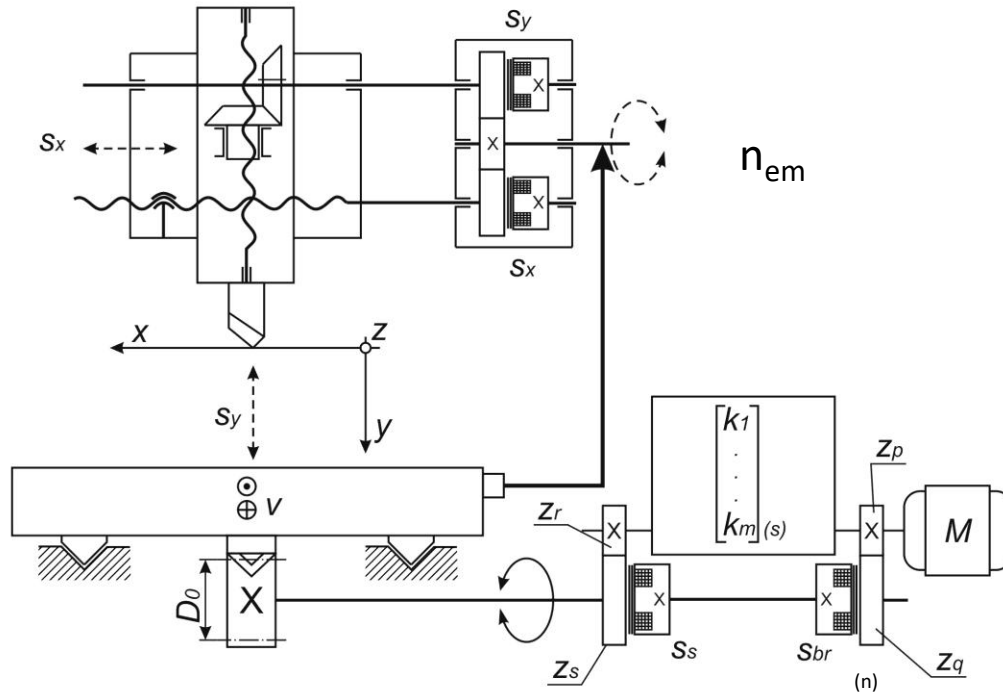
Glavno pravolinijsko kretanje kod ovih mašina izvodi **radni predmet**, a **alat izvodi pomoćno pravolinijsko kretanje**.

Usled velikih dužina hodova prenosnik za glavno kretanje, mora da obezbedi kako odgovarajući broj obrtaja za potrebe brzine rezanja, tako i za povrtanu brzinu koja je 1.5 do 2 puta veće od radne.



4.2.2 Kinematska struktura rendisaljki

Mašine za obradu rendisanjem- Dugohodne rendisaljke



**Glavno kretanje
- radni hod**

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ v_z \end{bmatrix} = n_o \cdot \frac{z_r}{z_s} \cdot D_0 \cdot \pi \begin{bmatrix} k_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ k_z \end{bmatrix} \quad [\text{mm/min}] \quad (n)$$

- povratni hod

$$V_p = (n_o \cdot z_p \cdot D_o \cdot \pi) / z_q$$

Kod ovih mašina ne postoji ni jedno vratilo koje ima isti broj obrtaja kao što je broj duplih hodova radnog stola.

Pomoćno kretanje s_x i s_y obezbeđuje poseban pogon koji uključuje elektromagnetne spojnice (S_x, S_y) preko kontaktora i graničnika na radnom stolu, koji ujedno određuju i hod mašine.

FTN - DPM - LAMA

Predmet: Obradni i tehnološki sistemi

Novi Sad, OKTOBAR 2020.

4.0 KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

Sadržaj

4.0. KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

4.3 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju složenih – profilnih površina

4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

4.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Uvodne napomene

Sistematizacija obradaka sa ozubljenjem prema osnovnoj geometriji:

- cilindrični (cilindrični zupčanici) ;
- konusni (konusni zupčanici) ;
- torusni (pužni točkovi) ;

Cilindrični osnovna površina:

- zupčanici;
- lančanici;
- ožljebljena vratila;
- ozubljeni kaišnici;
- zupčaste spojnice;

Cilindrični zupčanici sa:

- spoljašnjim ozubljenjem;
- sa unutrašnjim ozubljenjem,

Uvodne napomene

Cilindrični zupčanici sa spoljašnjim ozubljenjem sa:

- pravim zubima;
- kosim zubima;
- strelastim zubima;

Cilindrični zupčanici sa unutrašnjim ozubljenjem:

- sa pravim zubima;
- sa kosim zubima;

Konični zupčanici sa:

- pravim zubima;
- kosim zubima;
- ravni zubi (čeono ozubljenje);

Pužni točkovi (ozubljenje na torusnoj površini)

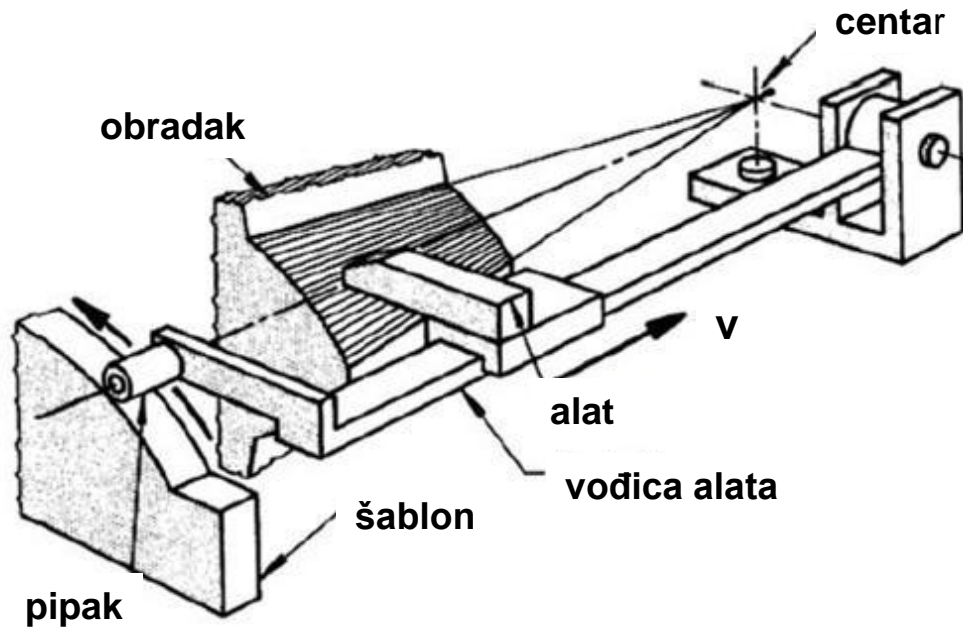
Uvodne napomene

Metode izrade zupčanika

R. br.	Metoda izrade	Tačnost		Modul obradka
		Profila	Koraka	
1.	Kopiranje	mala	mala	vrlo veliki
2.	Profilni alat	srednja	srednja	mali i srednji
3.	Relativno kotrljanje	velika	velika	mali, srednji i veliki

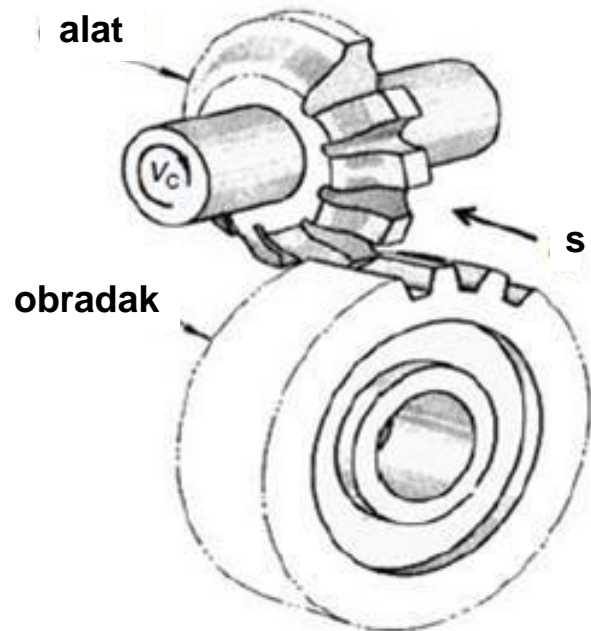
1. Izrada ozubljenja kopiranjem

- metod obrade: rendisanje
- princip upravljanja: kopiranje
- alat: prost (nož za rendisanje)
- modul: vrlo veliki
- tačnost profila: mala
- tačnost koraka: mala;
primenom podeonog aparata malo veća (srednja);

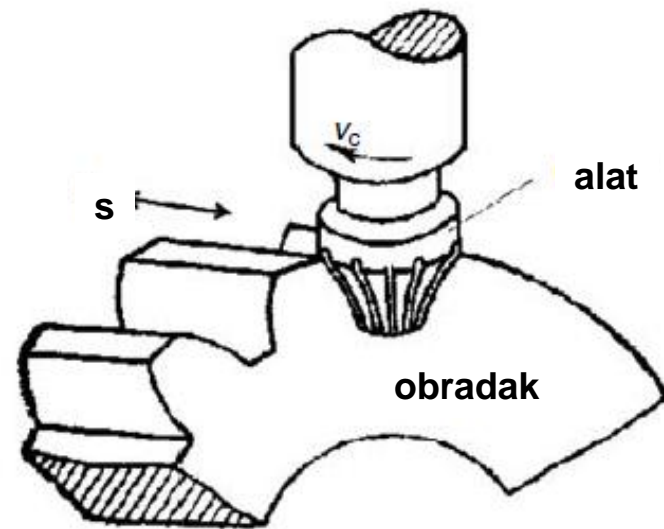


2. Izrada ozubljenja profilnim alatima

- metod obrade: glodanje
- princip upravljanja: ručno
- alat: složen (modulno glodalo)
- modul: mali i srednji
- tačnost profila: srednja
- tačnost koraka: srednja (primena podeonog aparata)



Obrada modulnim glodalom



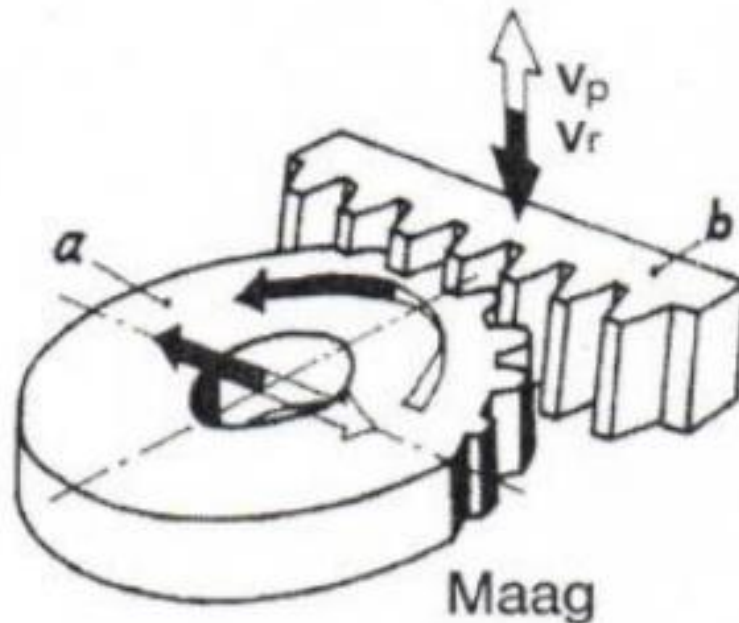
Obrada vretenastim profilnim glodalom

3. Izrada ozubljenja relativnim kotrljanjem

- metod obrade: rendisanje ili glodanje
- princip upravljanja: ručno, upravljanje graničnicima
- alat: srednje složen i složen
- modul: mali, srednji i veliki
- tačnost profila: velika
- tačnost koraka: velika (apsolutna)
- relativno kotrljanje: obradak (zupčanik) - alat (zupčasta letva) (Maag metod)
obradak (zupčanik) - alat (zupčanik) (Fellows metod)
obradak (pužni točak) - alat (puž) (Pfauter metod)

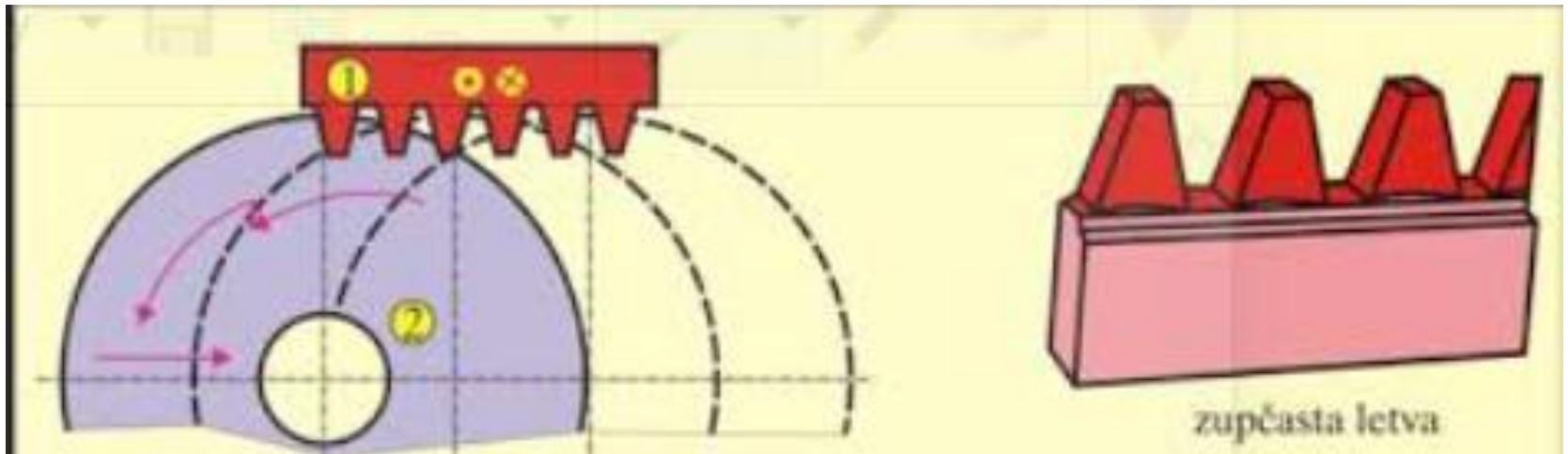
4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

- ❑ **MAAG metoda** je metoda izrade spoljašenjg cilindričnog ozubljenja sa pravim i kosim zubima, relativnim kotrljanjem.
- ❑ Alat je **zupčasti noža oblika zupčaste letve** tj. dela evolventnog zupčanika beskonačno velikog prečnika.
- ❑ **Alat** izvodi **glavno vertikalno pravolinijsko kretanje** pri čemu je radni hod na dole.
- ❑ **Pomoćna kretanja:** obrtno i pravolinijsko kretanje radnog predmeta duž alata.



4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

- ❑ Relativno kretanje radnog predmeta prema alatu izvodi se periodično i to po završenom povratnom hodu a pre radnog hoda.
- ❑ Cilindrični zupčanici sa kosim zubima se izradjuju na isti način kao i pravi zubi , samo se nosač alata nagninje za ugao nagiba zuba zupčanika.

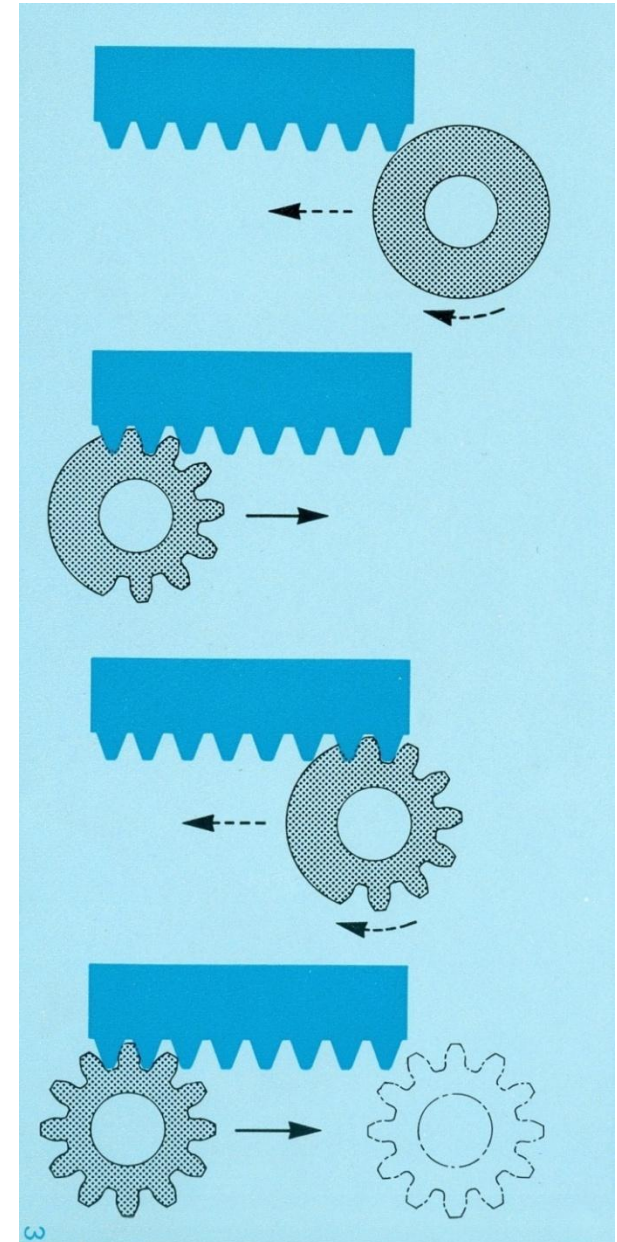


4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

Broj zuba alata obično je manji od broja zuba radnog predmeta, to po završenom pomeranju radnog predmeta od levog do desnog kraja alata neće biti obrađeni svi zubi.

Princip izrade ozubljenja u segmentima (delovima obima zupčanika):

- izrada jednog segmenta;
- brzi povratni hod nazad obradka;
- obrada sledećeg segmenta;
- brzi povratni hod izradka;

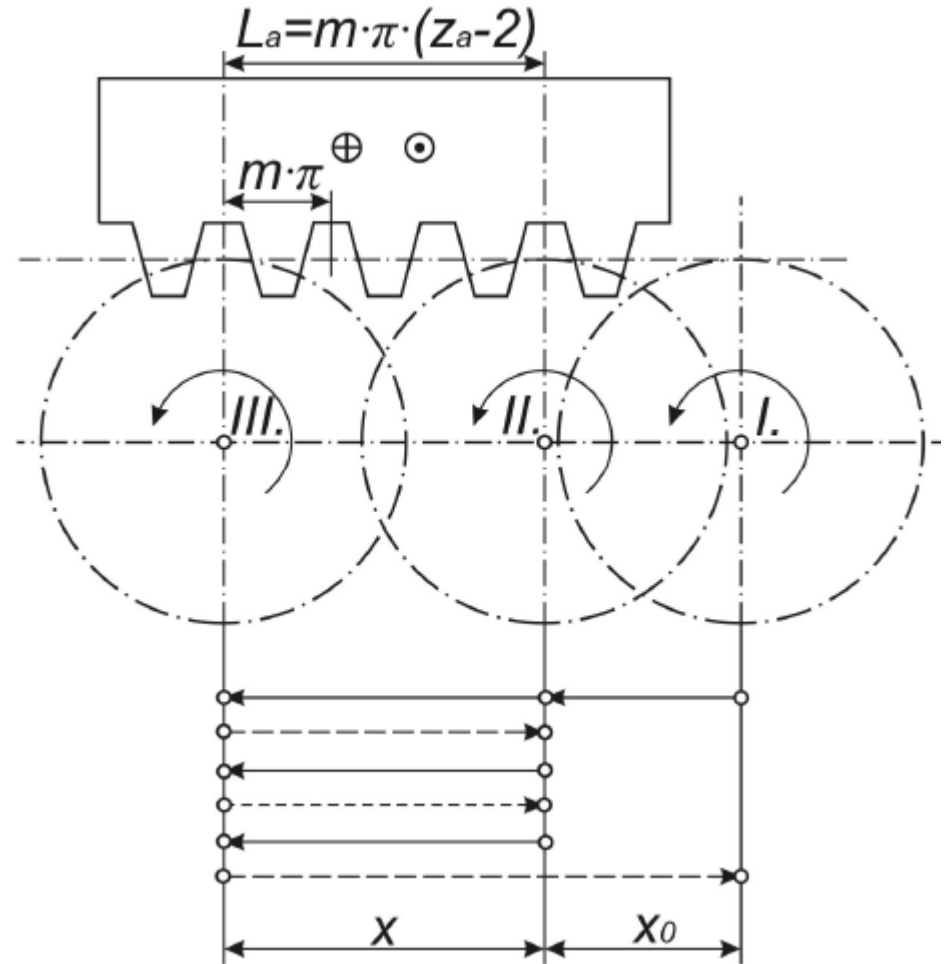


4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

Kinematska struktura mašine treba da obezbedi izradu ozubljenja parcijalno, po segmentima.

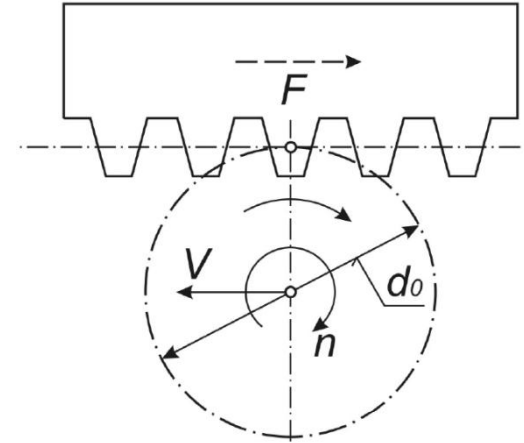
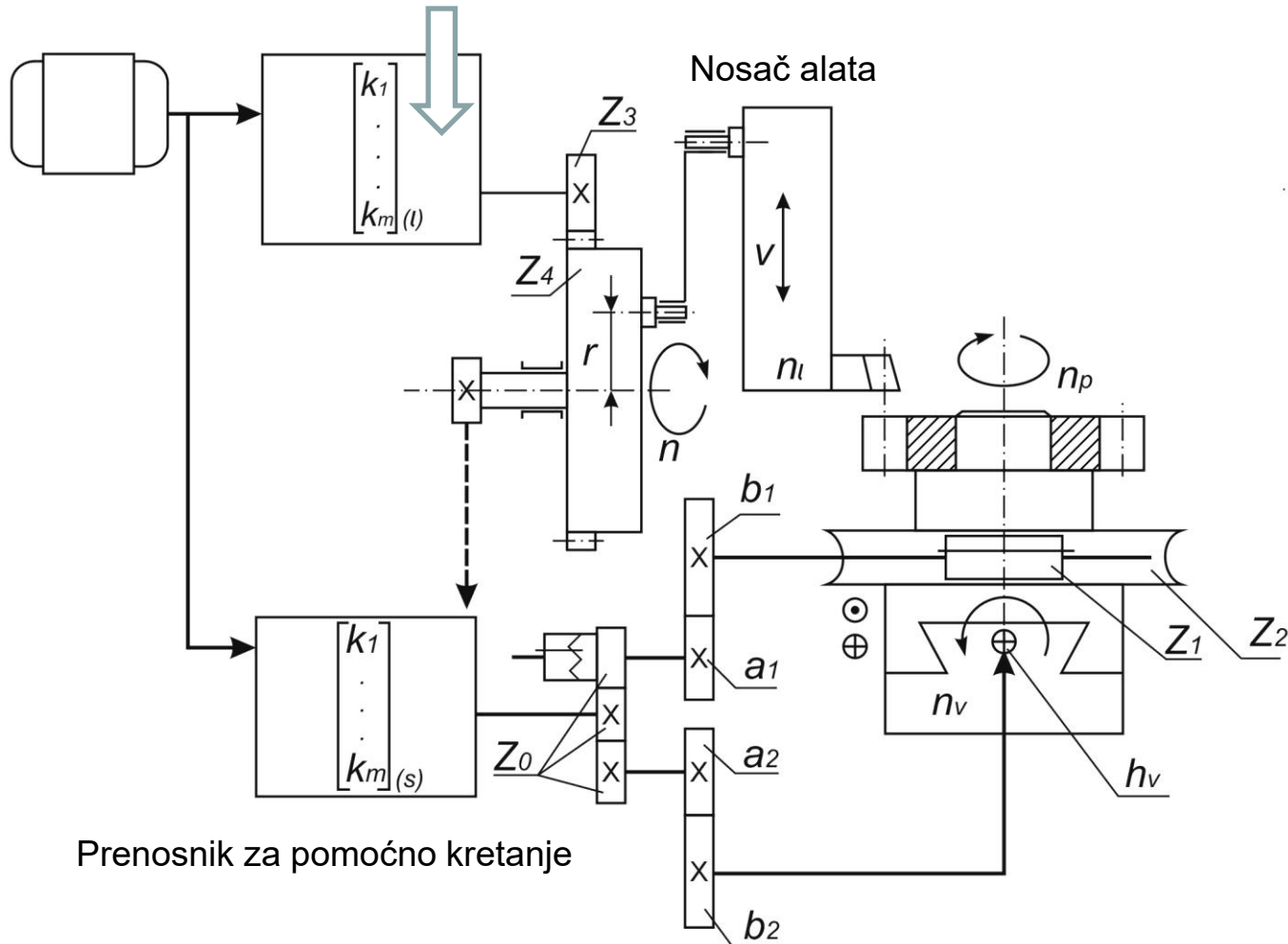
X_0 – put prodiranja alata u obradak pri početku obrade;

X – put pri izradi jednog segmenta, ponavlja se onoliko puta koliko segmenata ima ozubljeni obradak (zupčanik).



4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

Prenosnik za glavno kretanje



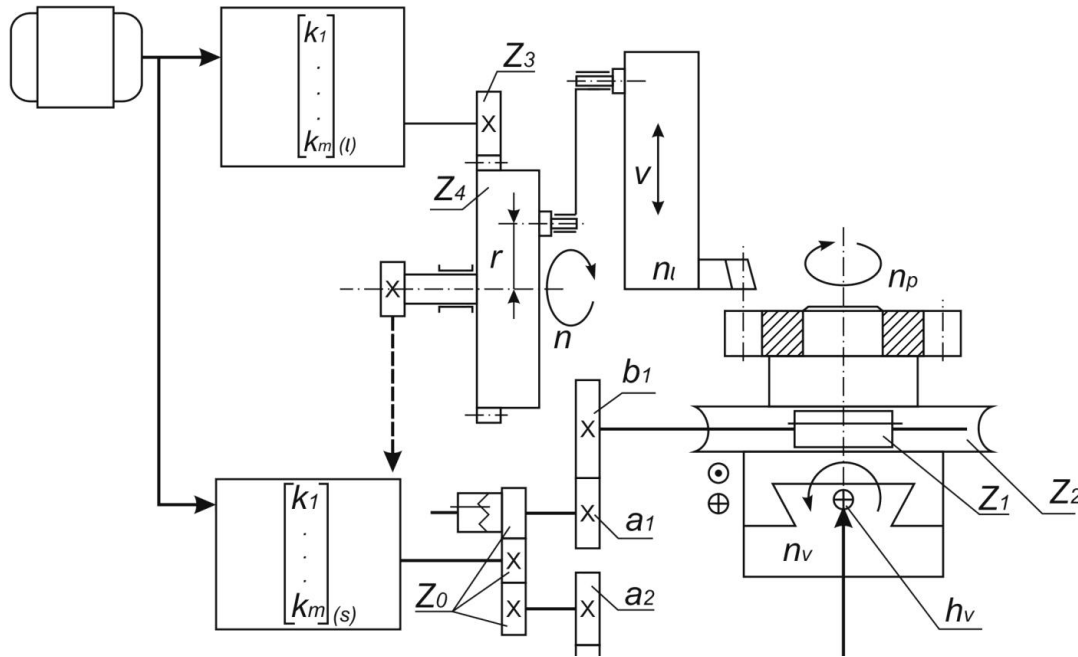
Maag postupak: Mašina vertikalna kratkohodna rendisaljka

Alat vrši pravolinijsko kretanje gore-dole; radni hod na dole;

Obradak: 1 komponenta relativnog kretanje (rotacija) i 2 – ga translacija

4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

Glavno kretanje: pravolinijsko naizmenično (dole-gore) kretanje alata



Prost krivajni mehanizam

$O_1A = r$ - krivaja

AB - poluga

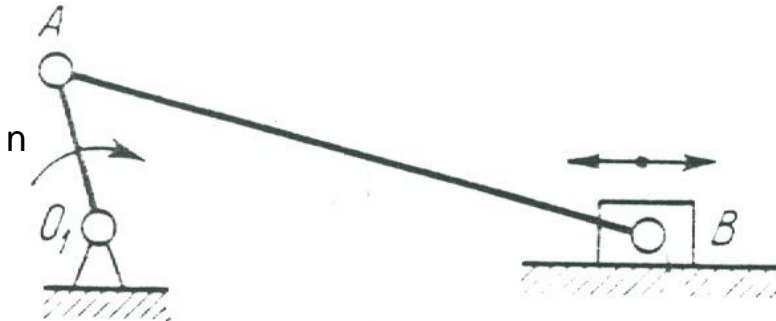
B - klizač

$L = 2r$ - hod klizača

$$V_{SR} = 2 \cdot L \cdot n_L$$

$$n_L = n \text{ - broj duplih hodova}$$

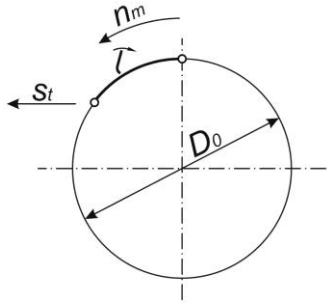
$$V_{SR} = 2 \cdot L \cdot n$$



4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

Pomoćno kretanje (obrtnje radnog predmeta duž alata) n_p

1. komponenta relativnog kotrljanja - **Tangencijalni pomak**

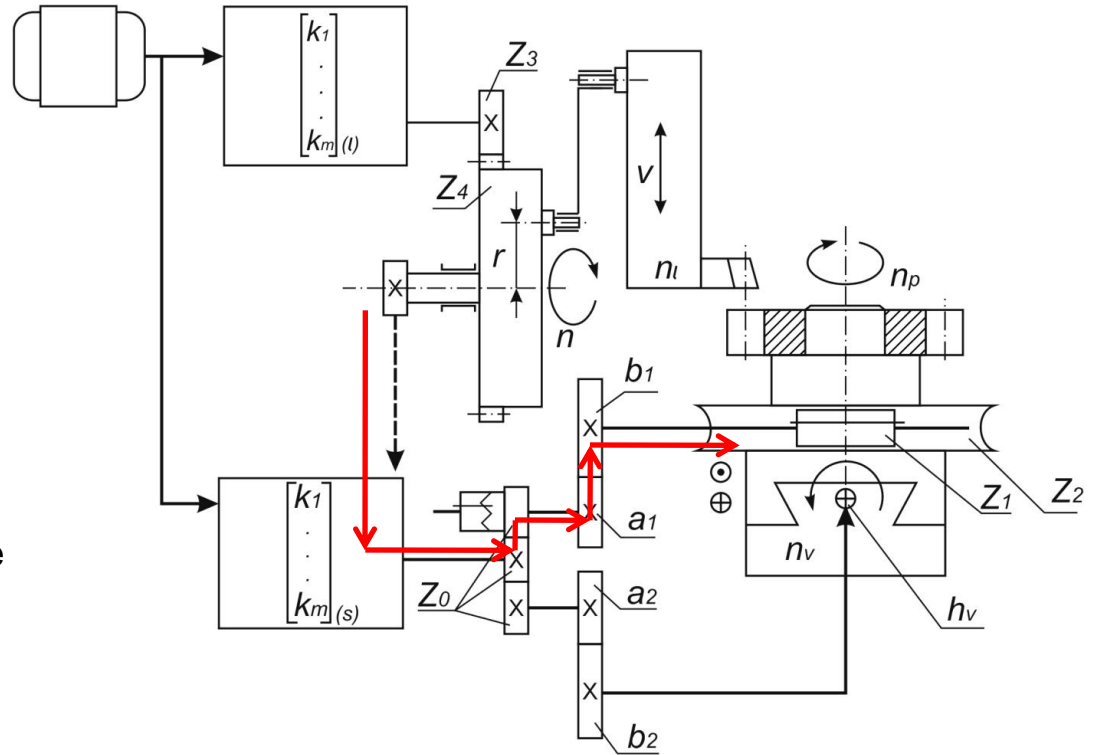


$$\hat{l} = s_t = D_0 \cdot \pi \cdot n_p$$

$$n_p = \frac{s_t}{D_0 \cdot \pi}$$

s_t – tehnološki parametar, usvaja se zavisnosti od kvaliteta obrade

$$s_t = (0,1 \div 0,35) [mm/dh]$$



$$n_p = n \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_s \cdot \frac{z_0}{z_0} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{z_1}{z_2}$$

$$\frac{s_t}{D_0 \cdot \pi} = 1 \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ k_m \end{bmatrix}_{(s)} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{z_1}{z_2}$$

$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{s_t}{D_0 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{k_{is}} \cdot \frac{z_2}{z_1}$$

4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

Pomoćno kretanje – 2. komponenta relativnog kotrljanja - **Osni pomak**

Pravolinijsko kretanje radnog predmeta duž alata

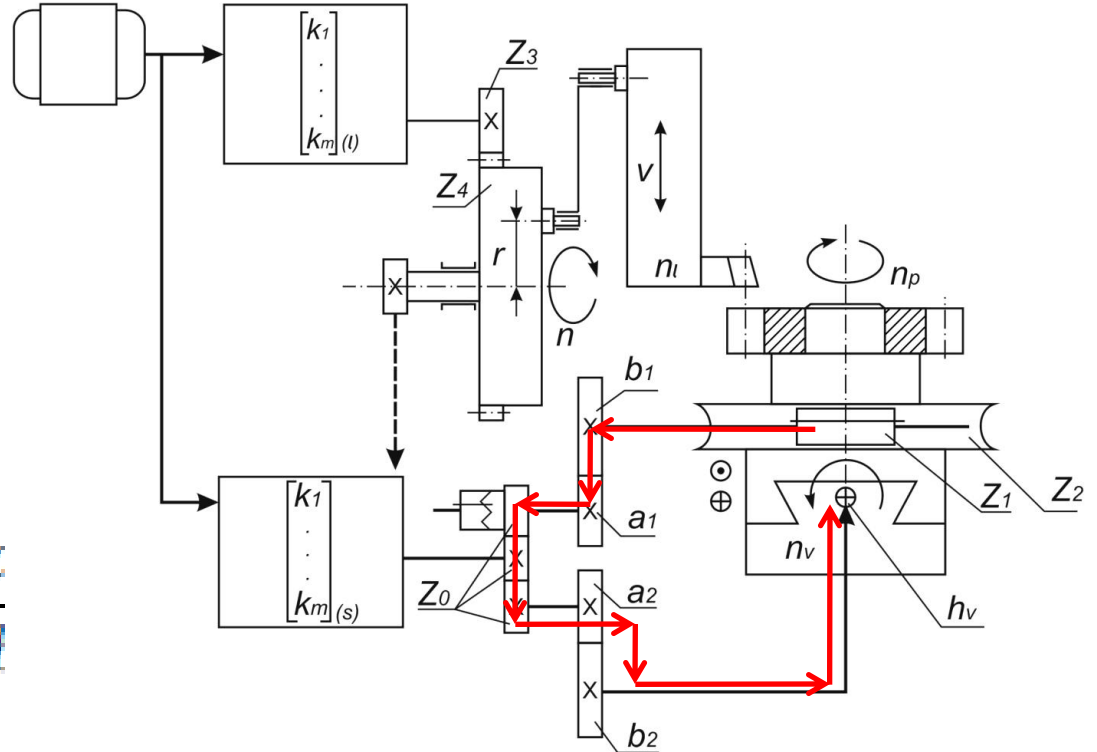
$$s_l = h_v \cdot n_v$$

$$n_v = n_p \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{b_1}{a_1} \cdot \frac{z_0}{z_0} \cdot \frac{z_0}{z_0} \cdot \frac{a_2}{b_2}$$

$$n_p = 1; \quad s_l = D_0 \cdot \pi$$

$$D_0 \cdot \pi = h_v \cdot 1 \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{b_1}{a_1} \cdot \frac{c}{l}$$

$$\frac{a_2}{b_2} = \frac{D_0 \cdot \pi}{h_v} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{a_1}{b_1}$$



4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

Karakteristike metode izrade ozubljenja relativnim kotrljanjem MAAG:

Prednosti:

- jednostavan alat , laka izrada i oštrenje;
- tačan profil zuba zupčanika;
- dobar kvalitet (stepen površinske hrapavosti) obrađene površine;

Nedostaci:

- dugo vreme obrade;
- nemoguća izrada unutrašnjeg ozubljenja;

FTN - DPM - LAMA

Predmet: Obradni i tehnološki sistemi

Novi Sad, OKTOBAR 2021.

5.0 KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

Sadržaj

5.0. KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

5.3 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju složenih – profilnih površina

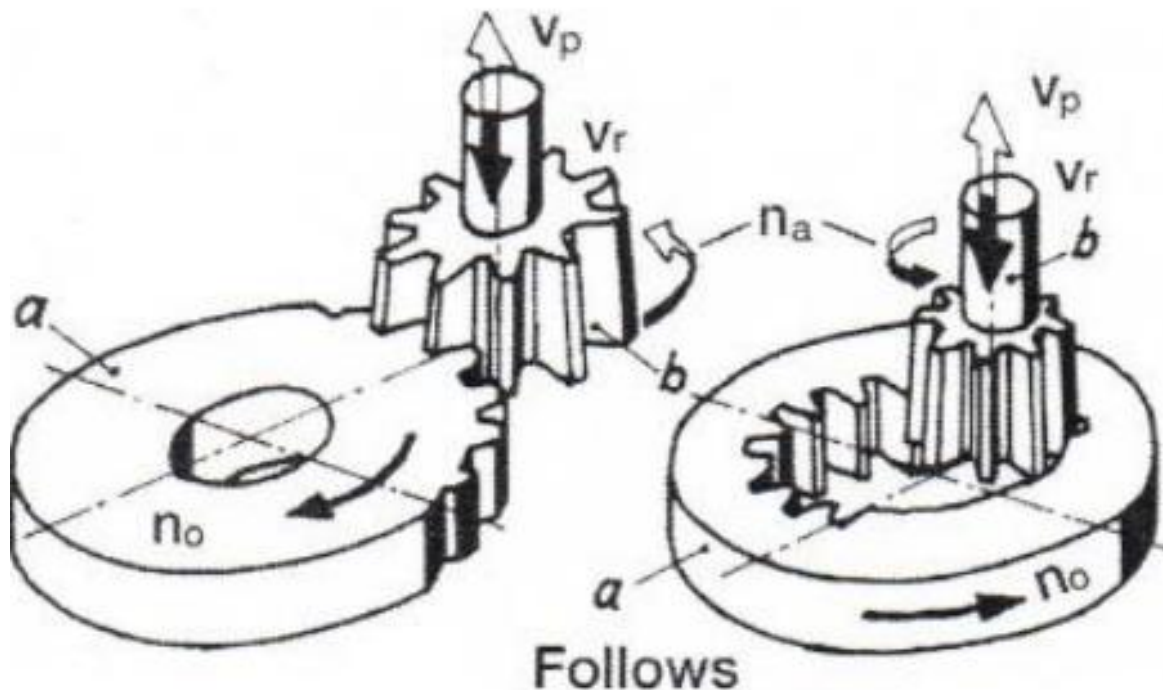
5.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

5.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS

5.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

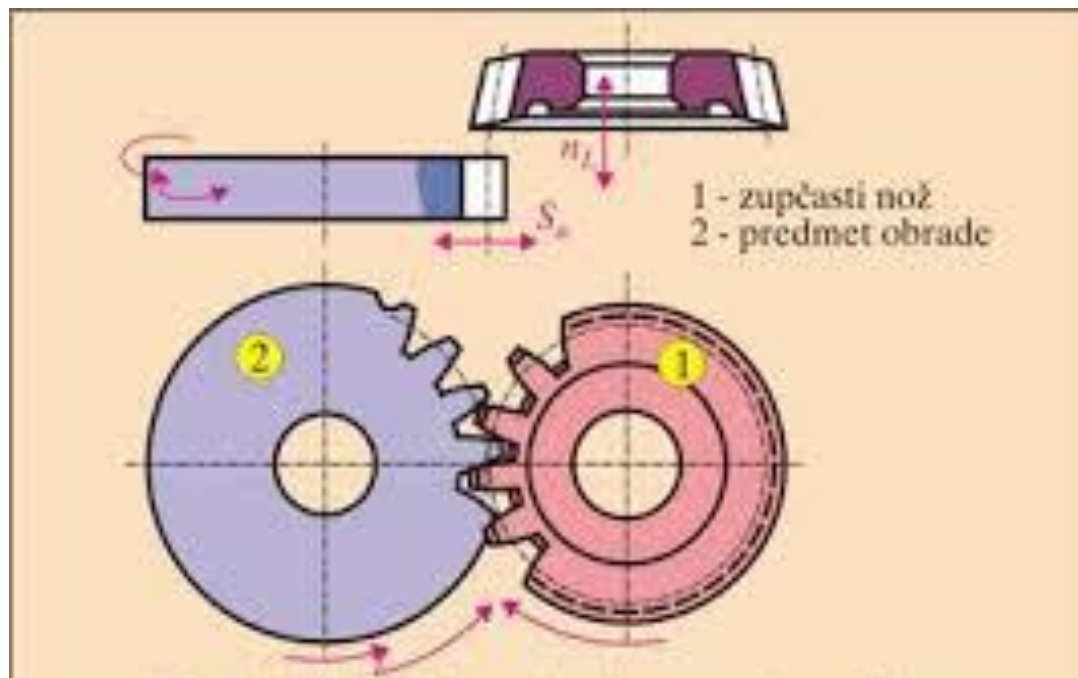
5.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS

- ❑ FELLOWS je jedna od metoda koja je bazirana na relativnom kotrljanju koja, kao alat koristi kružni zupčasti nož, koji predstavlja višeprofilni alat u vidu zupčanika.
- ❑ **Alat izvodi glavno pravolinijsko kretanje u vertikalnom pravcu uz istovremeno pomoćno obrtno kretanje.**
- ❑ **Radni predmet izvodi takođe pomoćno obrtno kretanje.**

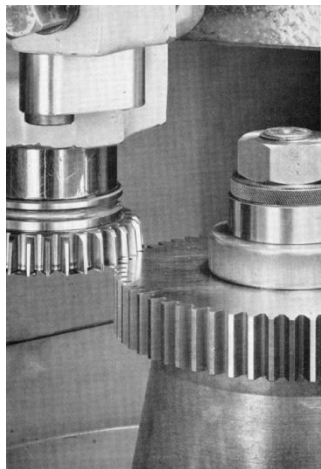


5.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS

- ❑ Radni hod se obavlja obično pri kretanju alata na dole, a u početku rada primiče se radni predmet radijalno prema alatu do određene dubine uz istovremeno vertikalno kretanje alata i uz relativno kotrljanje.
- ❑ Radijalno primicanje radnog predmeta reguliše se pomoću jedne promenjive bregaste ploče koja po završenoj obradi dejstvom odgovarajućeg mehanizma automatski zaustavlja mašinu.



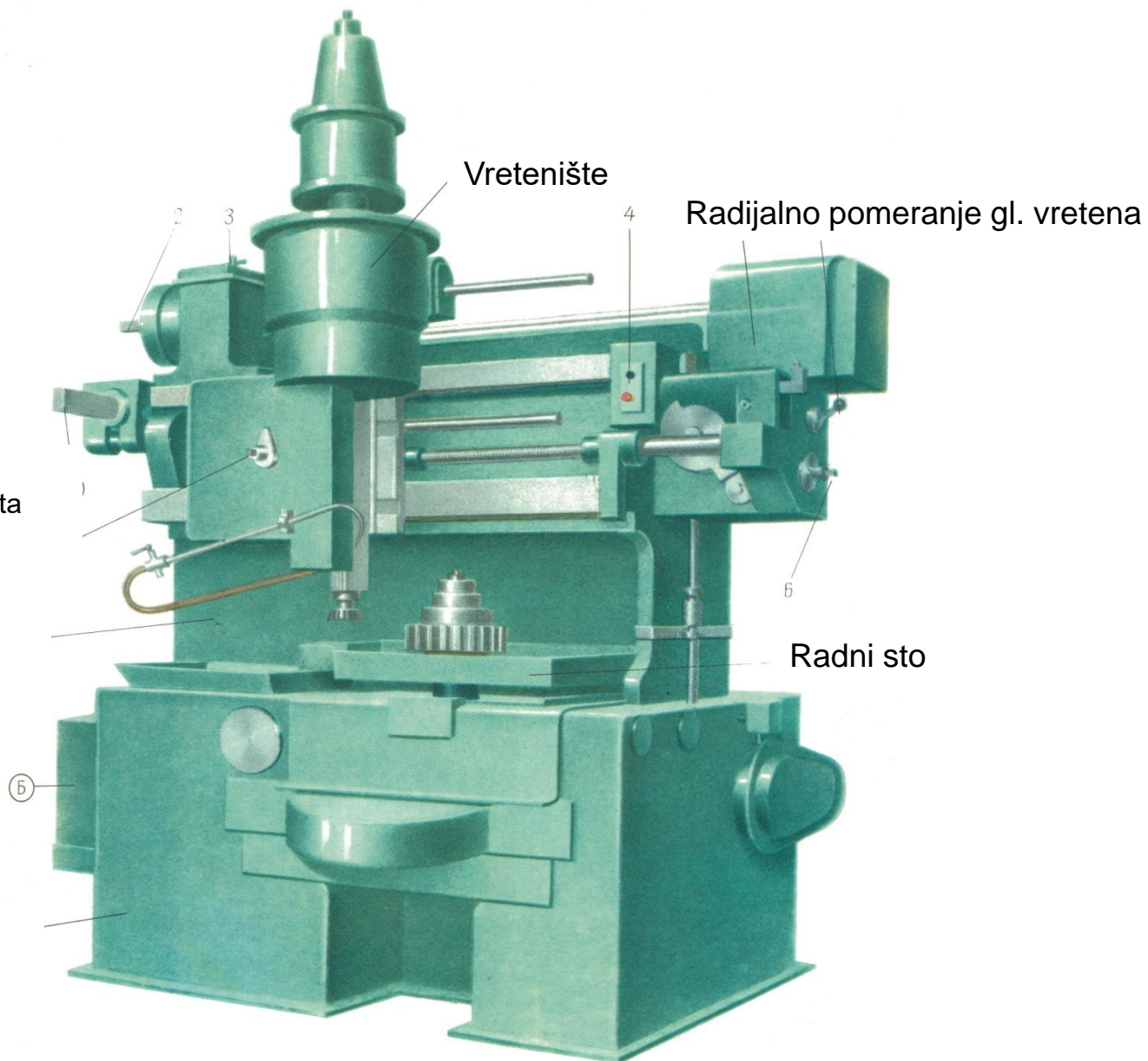
5.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS



Krivajni mehanizam i
mehanizam zupčnik zupčasta
letva

Gornje postolje

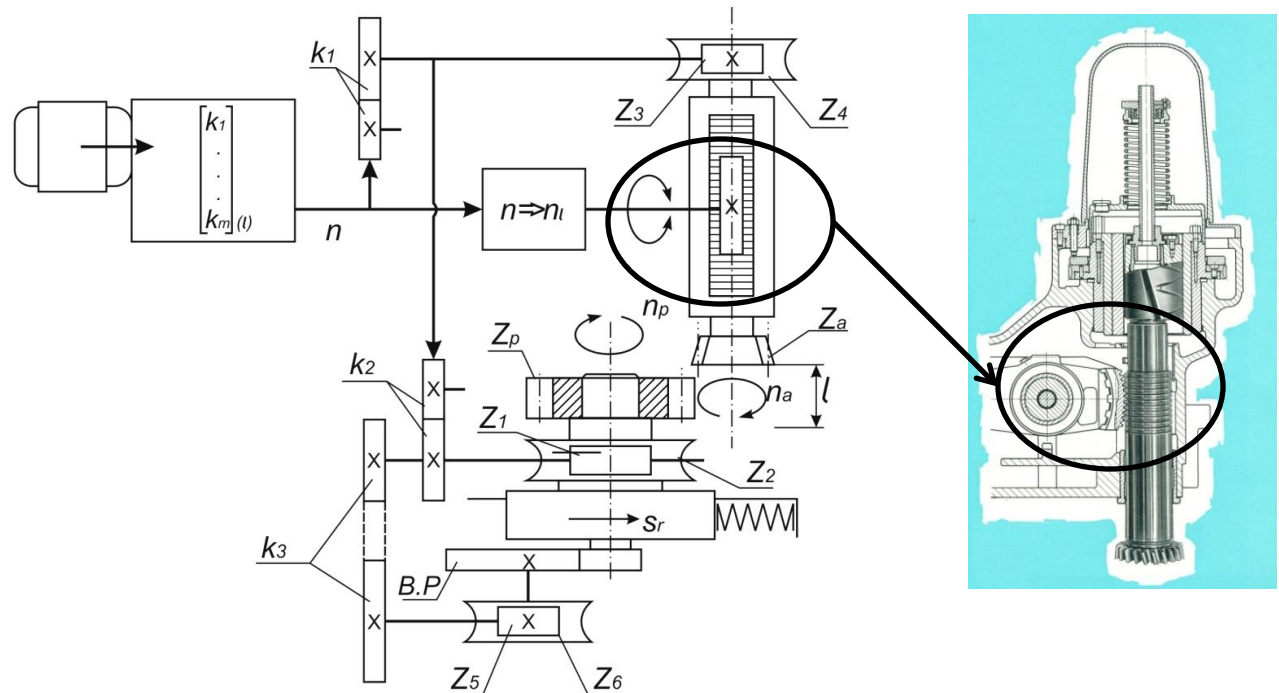
Donje postolje



Rendisaľka za zupčanike FELLOWS

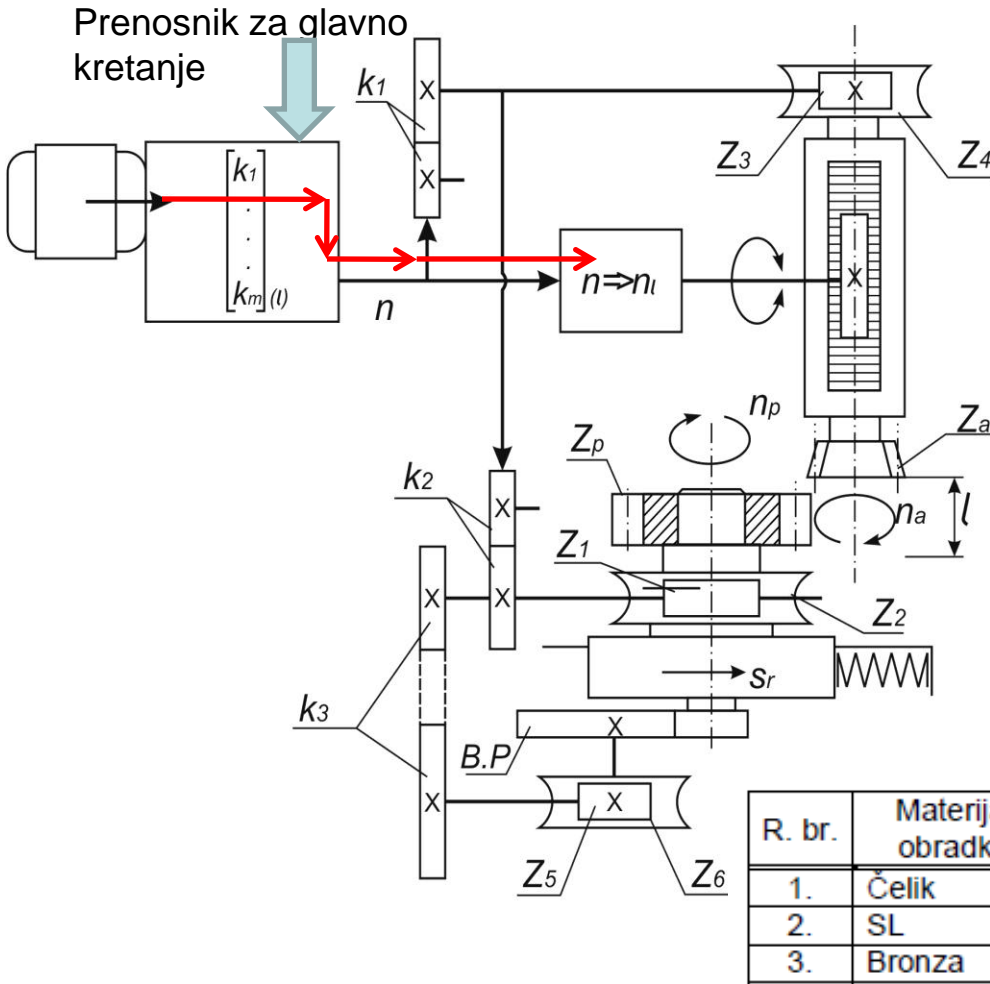
Pri izradi zupčanika sa pravim zubima potrebna kretanja su:

- ❑ Glavno kretanje v – pravolinijsko vertikalno kretanje alata
- ❑ Obrtanje alata n_a –, tj. pomoćno kretanje što ujedno predstavlja prvu komponentu relativnog kotrljanja.
- ❑ Obrtanje radnog predmeta n_p – pomoćno kretanje, što je druga komponenta relativnog kotrljanja
- ❑ Pomoćno kretanje – radijalno primicanje radnog predmeta ka alatu



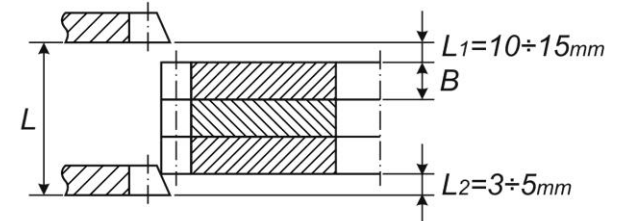
5.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS

Glavno kretanje



$$V = 2 \cdot L \cdot n_L$$

$$n_L = n$$



$$L = L_1 + i \cdot B + L_2$$

Dužina hoda

Srednja brzina rezanje

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_m \end{bmatrix} = 2 \cdot L \cdot n_0 \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \end{bmatrix}_L$$

R. br.	Materijal obradka	Brzina rezanja [m/min]
1.	Čelik	12÷20
2.	SL	15
3.	Bronza	30

Pretvaranje obrtnog u pravolinijsko kretanje **krivajnim mehanizmom i zupčanikom i zupčastom letvom**

5.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS

Pomoćno kretanje - prva komponenta relativnog kotrljanja – obrtanje alata

$$n_a = n \cdot k_1 \cdot \frac{Z_3}{Z_4}$$

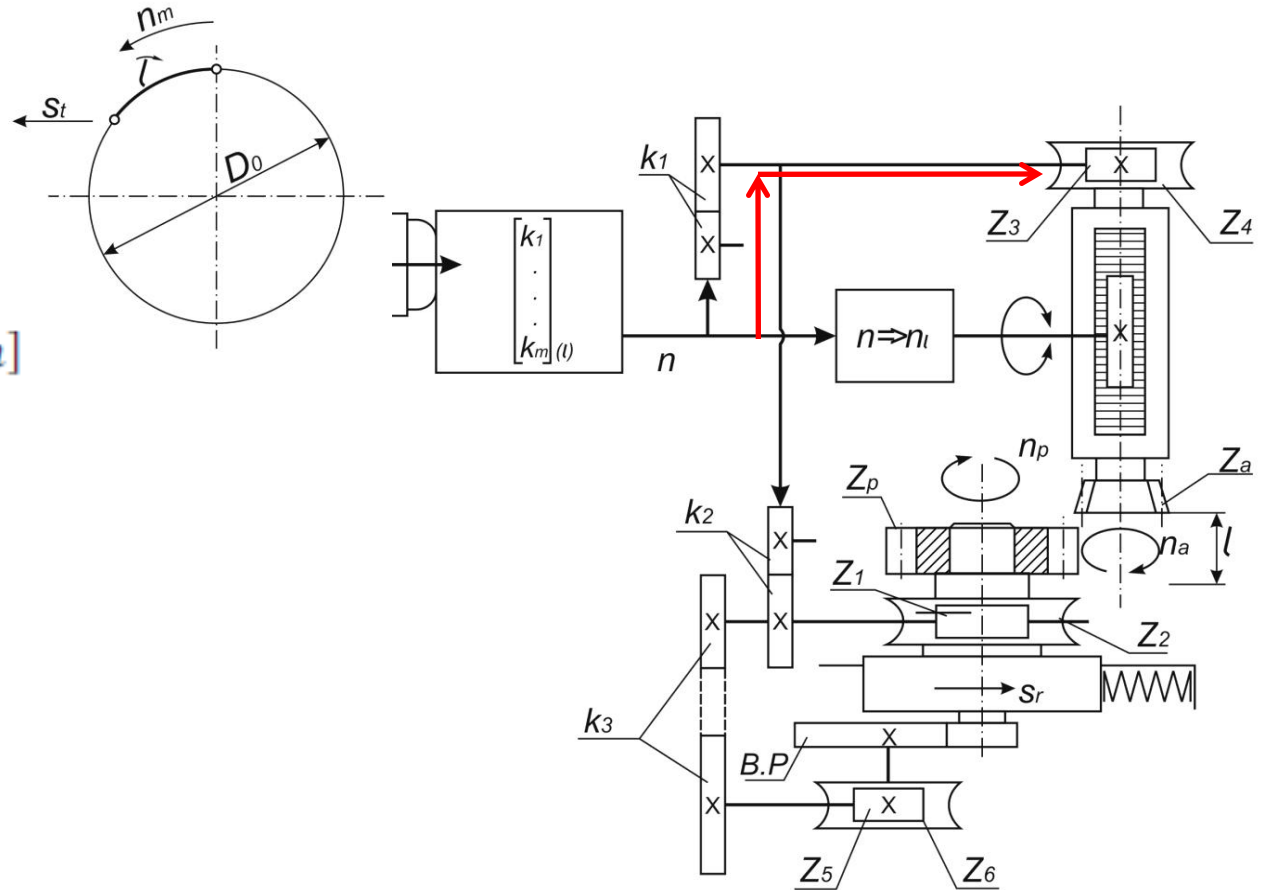
$$\hat{l} = s_t = D_{0ALATA} \cdot \pi \cdot n_a$$

$$s_t = (0,1 \div 0,35) \text{ [mm/dh]}$$

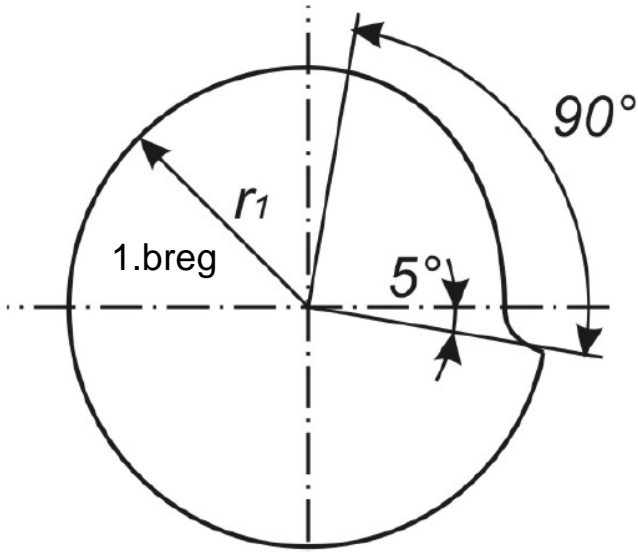
$$n_a = \frac{s_t}{D_{0A} \cdot \pi}$$

$$\frac{s_t}{D_{0A} \cdot \pi} = 1 \cdot k_1 \cdot \frac{Z_3}{Z_4}$$

$$k_1 = \frac{a_1}{b_1} \longrightarrow \frac{a_1}{b_1} = k_1 = \frac{s_t}{D_{0A} \cdot \pi} \cdot \frac{Z_4}{Z_3}$$



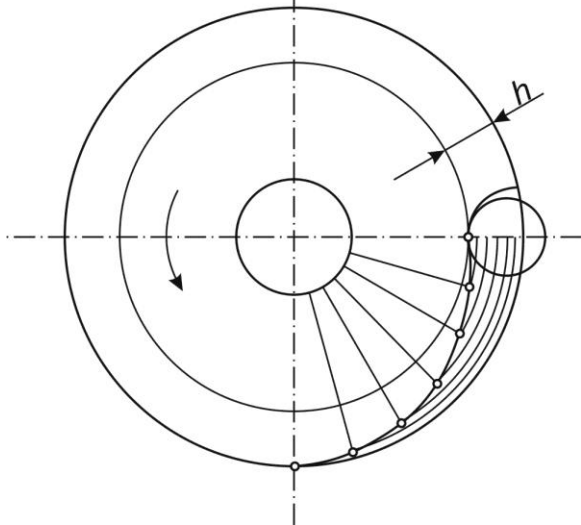
5.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS



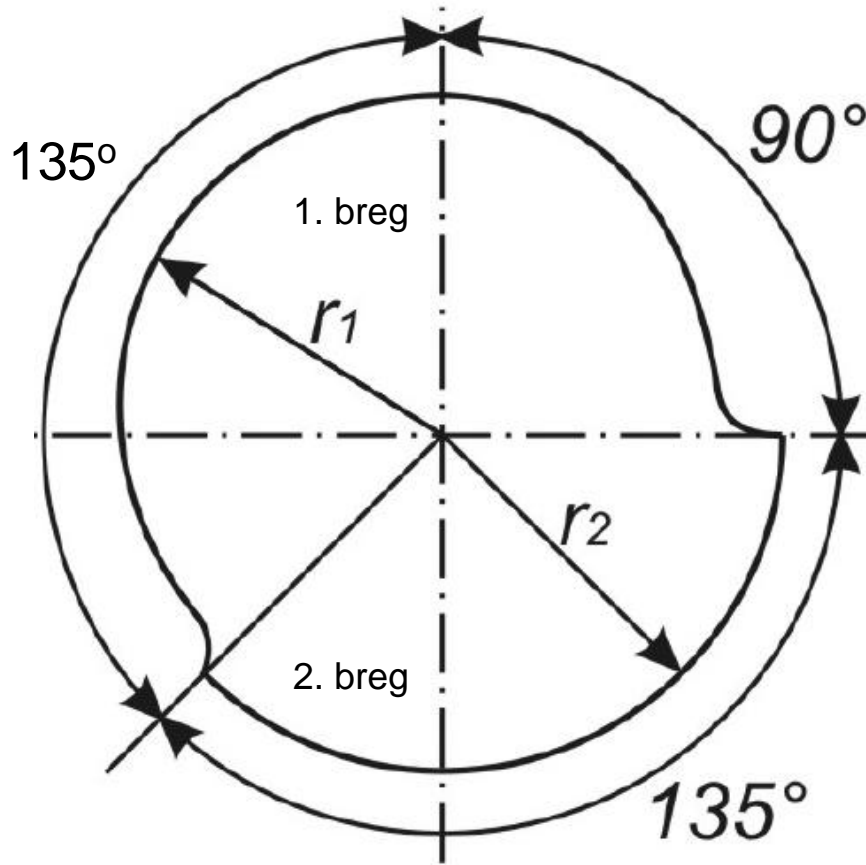
Bregasta ploča sa jednim bregom:
(izrada ozubljenja u jednom prolazu)

$$\frac{270^\circ}{360^\circ + (3^\circ \div 5^\circ)} = \frac{z_2}{z_1} \cdot k_3 \cdot \frac{z_5}{z_6}$$

$$k_3 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_6}{z_5} \cdot \frac{270^\circ}{360^\circ + (3^\circ \div 5^\circ)}$$



Rendisaljka za zupčanike tipa FELLOWS

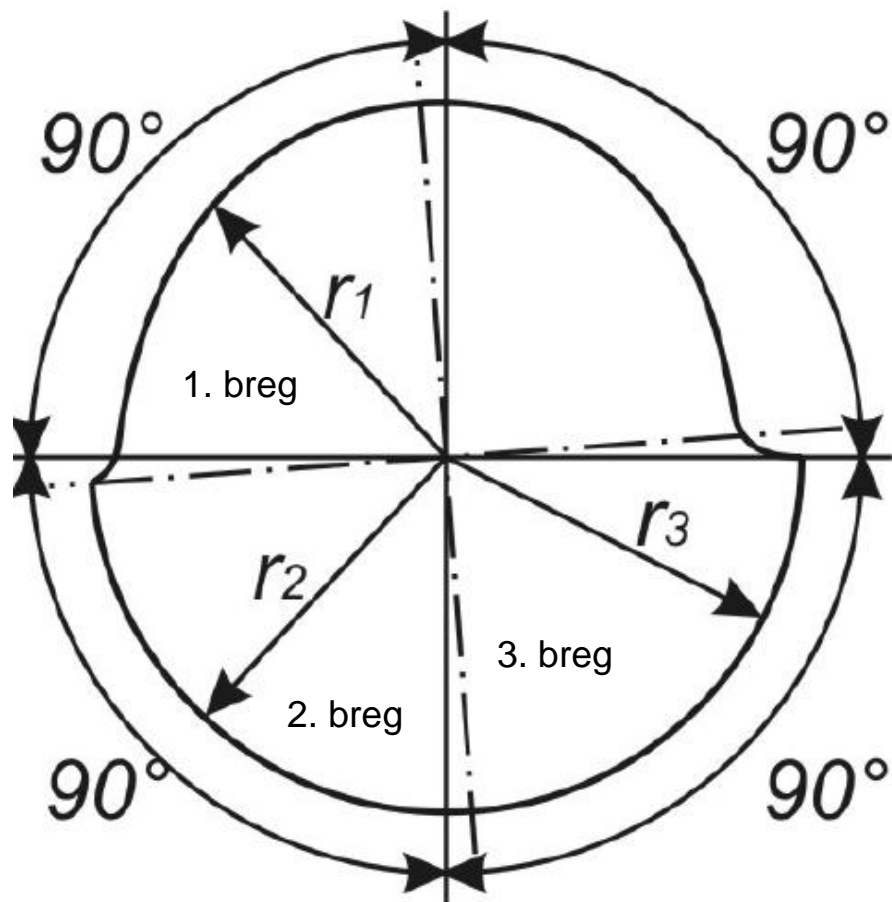


Bregasta ploča sa dva brega:
(izrada ozubljenja u dva prolaza)

$$k_3 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_6}{z_5} \cdot \frac{135^\circ}{360^\circ + (3^\circ \div 5^\circ)}$$

5.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS

Rendisaljka za zupčanike tipa FELLOWS



Bregasta ploča sa tri brega:
(izrada zupčanika u tri prolaza)

$$k_3 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_6}{z_5} \cdot \frac{90^\circ}{360^\circ + (3^\circ \div 5^\circ)}$$

5.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS

Prednosti u odnosu na metodu Maag:

- kraće vreme obrade i veća tačnost (nije obrada ozubljenja u segmentima);
- mogućnost izrade unutrašnjeg ozubljenja;

Nedostaci:

- komplikovaniji i skuplji alat

FTN - DPM - LAMA

Predmet: Obradni i tehnološki sistemi

Novi Sad, OKTOBAR 2021.

4.0 KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

Sadržaj

4.0. KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

4.3 Kinematska struktura mašina alatki za realizaciju složenih – profilnih površina

4.3.1 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa MAAG

4.3.2 Kinematska struktura rendisaljki za zupčanike tipa FELLOWS

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

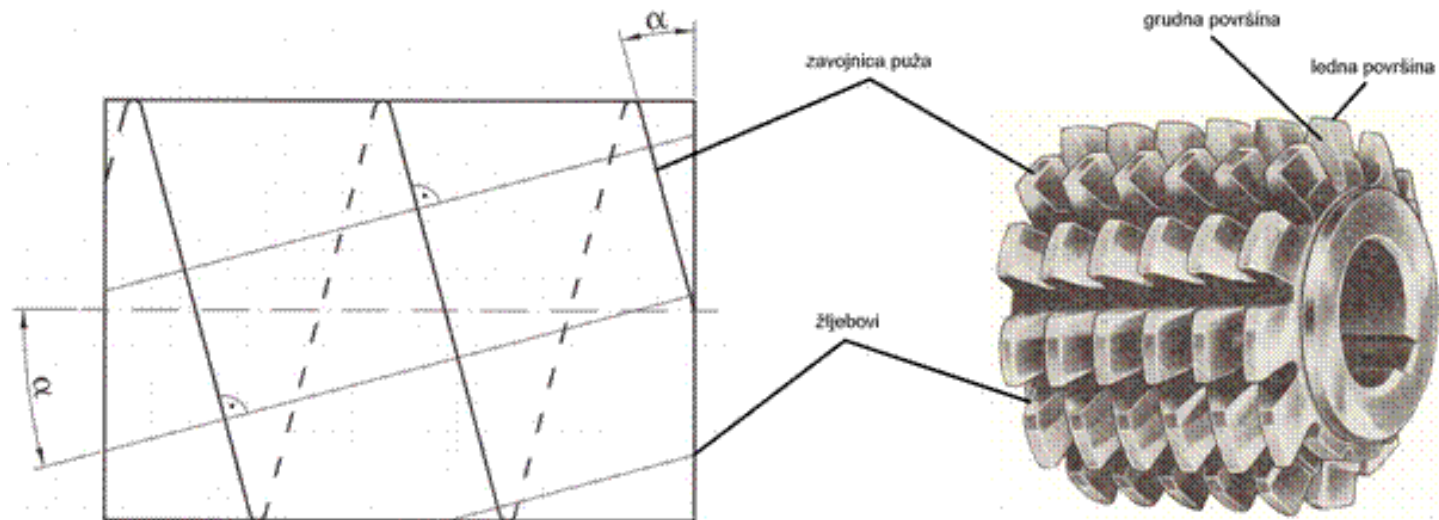
Sadržaj

**KINEMATSKA STRUKTURA MAŠINA ZA IZRADU
OZUBLJENJA PO METODI RELATIVNOG
KOTRLJANJA NA OSNOVU SPREZANJA ALATA I
OBRADKA PO PRINCIPU PUŽ – PUŽNI TOČAK
(tzv. PFAUTER metoda)**

- 1. Uvodne napomene**
- 2. Izrada cilindričnih zupčanika**
- 3. Izrada pužnih točkova**

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

- ❑ Izrada zupčanika glodanjem po principu relativnog kotrljanja ostvaruje se na specijalnoj glodalici tipa PFAUTER.
- ❑ Alat u ovom slučaju ima oblika puža, čija je osnovna geometrija zavojnica na obimu cilindra.
- ❑ Obzirom da takav oblik nema reznú geometriju, ova zavojnica je izpresecana žljebovima (pod pravim uglom).
- ❑ Na taj način su stvoreni zubi alata sa svojom grudnom površinom.
- ❑ Zavojnica puža predstavlja leđnu površinu zuba.
- ❑ Da bi se i posle oštrenja alata po grudnoj površini sačuvao profil zavojnice, leđna površina je oblikovana u vidu Arhimedove spirale leđnim struganjem.



4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Osnovni parametri puža, tj. alata su:

- ugao zavojnice: α (što je ujedno i ugao žljebova, koji su takođe zavojni)
- broj početaka zavojnice: i_a
- smer zavojnice: Desni (D), ili Levi (L)
- profil zavojnice: u zavisnosti od profila ozubljenja.

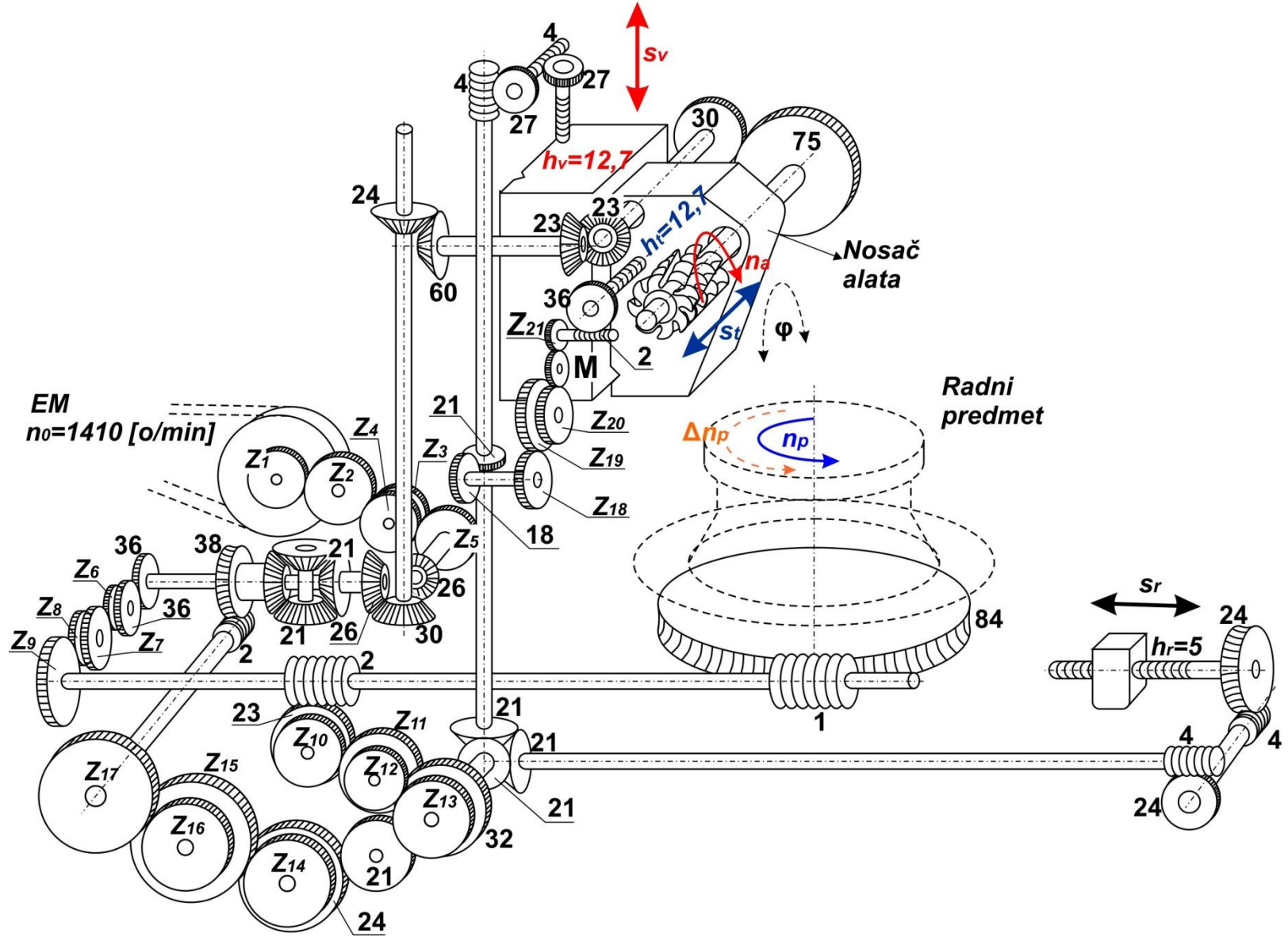
Alat prema svojoj geometriji, predstavlja glodalo i naziva se pužno, ili pužasto, odnosno **ODVALNO** glodalo, a mašina **ODVALNA GLODALICA**

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

- ❑ Kod ovih mašina alatki se pored **glavnog obrtnog kretanja koje izvodi alat**, u zavisnosti od obrade javlja više pomoćnih kretanja.
- ❑ Raspoloživa kretanja na mašinama koje rade po metodi PFAUTER:
 - **Glavno kretanje** – obrtanjem alata (n_a) se obezbeđuje brzina rezanja "v" na prečniku D_a , tj. $n_a = v / (\pi D_a)$
- ❑ **Pomoćna kretanja**
 - **Obrtanjem predmeta (n_p)** – se obezbeđuje relativno kotrljanje sa alatom, a dopunskim obrtanjem (Δn_p) se ono, u slučaju potrebe, koriguje.
 - **Vertikalni pomak (s_v)** – obezbeđuje se osnovnim klizačem preko zavojnog vretena koraka h_v . Na njemu je još jedan klizač (poprečni klizač) koji se može zakretati za ugao φ (ugao naginjanja alata)
 - **Tangencijalni pomak (s_t)** – ("tangencijalni" se zove zato što pri uglu $\varphi = 0$ obezbeđuje kretanje u pravcu tangente na radni predmet). Ovaj klizač se pokreće zavojnim vretenom koraka h_t .
 - **Radijalni pomak (s_r)** – obezbeđuje kretanje radnog predmeta u pravcu alata (radijalni pravac u odnosu na obradak) pomoću klizača, čiji je pogon zavojno vreteno koraka h_r .

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Kinematska struktura glodalice za zupčanike Pfauter



4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

- Brzina rezanja $v \left[\frac{m}{\text{min}} \right]$

materijal obradka	$v \left[\frac{m}{\text{min}} \right]$
čelik $\sigma_M < 600 \text{ MPa}$	25 ÷ 40
čelik $\sigma_M > 600 \text{ MPa}$	20 ÷ 30
sivi liv	16 ÷ 21
bronza	25 ÷ 50

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

- Vertikalni pomak – $s_v \left[\frac{mm}{o} \right]$ - Tangencijalni pomak – $s_t \left[\frac{mm}{o} \right]$

$$s_v = (0,5 \div 4) \left[\frac{mm}{o} \right] \qquad s_t = (0,2 \div 1,8) \left[\frac{mm}{o} \right]$$

- Radijalni pomak – $s_r \left[\frac{mm}{o} \right]$

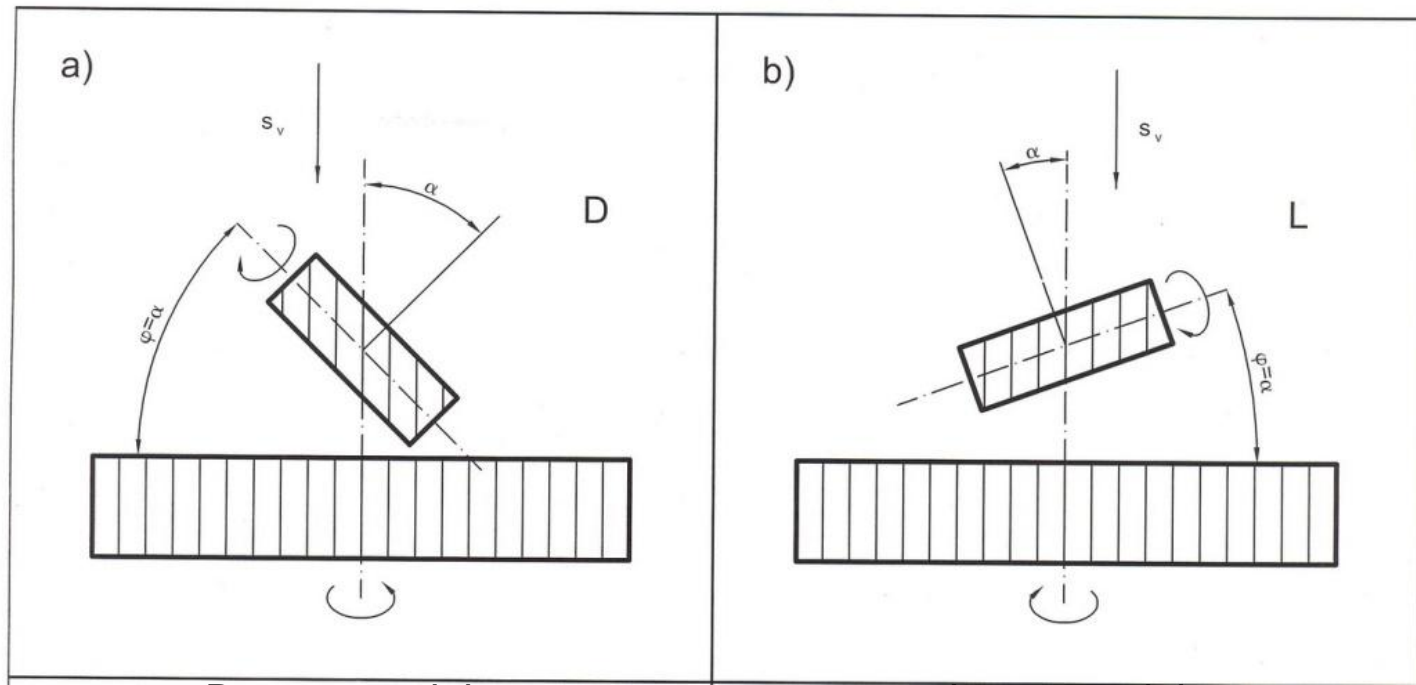
$$s_r = (0,3 \div 1,25) \left[\frac{mm}{o} \right]$$

Napomena: Svi pomaci su parametri obrade koji se usvajaju u zavisnosti od zahtevanog kvaliteta obrađene površine (manji pomak – bolji kvalitet). Jedinice pomaka su $[mm/o]$ što znači $[mm/1obrtu\ radnog\ predmeta]$, dakle ove veličine se odnose za slučaj $n_p = 1$.

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada zupčanika sa pravim zubima

- ❑ U slučaju izrade cilindričnih zupčanika sa spoljašnjim ozubljenjem profil zavojnice alata je oblika zuba zupčaste letve (pravi bokovi pod uglom 20°).
- ❑ Pri izradi zupčanika sa pravim zubima osa alata je nagnuta u odnosu na ravan podeonog kruga zupčanika za ugao nagiba zavojnice glodala (α), da bi se pri vertikalnom kretanju alata poklopili pravci zavojnice alata i zuba zupčanika.



Desna zavojnica

Leva zavojnica

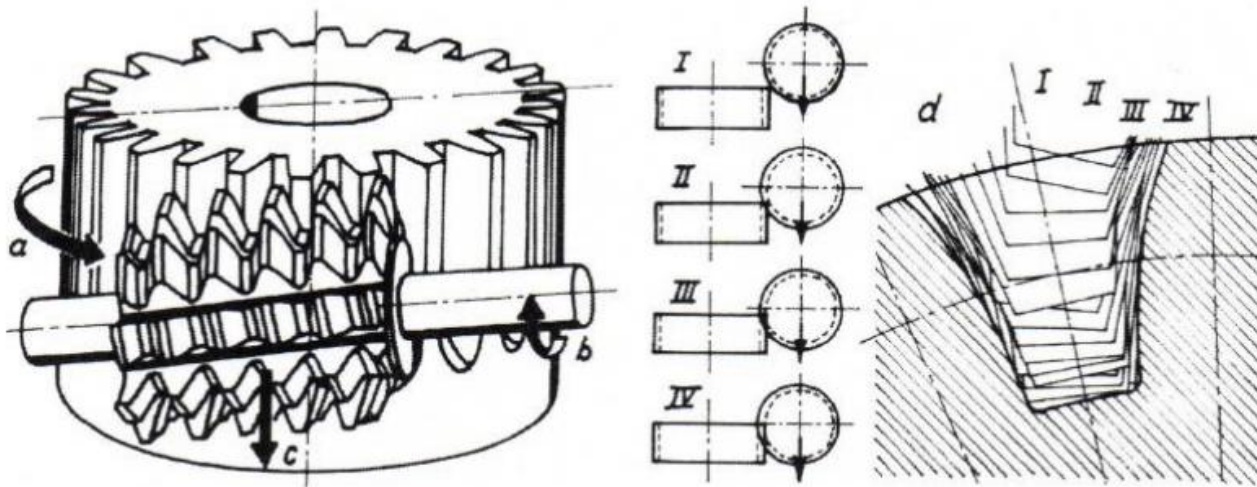
Ugao nagninjanja alata (φ) = uglo nagiba zavojnice glodala (α)

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada zupčanika sa pravim zubima

Pri izradi zupčanika sa pravim zubima potrebna kretanja su:

- obrtanje alata (glodala) n_a – , tj. glavno kretanje, što ujedno predstavlja i jednu komponentu relativnog kotrljanja
- obrtanje predmeta n_p – , tj. pomoćno kretanje, što je druga komponenta relativnog kotrljanja
- vertikalno kretanje – pomak s_v , tj. pomoćno kretanje da bi se zupčanik obradio po celoj širini.



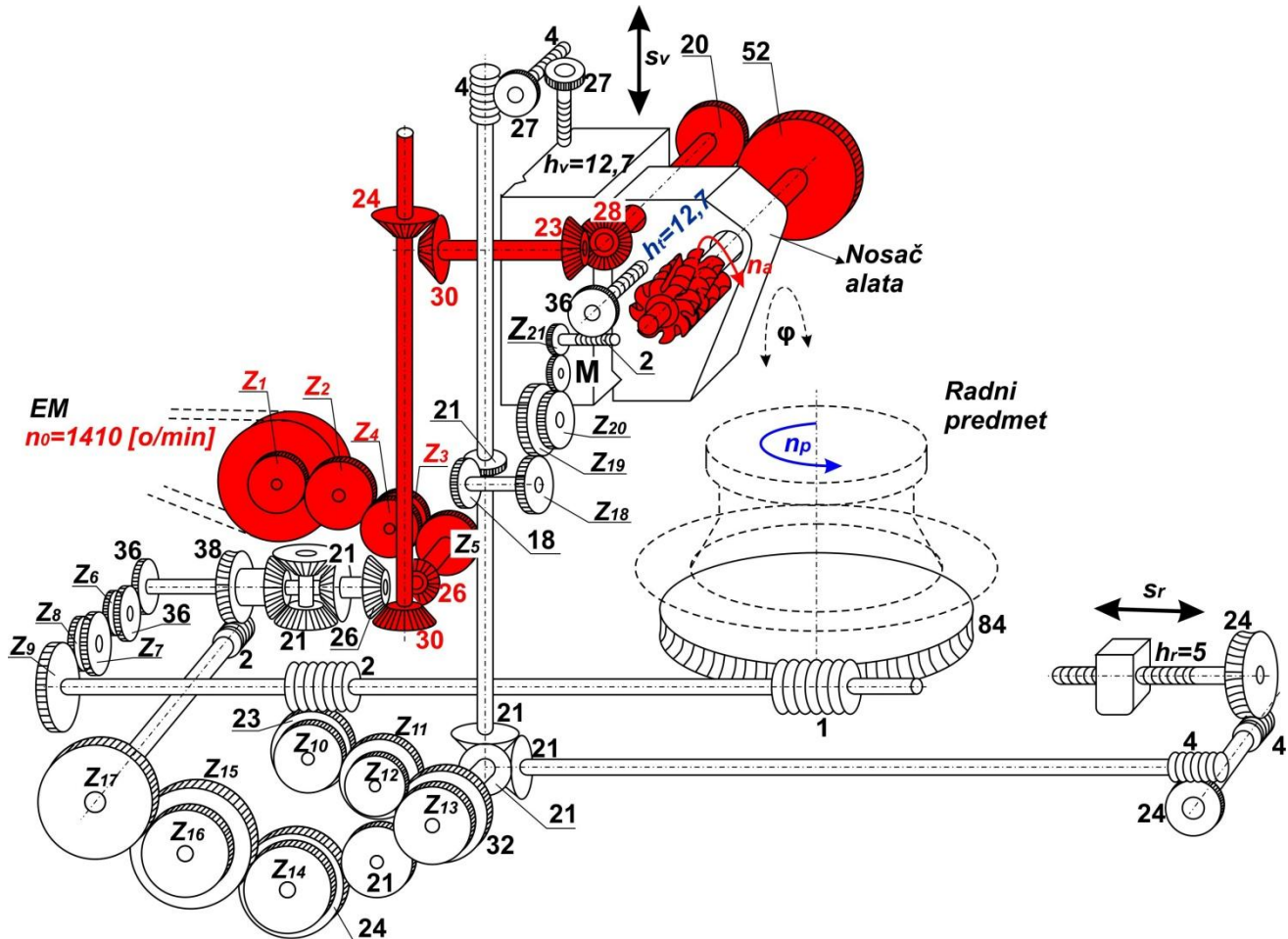
- Pri jednom obrtu radnog predmeta, alat se mora okrenuti Z puta, ako je Z broj zuba zupčanika koji se izrađuje, i ako alat ima jednu zavojniciu.

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada zupčanika sa pravim zubima

- $z_p = (30)$;
- Prečnika alata D_a , zavojnica sa jednim početkom $i_a=1$

Glavno kretanje – obrtanja alata



4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Glavno kretanje – obrtanja alata

1) Glavno kretanje: obrtanje alata – n_a

(to je ujedno i jedna komponenta relativnog kotrljanja)

$$n_a = n_0 \cdot k_{uk} = n_0 \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{z_4}{z_5} \cdot \frac{26}{30} \cdot \frac{24}{30} \cdot \frac{23}{28} \cdot \frac{20}{52} \quad ; \quad (z_2 \text{ je međuzupčanik})$$

sa druge strane je:

$$n_a = \frac{v}{D_a \cdot \pi} \text{ ,pa je } \frac{v}{D_a \cdot \pi} = n_0 \cdot \frac{z_1}{z_3} \cdot \frac{z_4}{z_5} \cdot \frac{26}{30} \cdot \frac{24}{30} \cdot \frac{23}{28} \cdot \frac{20}{52}$$

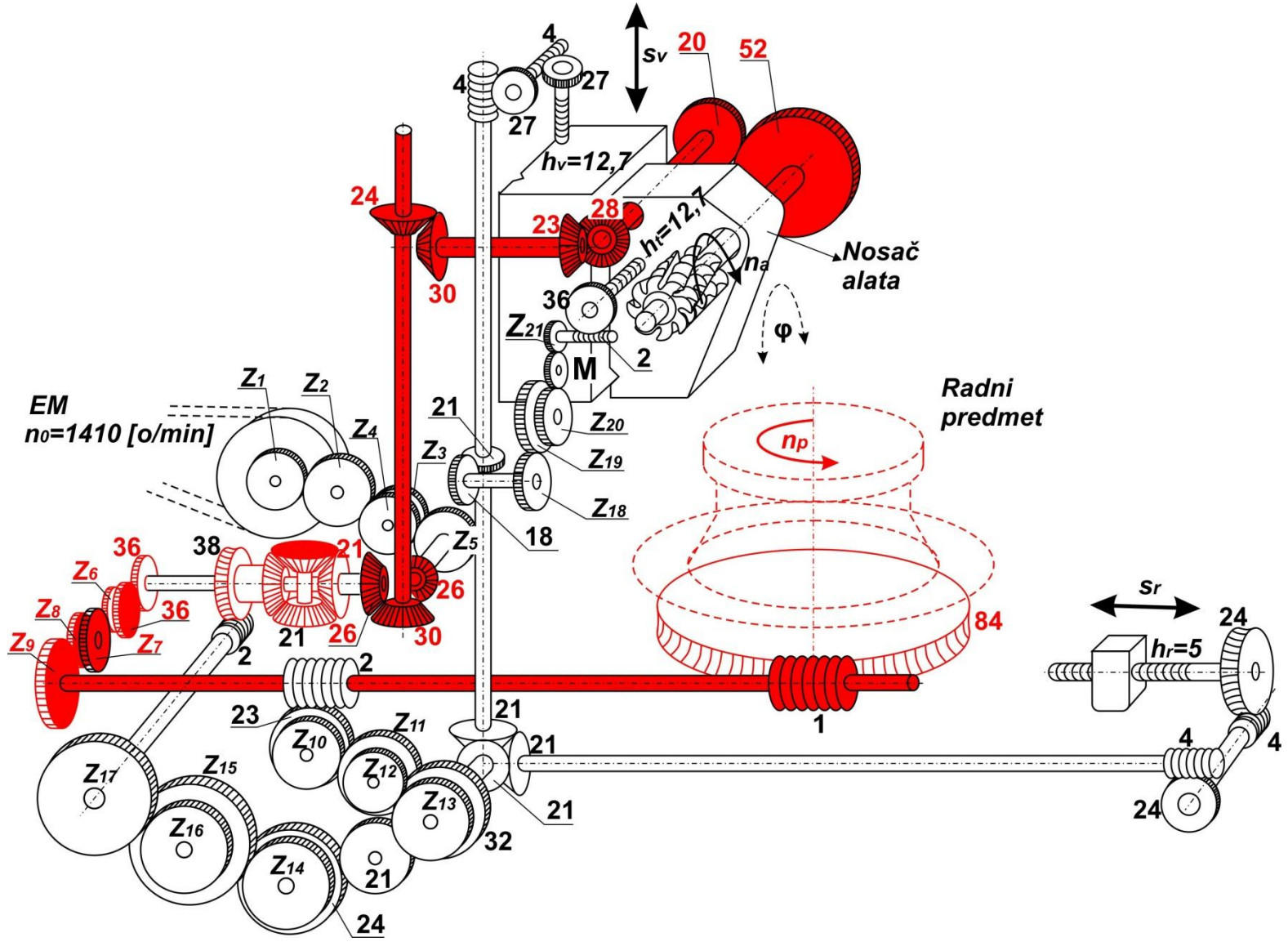
Ovde su nepoznati izmenljivi zupčanici $z_1 \div z_5$:

$$\frac{z_1}{z_3} \cdot \frac{z_4}{z_5} = \frac{v}{D_a \cdot \pi \cdot n_0} \cdot \frac{30}{26} \cdot \frac{30}{24} \cdot \frac{28}{23} \cdot \frac{52}{20} = \frac{20}{(0,06) \cdot \pi \cdot 1410} \cdot \frac{30}{26} \cdot \frac{30}{24} \cdot \frac{28}{23} \cdot \frac{52}{20}$$

$$\frac{z_1}{z_3} \cdot \frac{z_4}{z_5} = 0,3435 \quad (\text{nije potrebna visoka tačnost pri izračunavanju})$$

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Pomoćno kretanje – obrtanja radnog predmeta



4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Pomoćno kretanje – obrtanja radnog predmeta

2) Pomoćno kretanje: obrtanje predmeta – n_p

(to je ujedno i druga komponenta relativnog kotrljanja)

Obzirom da komponente relativnog kotrljanja moraju biti sinhronizovane, tj. kinematski usklađene, sledi:

$$n_p = n_a \cdot k_{uk} \quad , tj. \quad k_{uk} = \frac{v}{n_a}$$

Odnos broja obrtaja predmeta i alata jednak je recipročnoj vrednosti njihovih brojeva zuba, tj. broja početaka ako je u pitanju puž – što je ovde slučaj sa alatom.

Dakle:

$$\frac{n_p}{n_a} = \frac{i_a}{z_p} \quad , \text{ pa prema tome sledi:}$$

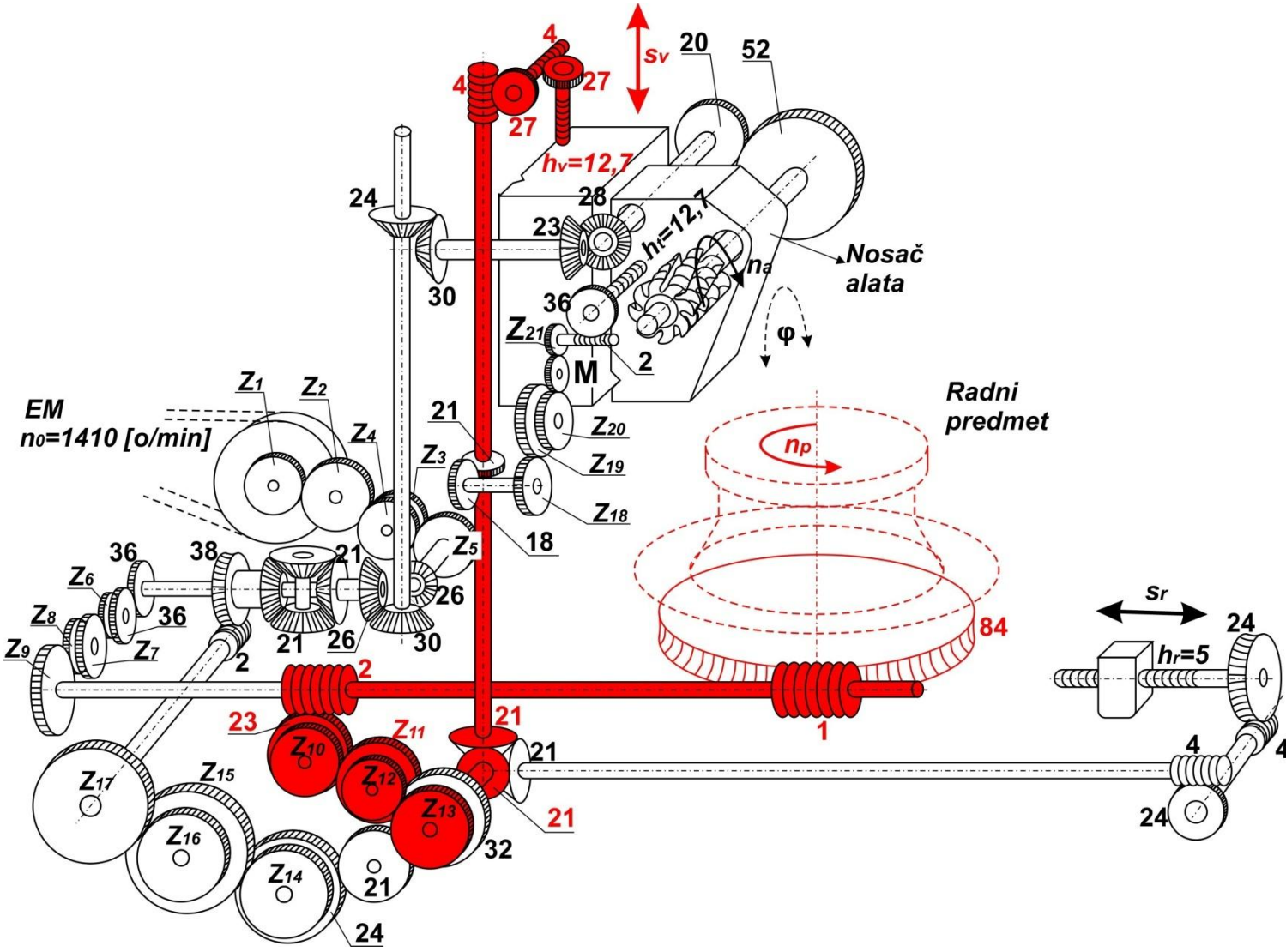
$$k_{uk} = \frac{n_p}{n_a} = \frac{i_a}{z_p} = \frac{1}{30} = \frac{52}{20} \cdot \frac{28}{23} \cdot \frac{30}{24} \cdot \frac{30}{26} \cdot k_d \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{z_6}{z_7} \cdot \frac{z_8}{z_9} \cdot \frac{1}{84}$$

Izmenljivi zupčanici $z_6 \div z_9$ moraju se odrediti sa APSOLUTNOM TAČNOŠĆU, obzirom da je ovo kinematski lanac relativnog kotrljanja. Rešenje se u ovakvim slučajevima nalazi skraćivanjem ili proširivanjem razlomaka sve dok se ne dobije proizvod dva količnika brojeva u opsegu $20 \div 100$. U skladu sa tim je:

$$\frac{z_6}{z_7} \cdot \frac{z_8}{z_9} = \frac{1}{30} \cdot \frac{20}{52} \cdot \frac{23}{28} \cdot \frac{24}{30} \cdot \frac{26}{30} \cdot (-1) \cdot \frac{84}{1}$$

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Pomoćno kretanje – vertikalni pomak alata



4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Pomoćno kretanje – vertikalni pomak alata

3) Pomoćno kretanje: vertikalni pomak – s_v

$$s_v = h_v \cdot n_v \left[\frac{mm}{o} \right] \Rightarrow \left[\frac{mm}{1 \text{ obrtu predmeta}} \right]$$

Očigledno je da ovo kretanje mora biti u kinematskoj vezi sa obrtanjem predmeta " n_p " i to baš za slučaj $n_p = 1$. Stoga je:

$$s_v = h_v \cdot n_p \cdot k_{uk} = h_v \cdot n_p \cdot \frac{84}{1} \cdot \frac{2}{23} \cdot \frac{z_{10}}{z_{11}} \cdot \frac{z_{12}}{z_{13}} \cdot \frac{27}{21} \cdot \frac{4}{27} \cdot \frac{4}{27}$$

za preporučeni (ili usvojeni) pomak $s_v = 1 \left[\frac{mm}{o} \right]$ i $h_v = 12,7 [mm]$ je:

$$\frac{z_{10}}{z_{11}} \cdot \frac{z_{12}}{z_{13}} = \frac{1}{12,7} \cdot \frac{1}{84} \cdot \frac{23}{2} \cdot \frac{21}{4} \cdot \frac{27}{4}$$

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Postavljanjem svih izračunatih zupčanika na odgovarajuća mesta na mašini, a skidanjem svih drugih koji u ovom slučaju ne trebaju izradiće se predviđeni cilindrični zupčanik sa pravim zubima.

Pri izradi **cilindričnih zupčanika sa kosim zubima** neophodna su sva tri razmatrana kretanja, a zbog jedine razlike u kosini zuba, potrebno je još neko, **dopunsko obrtanje obradka.**

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

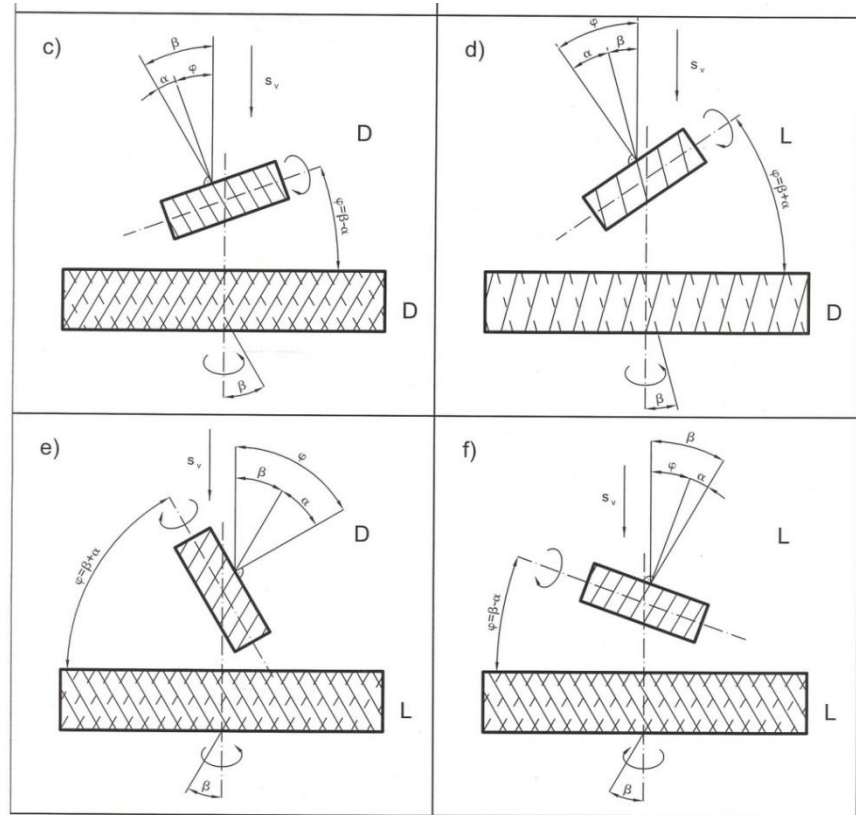
Izrada zupčanika sa kosim zubima

Ugao naginjanja ose alata u odnosu na ravan podeonog kruga zupčanika φ – zavisi od ugla zavojnice alata i pravca zuba zupčanika (obzirom da oni mogu biti, osim pravih i sa kosim zubima – pod uglom β).

Postupak izrade kosih zuba se razlikuje od prethodnog po tome što se pri nagibu ose alata uzima u obzir i ugao zuba zupčanika koji se izrađuje.

Skice prikazuju naginjanje alata smera zavojnice desnog (D) (c i e) i levog (L) (d i f) pri izradi **zupčanika sa kosim zubima** i to desnog smera (D) (c i d), odnosno levog (L) (e i f). Prema tome ugao naginjanja – φ je:

Sl.3	Smer zuba zupčanika	-	Smer zavojnice alata	Ugao naginjanja
c)	D	-	D	$\varphi = \beta - \alpha$
f)	L	-	L	
d)	D	-	L	$\varphi = \beta + \alpha$
e)	L	-	D	



4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada zupčanika sa kosim zubima

- ❑ Zaključak je da je pri istim smerovima potreban manji ugao zakretanja – φ , nego u slučajevima različitih smerova zuba zupčanika i zavojnice alata.
- ❑ Proces obrade – rezanja, nesmetano se odvija do ugla naginjanja alata oko $(22\div 23)^\circ$, tako da je u slučaju izrade zupčanika sa kosim zubima, većeg ugla β poželjno, a nekad i neophodno, ozubljenje vršiti alatom istog smera zavojnice kako bi se naginjanje alata što više smanjilo.
- ❑ Osnovni oblik alata je sa desnom zavojnicom, ali zbog pomenutih razloga postoje i sa levom zavojnicom.
- ❑ Što se tiče broja početaka zavojnice alata (i_a), osnovni oblik je sa $i_a = 1$. Obzirom da kod istog prečnika alata povećanje broja početaka dovodi do povećanja ugla α (što povoljno utiče na smanjenje ugla naginjanja alata – φ kod istih smerova) postoje i alati sa zavojnicama sa više početaka.

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada zupčanika sa kosim zubima

Potrebna kretanja su, kao i uslučaju izrade zupčanika sa pravim zubima:

- obrtanje alata
 - obrtanje predmeta
 - vertikalni pomak
- } (za ova kretanja naznačeni kinematski lanci su isti kao kod izrade prvih zuba
- **dopunsko obrtanje predmeta, zbog kosih zuba**

1) Glavno kretanje: obrtanje alata – n_a
(to je ujedno i jedna komponenta relativnog kotrljanja)

$$n_a = \frac{v}{D_a \cdot \pi} = n_0 \cdot k_{uk}$$

2) Pomoćno kretanje: obrtanje predmeta – n_p
(što je druga komponenta relativnog kotrljanja)

$$n_p = n_a \cdot k_{uk} \quad ,tj. \quad k_{uk} = \frac{n_p}{n_a} = \frac{i_a}{z_p}$$

Ovaj kinematski lanac se rešava na potpuno isti način kao i u primeru br.1.

3) Pomoćno kretanje: vertikalni pomak – s_v

$$s_v = h_v \cdot n_v = h_v \cdot n_p \cdot k_{uk}$$

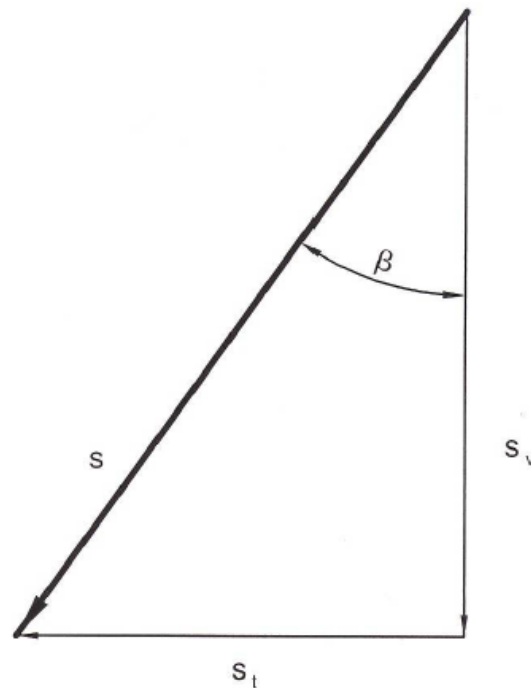
4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada zupčanika sa kosim zubima

4) Pomoćno kretanje: dopunsko obrtanje predmeta – Δn_p

Zbog kosih zuba se alat u odnosu na predmet mora kretati ne vertikalno nego koso – pod uglom β . Ovakvo kretanje se kao rezultujuće, ostvaruje pomoću dve komponente:

- vertikalno kretanje s_v
- horizontalno kretanje s_t koje se naziva i "tangencijalno", jer se poklapa sa pravcem tangente na predmet.

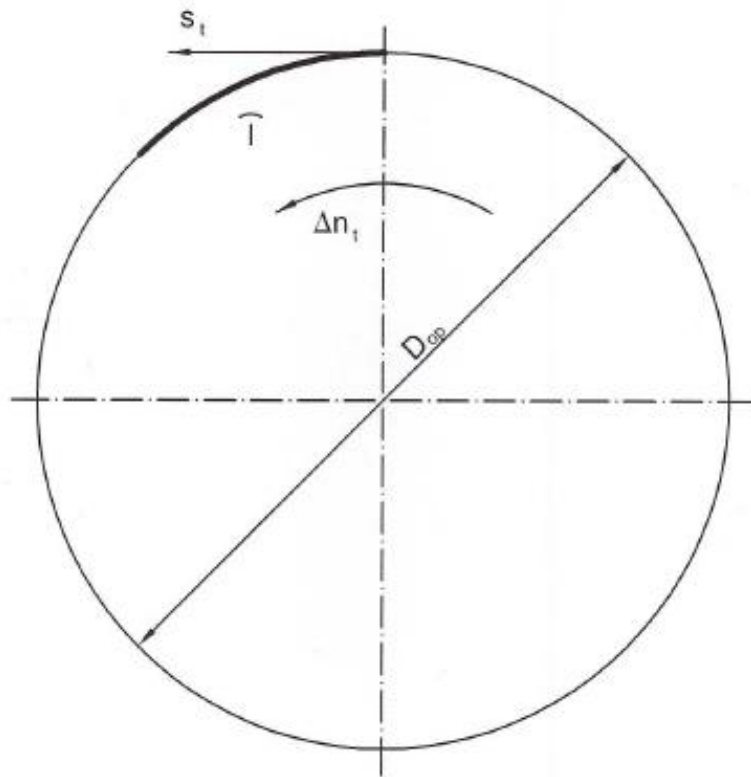


$$s_t = s_v \cdot \operatorname{tg} \beta = h_v \cdot n_v \cdot \operatorname{tg} \beta$$

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada zupčanika sa kosim zubima

Komponenta s_t se ne može ostvariti kretanjem alata jer je on nagnut za ugao zakretanja $-\varphi$ u odnosu na pravac tangente na predmet, već se to dobija dopunskim obrtanjem predmeta $-\Delta n_p$ ("dopunsko" je, jer obrtanje n_p već postoji kao komponenta relativnog kotrljanja).



$$s_t = \hat{l} = D_{op} \cdot \pi \cdot \Delta n_p$$

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada zupčanika sa kosim zubima

Iz jednakosti kretanja s_t prema navedene dve skice je:

$$h_v \cdot n_v \cdot \operatorname{tg} \beta = D_{op} \cdot \pi \cdot \Delta n_p, \text{ odnosno:}$$

$$\frac{\Delta n_p}{n_v} = \frac{h_v \cdot \operatorname{tg} \beta}{D_{op} \cdot \pi} = k_{uk}$$

Taj kinematski lanac naznačen je na kinematskoj strukturi mašine, i odatle sledi:

$$k_{uk} = \frac{h_v \cdot \operatorname{tg} \beta}{D_{op} \cdot \pi} = \frac{27}{4} \cdot \frac{27}{4} \cdot \frac{21}{27} \cdot \frac{32}{27} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{z_{14}}{z_{15}} \cdot \frac{z_{16}}{z_{17}} \cdot \frac{2}{38} \cdot k_d \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{z_6}{z_7} \cdot \frac{z_8}{z_9} \cdot \frac{1}{84}$$

U ovom izrazu je sve poznato, osim izmenljivih zupčanika $z_{14} \div z_{17}$, tj.:

$$h_v = 12,7 \text{ mm}; \beta = 12^\circ; D_{op} = m \cdot z_p = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot z_p = \frac{2}{\cos 12^\circ} \cdot 30; k_d = 2 \quad (\text{II tip diferencijala});$$

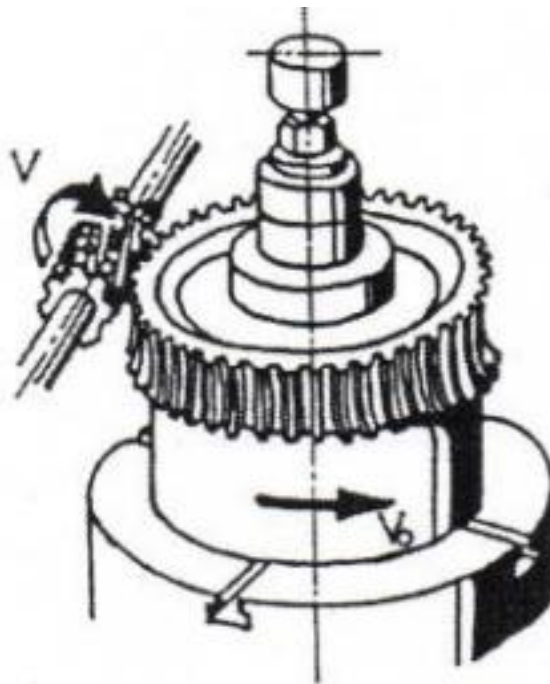
4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

- Izrada **zupčanika sa unutrašnjim ozubljenjem NE MOŽE** se vršiti na ovoj mašini.
- Izrada drugih ozubljenih predmeta kao što su **ožljebljena vratila, lančanici i zupčaste spojnice izvodi se na isti način kao zupčanici sa pravim zubima** (obzirom da su zubi na navedenim predmetima pravi).
- Profil zavojnice alata mora, naravno, u tim slučajevima odgovarati profilu zuba predmeta, tj. nema više oblik zuba zupčaste letve.
- Izrada pužnih točkova moguća je na ovakvim mašinama – odvalnim glodalicama.

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada pužnih točkova

- ❑ Pužni točkovi se izrađuju posredstvom odvalnog glodala čija je osa horizontalna i leži u ravni simetrije pužnog točka koji se izrađuje.
- ❑ U ovom slučaju je položaj alata i predmeta istovetan položaju koji imaju pri sprezanju puž i pužni točak.
- ❑ Pri izradi pužnih točkova potrebno je osu alata dovesti do sredine predmeta (bez naginjanja).

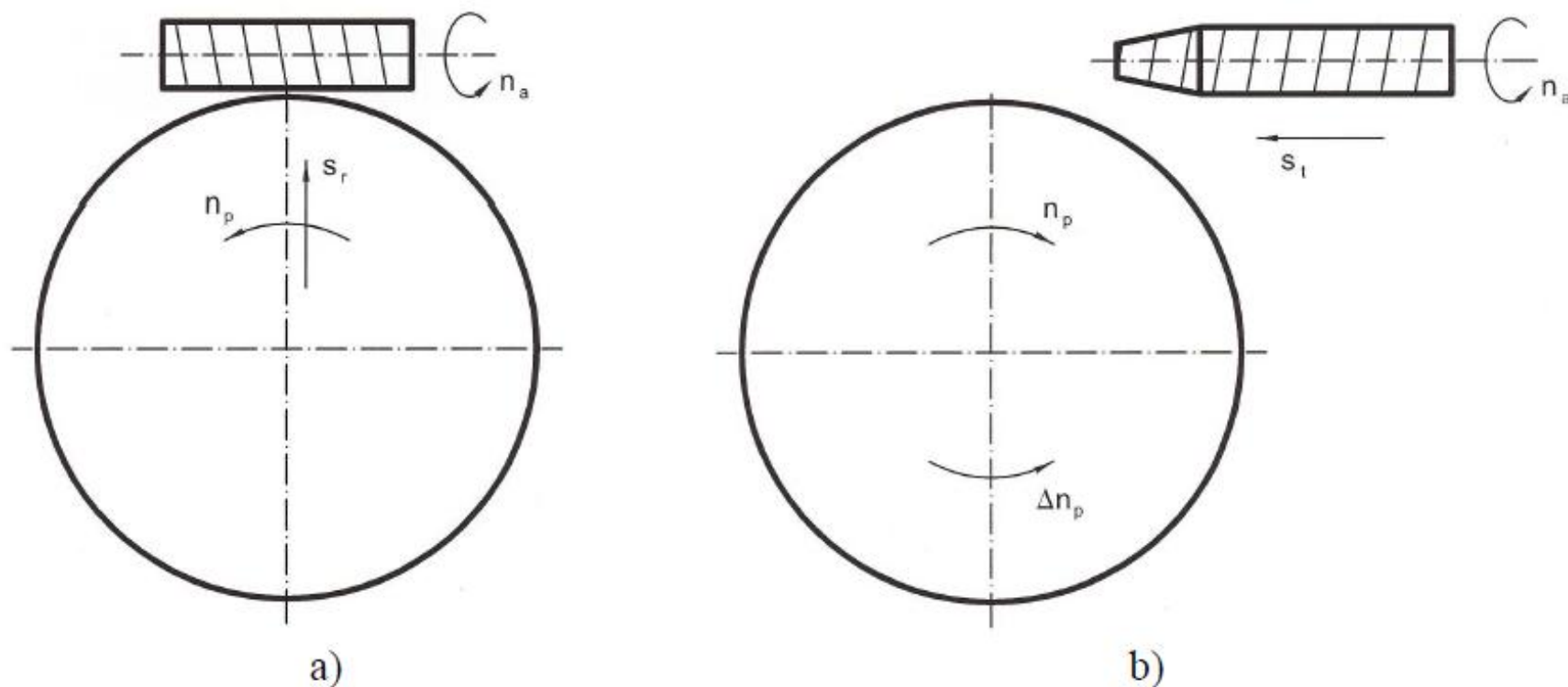


4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčnike tipa PFAUTER

Izrada pužnih točkova

Pri početku obrade nastaje međusobno primicanje alata i radnog predmeta, pri čemu se razlikuju dve osnovne metode rada:

- radijalna i*
- tangencijalna.*



Sl. 6

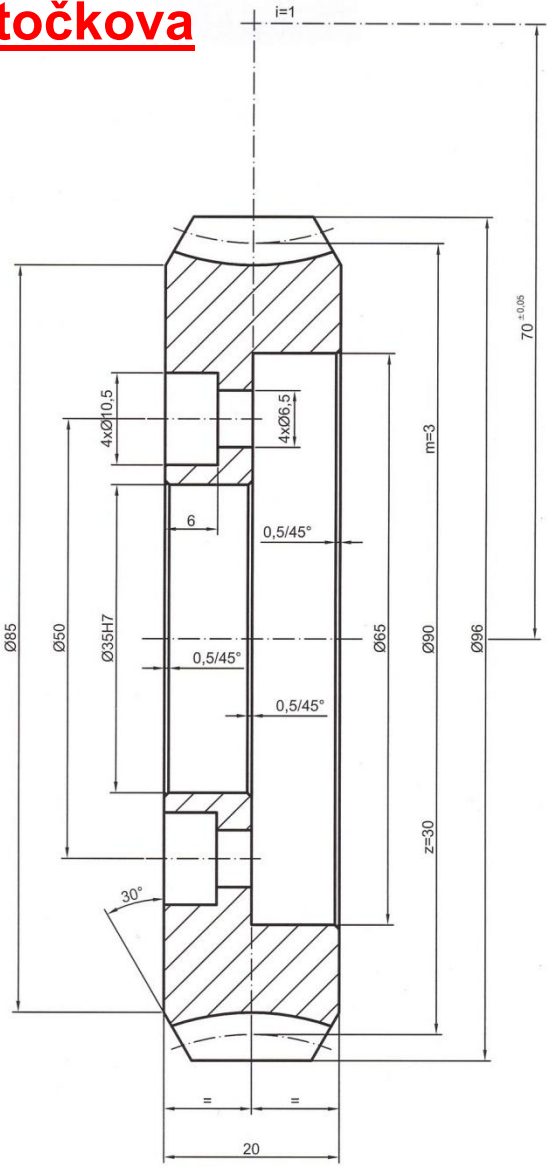
4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada pužnih točkova

- ❑ Pomaci s_r i s_t su parametri obrade, tj. tehnološki parametri koji se usvajaju u zavisnosti od predviđenog (zahtevanog) kvaliteta obrađene površine.
- ❑ Razmatranje kinematskih lanaca pojedinih kretanja, uz određivanje brojeva zuba izmenljivih zupčanika, izvešće se za slučaj izrade pužnog točka prikazanog na sledećoj slici i to radijalnom i tangencijalnom metodom, na odvalnoj glodalici kinematske strukture date ranije.
- ❑ Napominje se da alat (odvalno glodalo) mora biti identično pužu sa kojim će se predmet (pužni točak) sprežati u eksploataciji.

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Izrada pužnih točkova



Primer pužnog točka

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Radijalna metoda izrade pužnih točkova

Kod radijalne metode se radni predmet radijalno primiče alatu uz istovremeno obrtanje alata i radnog predmeta.

Potrebna kretanja za izradu pužnih točkova radijalnom metodom su:

- obrtanje alata (glodala) – , tj. glavno kretanje, što ujedno predstavlja i jednu komponentu relativnog kotrljanja,
- obrtanje radnog predmeta – , tj. pomoćno kretanje, što je druga komponenta relativnog kotrljanja (uz eventualnu korekciju sa obrtanjem),
- radijalni pomak (pomoćno kretanje) - postepeno ulaženje u zahvat alata i predmeta do sprezanja sa punom dubinom profila zavojnice alata i zuba radnog predmeta

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Radijalna metoda izrade pužnih točkova – glavno kretanje

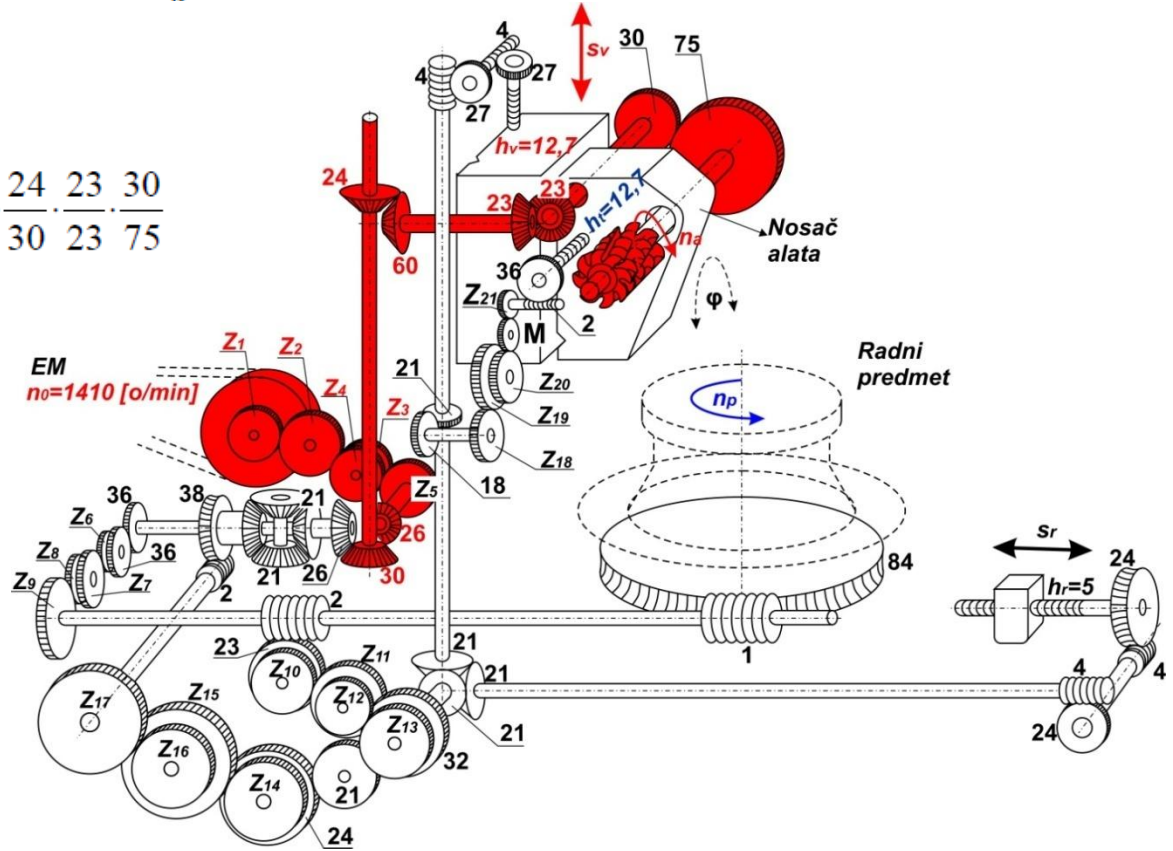
1) Glavno kretanje: obrtanje alata – n_a
 (to je ujedno i jedna komponenta relativnog kotrljanja)

$$n_a = n_0 \cdot k_{uk} \quad , \text{ a takođe je } n_a = \frac{v}{D_a \cdot \pi}$$

Odavde je:

$$k_{uk} \frac{n_a}{n_0} = \frac{v}{D_a \cdot \pi \cdot n_0} \quad , \text{ tj.}$$

$$\frac{v}{D_a \cdot \pi \cdot n_0} = k_{uk} = \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot z_4 \cdot 26 \cdot 24 \cdot 23 \cdot 30}{z_2 \cdot z_3 \cdot z_5 \cdot 30 \cdot 30 \cdot 23 \cdot 75}$$



4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

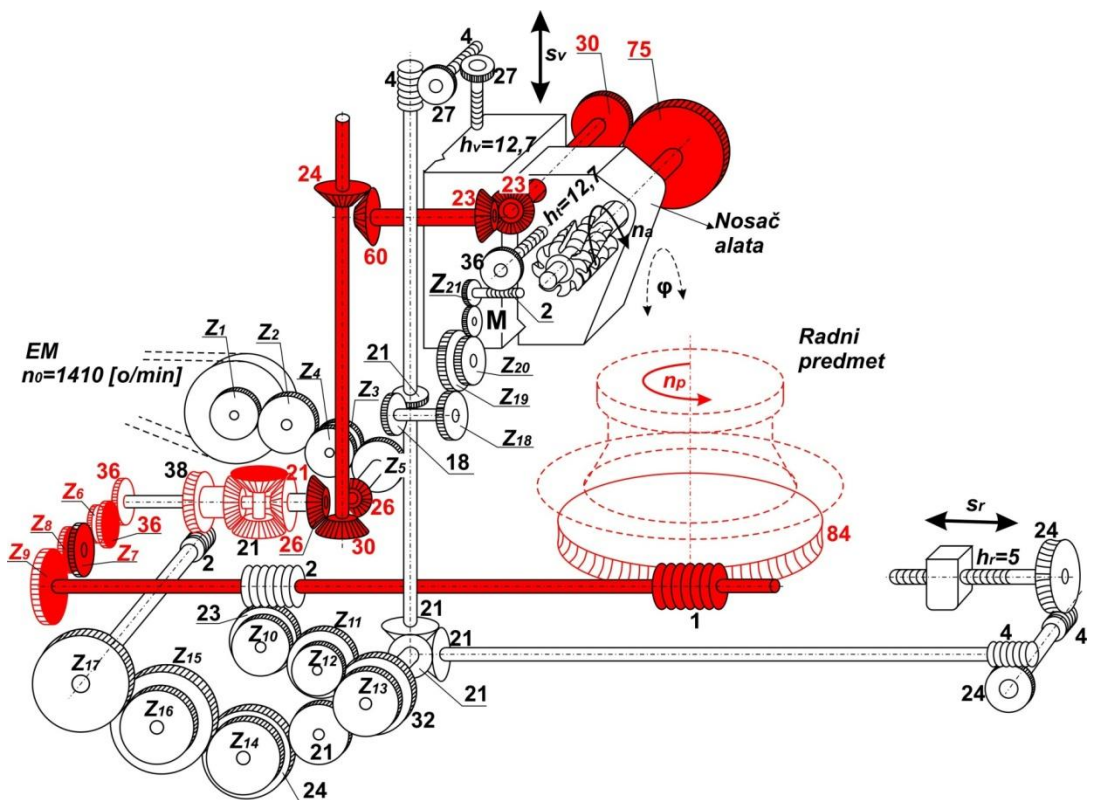
Radijalna metoda izrade pužnih točkova – pomoćno kretanje

2) Pomoćno kretanje: obrtanje predmeta – n_p
 (što je druga komponenta relativnog kotrljanja)

Obzirom da komponente relativnog kotrljanja moraju biti sinhronizovane, tj. kinematski usklađene, sledi:

$$n_p = n_a \cdot k_{uk} \text{ , tj. } k_{uk} = \frac{n_p}{n_a} = \frac{i_a}{z_p} = \frac{1}{30}$$

$$k_{uk} = \frac{1}{30} = \frac{75}{30} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{30}{24} \cdot \frac{30}{26} \cdot k_d \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{z_6}{z_7} \cdot \frac{z_8}{z_9} \cdot \frac{1}{84} \text{ ;}$$



4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Tangencijalna metoda izrade pužnih točkova

Potrebna kretanja, već ranije navedena i naznačena na sl. 6b su:

- | | | |
|-------------------------------|---|---|
| 1) obrtanje alata | } | (nisu naznačeni kinematski lanci, obzirom da su već više puta razmatrani) |
| 2) obrtanje predmeta | | |
| 3) tangencijalni pomak | } | (naznačeni kinematski lanci pri razmatranju ovih kretanja) |
| 4) dopunsko obrtanje predmeta | | |

1) Glavno kretanje: obrtanje alata – n_a

(što je ujedno i jedna komponenta relativnog kotrljanja)

$$n_a = \frac{v}{D_a \cdot \pi} = n_0 \cdot k_{uk}$$

Ovaj kinematski lanac se rešava kao i kod radijalne metode izrade.

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

- 2) Pomoćno kretanje: obrtanje predmeta – n_p
(to je druga komponenta relativnog kotrljanja)

$$n_p = n_a \cdot k_{uk} \quad , \text{ tj. } k_{uk} = \frac{n_p}{n_a} = \frac{i_a}{z_p}$$

I ovaj kinematski lanac se rešava kao i kod radijalne metode.

- 3) Pomoćno kretanje: tangencijalni pomak – s_t

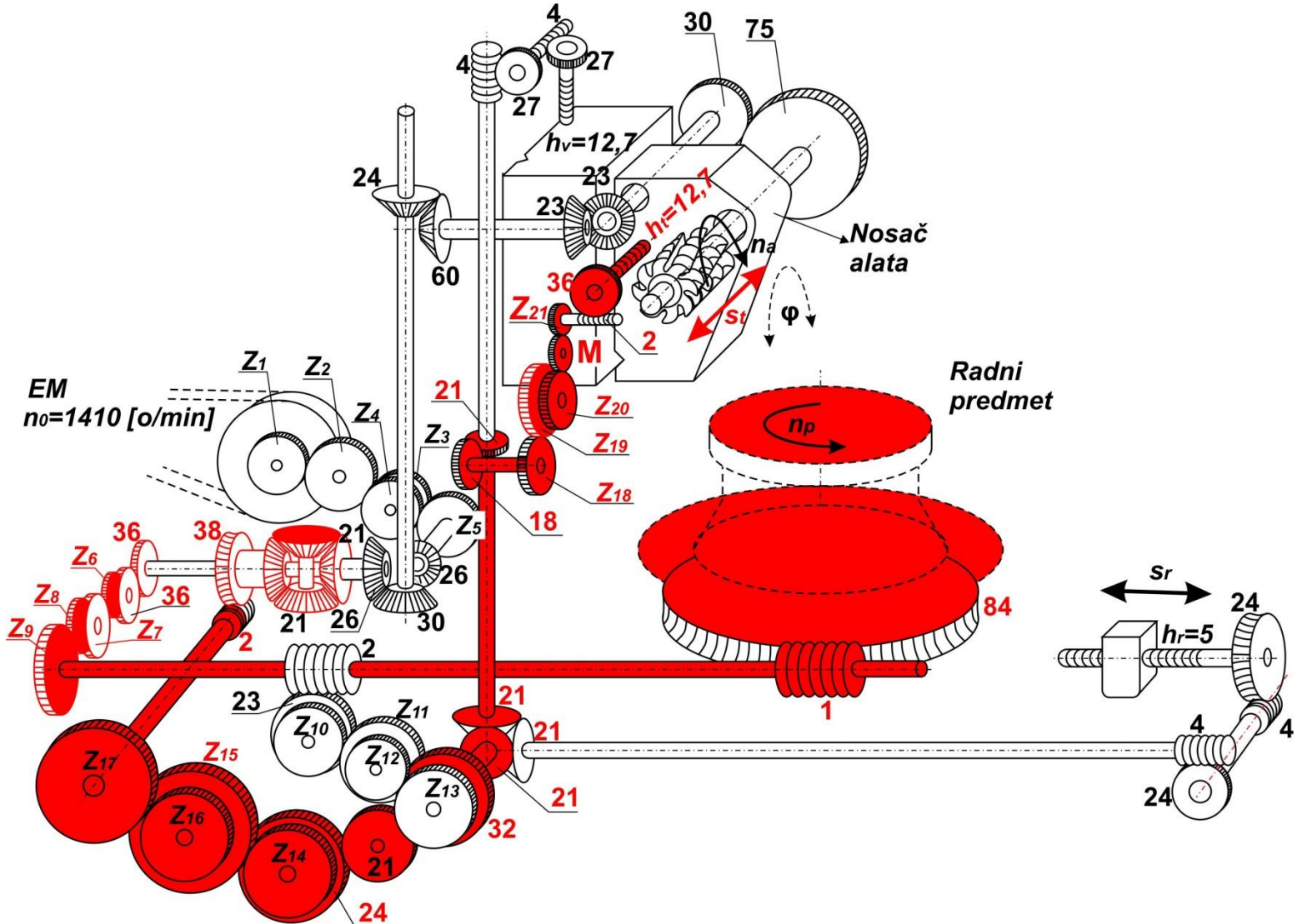
Ovo kretanje se ostvaruje obrtanjem zavojnog vretena koraka $h_t = 12,7 \text{ mm}$, pa je stoga:

$$s_t = h_t \cdot n_t \left[\frac{\text{mm}}{\text{o}} \right] \Rightarrow \left[\frac{\text{mm}}{1 \text{ obrtu predmeta}} \right]$$

Iz ovog jasno sledi da to kretanje mora biti u kinematskoj vezi sa obrtanjem predmeta, i to se odnosi za $n_p = 1$

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Pomoćno kretanje: dopunsko obrtanje radnog predmeta

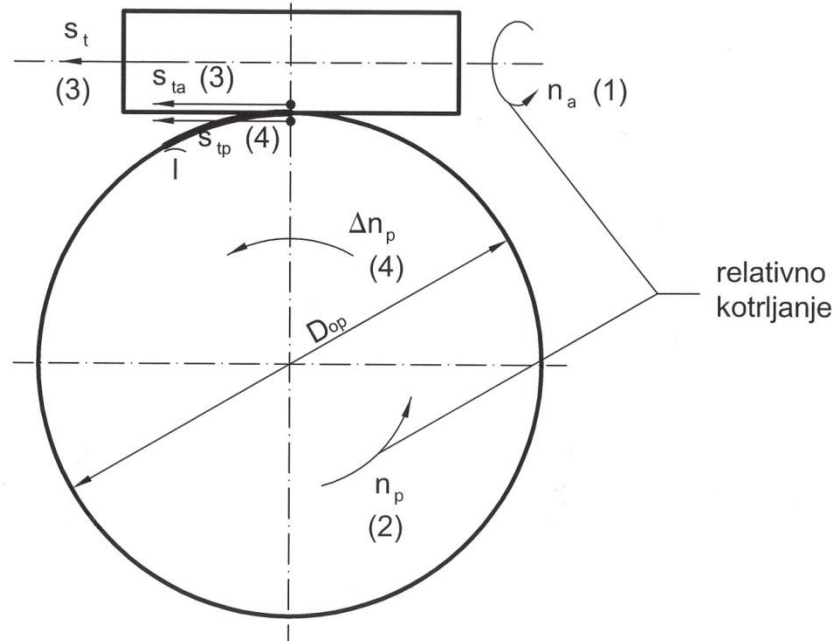


4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Pomoćno kretanje: dopunsko obrtanje radnog predmeta

4) pomoćno kretanje: dopunsko obrtanje predmeta – Δn_p

Dodirna tačka alata i predmeta mora imati isti vektor brzine, jer u tom slučaju nema klizanja pri relativnom kotrljanju između njih. Obzirom da je alatu, pa time i njegovoj dodirnoj tački, dato kretanje $s_t \equiv s_{ta}$, isto se mora učiniti i sa dodirnom tačkom predmeta, tj. njegovoj dodirnoj tački se mora obezbediti kretanje $s_t = s_{tp}$.



$$s_{ta} = h_t \cdot n_t \quad ; \quad s_{tp} = \hat{l} = D_{op} \cdot \pi \cdot \Delta n_p$$

$$s_{ta} = s_{tp}$$

$h_t \cdot n_t = D_{op} \cdot \pi \cdot \Delta n_p$; a odavde je:

$$\frac{\Delta n_p}{n_t} = \frac{h_t}{D_{op} \cdot \pi} = \frac{36}{2} \cdot \frac{z_{21}}{z_{20}} \cdot \frac{z_{19}}{z_{18}} \cdot \frac{18}{21} \cdot \frac{21}{27} \cdot \frac{32}{21} \cdot \frac{21}{24} \cdot \frac{z_{14}}{z_{15}} \cdot \frac{z_{16}}{z_{17}} \cdot \frac{2}{38} \cdot k_d \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{z_6}{z_7} \cdot \frac{z_8}{z_9} \cdot \frac{1}{84}$$

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

IZRADA PUŽNIH TOČKOVA JEDNOZUBIM ALATOM

Pri izradi pužnih točkova odvalnim glodalom javlja se jedan problem kojeg nema u slučaju izrade zupčanika. Naime, pri izradi zupčanika se od alata zahteva jedino odgovarajući modul. Tako, istim glodalom mogu se izrađivati zupčanici sa pravim i kosim zubima, bez obzira na njihov broj zuba i ugao zuba, naravno samo tog modula.

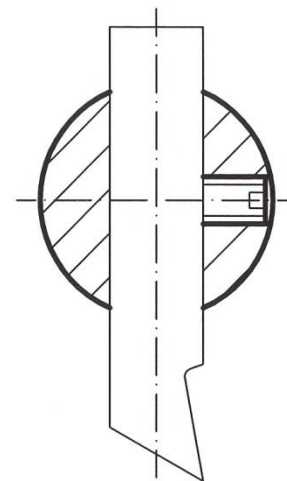
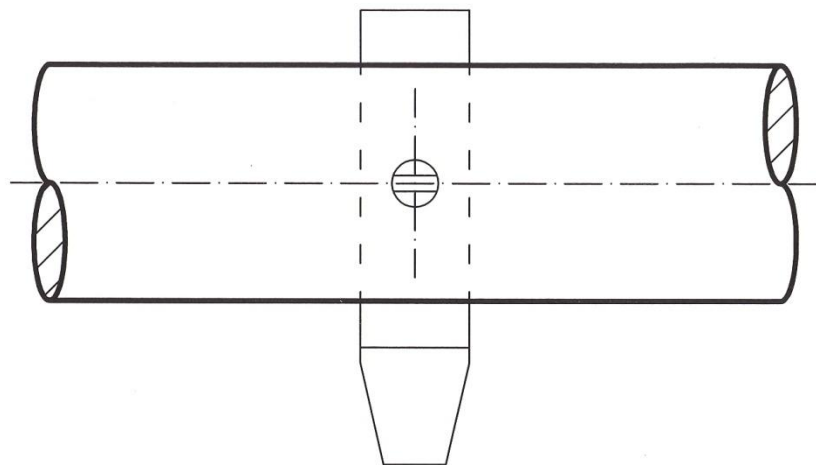
Pri izradi pužnih točkova, od alata se, osim odgovarajućeg modula, zahteva i odgovarajući prečnik, tj. on je definisan crtežom puža na kome mora biti dato i osno rastojanje. Tako dva pužna točka istog modula i broja zuba, ali različitog osnog rastojanja, zahtevaju pri izradi dva različita odvalna glodala. Obzirom da su alati u vidu odvalnih glodala skupi, njihova primena je neekonomična u slučajevima pojedinačne ili maloserijske proizvodnje pužnih točkova.

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

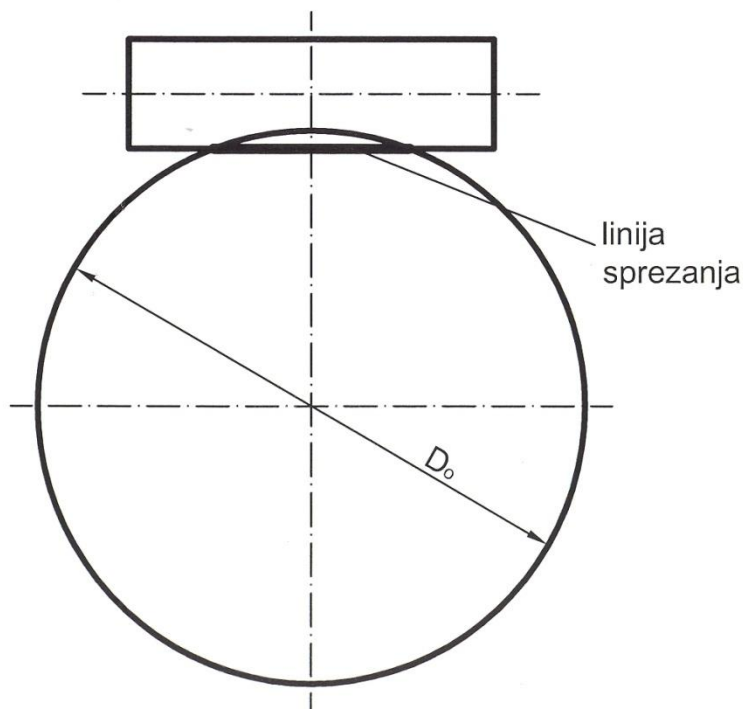
Taj problem se može uspešno rešiti primenom tzv. **JEDNOZUBOG ALATA** umesto skupog odvalnog glodala. Oblik navedenog alata može se objasniti na sledeći način: ako jednom odvalnom glodalu, čiji su zubi poređani po zavojnici, odstranimo jedan zub, ono će i dalje moći da izrađuje pužne točkove. Ista situacija će biti i kad se odstrani drugi zub.

Kad se odstrani treći, pa četvrti i tako redom, dok ne ostane samo jedan, odvalno glodalo je dobilo oblik jednozubog alata, ali i dalje konstantnog prečnika. Naravno, jednozubi alat se ne izrađuje na taj način, već se jednosečni alat – nož odgovarajućeg profila, postavlja u poprečni otvor jednog vratila i zavrtnjem fiksira u željenom radijalnom položaju.

Glodalica za zupčanike Pfauter- Izrada pužnih točkova



Skica
jednozubog
alata



Odpuštanjem zavrtnja i pomeranjem noža menja se radius, odnosno prečnik alata. Ovaj nož, tj. zub alata, mora pri izradi pužnog točka da preuzme zadatak svih zuba odvalnog glodala, kojih sada nema. Zahvat odvalnog glodala i pužnog točka je po celoj liniji sprezanja – tetivi podeonog kruga prema slici.

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

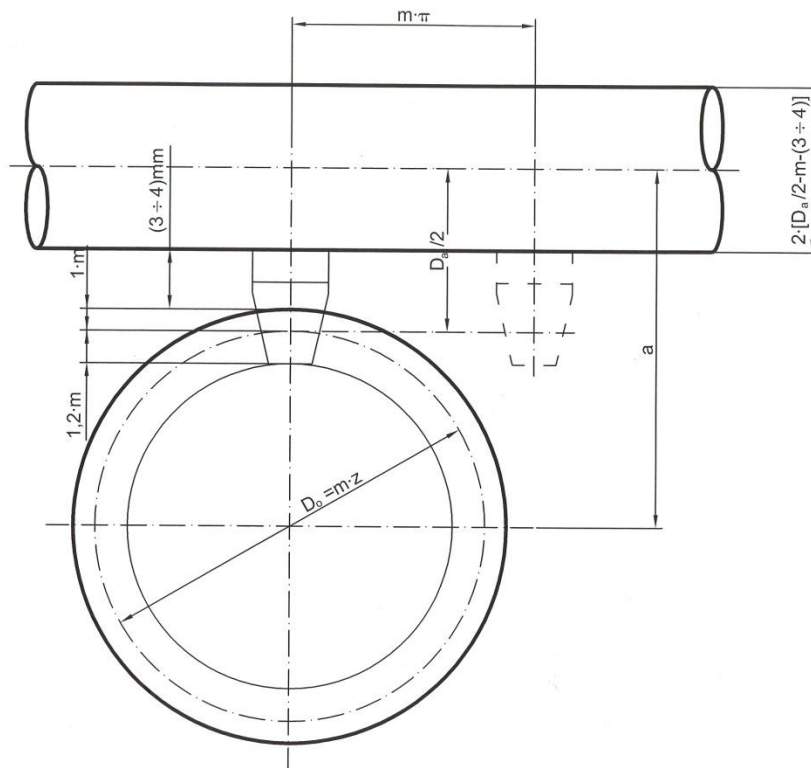
Nož jednozubog alata mora stoga da se pri izradi pužnog točka nađe u svim tačkama linije sprezanja. Ovo je moguće izvesti primenom jedino tangencijalne metode.

Zato se **izrada pužnog točka jednozubim alatom NE MOŽE** vršiti radijalnom metodom, već **ISKLJUČIVO** tangencijalnom metodom.

Kinematski lanci kretanja i izračunavanje izmenljivih zupčanika istovetno je kao i pri izradi pužnog točka odvalnim glodalom tangencijalnom metodom.

4.3.3 Kinematska struktura odvalnih glodalica za zupčanike tipa PFAUTER

Pri izradi pužnog točka koji će se u eksploataciji sprezati sa pužem sa DVA početka, mora postojati po jedan zub koji će predstavljati svaku zavojnicu, tj. mora postojati DVA zuba na alatu. Njihovo rastojanje je jednako koraku zavojnice puža koji iznosi: $h = m \cdot \pi$



Osnovne dimenzije
jednozubog (dvozubog)
alata