

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Слађана Г. Тришић

Подеони апарат

Завршни рад

Крагујевац, 2020.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 103/2017

Слађана Г. Тришић

Подеони апарат

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Богдан Недић, ред. проф.**_____

Датум одбране: _____

2. _____

Оцена: _____

3. _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Слађана Тришић**

Број индекса: 103/2017

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: Подеони апарат

Задатак: У оквиру завршног рада потребно је да кандидат прикупи и изврши систематизацију података о подеоним апаратима, врстама, начинама поделе, примени и прорачунима. У посебном поглављу направити преглед савремених подеоних апарата, или четврте обртне осе код ЦНЦ машина. На крају рада је приказан пример моделираног подеоног апарата.

Завршни рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Подеони апарат, карактеристике, примена,
3. Савремени подеони апарати код ЦНЦ машина,
4. Пример моделираног подеоног апарата,
5. Закључци,
6. Литература.

Ментор:

Др Богдан Недић, редовни професор

Резиме рада: У оквиру овог завршног рада са темом " Подеони апарат" дат је детаљан приказ ових апарата, где се све примењује као и поделе које се могу извршити на овом апарату. Дат је осврт и на Гулуцову методу и како је нашла примену код ових апарата. У наставку рада представљени су модерни цнц подеони апарати, како се они разликују од нормалних подеоних апарата, такође је дат пример једног модерног подеоног апарата који је детаљно описан са свим његовим карактеристикама и предностима.

Кључне речи: подеони апарат, једноструко дељење, двоструко дељење , диференцијално дељење, Гулуцова метода, савремени цнц подеони апарати.

Summary of work: Within this final paper with the topic "Dividing apparatus", a detailed overview of these devices is given, where everything is applied as well as the divisions that can be performed on this device. A review is given of Guluc's method and how it was used in these devices. In the continuation of the paper, modern cnc dividers are presented, how they differ from normal splitters, and an example of a modern splitter is given, which is described in detail with all its characteristics and advantages.

Keywords: dividing apparatus, simple indexing, compound indexing, diferential indexing, Guculs method, modern cnc dividing apparatus.

Садржај:

1. УВОД.....	1
2. ПОДЕОНИ АПАРАТ	3
2.1 ЗАДАТАК ПОДЕОНИХ АПАРАТА.....	3
2.2. ВРСТЕ ПОДЕОНИХ АПАРАТА.....	5
2.2.1 Прост подеони апарат.....	5
2.2.2 Универзални подеони апарат.....	7
2.3. ВРСТЕ ПОДЕЛА НА ПОДЕОНОМ АПАРАТУ	12
3. ИЗРАДА ЗАВОЈНИЦА НА УНИВЕРЗАЛНОМ ПОДЕОНОМ АПАРАТУ	19
4. САВРЕМЕНИ ПОДЕОНИ АПАРАТИ КОД ЦНЦ МАШИНА.....	22
5. ПРИМЕР МОДЕЛИРАНОГ ПОДЕОНОГ АПАРАТА.....	28
6. ЗАКЉУЧАК.....	32
7. ЛИТЕРАТУРА.....	33

1. УВОД

Данас произвођачи подеоних апарата и машина са нумеричким управљањем проналазе све више решења како би унапредили саме карактеристике подеоних апарата као што су на пример велика прецизност, могућност подржавања већег терета, што више могућности позиционирања предмета обраде. Ове карактеристике уједно представљају и најбитније карактеристике самих подеоних апарата.

Циљ је постићи високе перформансе ових апарата са могућношћу да трпи терет уз одржавање минималних димензија и наравно да има што дужи век трајања.

Да би се повећала како издржљивост тако и тачност јавља се све више и више нових решења која се разликују у преносу снаге и конструкције самог преносника.

Иако је подеони апарат помоћни уређај код машина његови елементи за погон подлежу високим захтевима квалитета и тачности.

У овом раду су описане врсте и карактеристике подеоних апарата, начин прорачуна и остваривања поделе и примена.

У другом поглављу рада описан је задатак самих подеоних апарата, шта је у суштини подеони апарат, где се користи и такође дате су фотографије самог подеоног апарата. Такође, дати су примери делова који се израђују уз помоћ овог уређаја. Поред основне сврхе подеоног апарата дат је пример и друге примене односно наведено је да се ови апарати могу користити и за проверу а не само израду делова.

У наставку су детаљно описане врсте подеоних апарата (прост и универзалан), као и подврста универзалног подеоног апарата тј, оптички подеони апарат, њихове примене, карактеристике, делови и наравно начин коришћења. Такође су приложене фотографије истих.

Поред врста, у раду се могу наћи и врсте подела самих апарата. Кроз пар примера и образаца представљене су једнострука и двострука као и диференцијална подела на универзалном подеоном апарату. Шематски су приказани уређаји за ове поделе, делови и разлике.

Кроз треће поглавље дата је и описана израда завојница на подеоном апарату. Споменута је и Гулцова метода која описује како извршити диференцијално дељење уколико није могућа одређена подела.

У наредном поглављу приказани су модернији и савременији подеони апарати погоњени мотором, односно цнц подеони апарати. Објашњена је разлика у односу на обичне подеоне апарате и кроз пар примера упоређене карактеристике и својства различитих цнц подеоних апарата.

И на самом крају приказан је модел једног простог подеоног апарата са његовим деловима.

2. ПОДЕОНИ АПАРАТ

2.1 ЗАДАТАК ПОДЕОНИХ АПАРАТА

Подеони апарат је уређај за прецизно позиционирање који се користи у обради метала и то најчешће при обради метала глодањем, бушењем као и изради зупчаника и др. Овај уређај омогућује раднику да сече и буши одређени део у тачним интервалима око фиксне осе која може бити хоризонтална или вертикална у зависности од позиције у којој се налази апарат. [1]

С' обзиром на само дно апарата, апарат има могућност за лако постављање и учвршћивање на радни сто.

Главна карактеристика подеоног апарата је " средња висина ", то је висина између осе ротације када је осовина у водоравном положају, и радног стола. Генерално, што је већа та висина то је боље.

Ово све је бескорисно ако се највећи пречник радног дела не уклапа између стола за глодање и дна резног алата који се користи. Такође, уколико не може лако да се постави или уклони са радног стола, значи да је апарат превелик. [2]

На слици 1. је приказан један модел подеоног апарата.



Слика 1. – Подеони апарат

Тежина расте далеко брже од средишње висине. Висина центра од 100 мм је најбезбеднија висина са којом би инжењери могли да управљају.

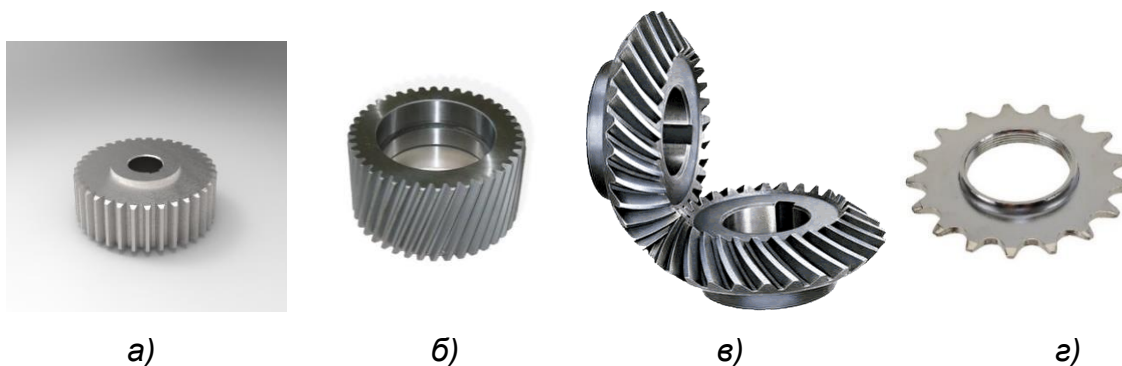
Ако је подеони апарат у водоравном положају, максимални пречник радног дела односно обрадка, у који може да стане је мало мања од двоструке његове средње висине. То се може повећати постављањем подизних блокова испод подеоног апарата приказаних на слици 2.



Слика 2. – Подизни блокови

Да ли је ово решење корисно зависи од тога колико је простора још остало између резног алата и радног стола глодалице. На овом примеру подизни блокови имају другу улогу, а то је да је подеони апарат подигнут тако да је његова оса близу висине вретена када је скоро водоравна.[2]

На слици 3. су дати примери делова који су направљени уз помоћ подеоног апарата.



*Слика 3. – Машински елементи израђени уз помоћ подеоног апарата;
а) цилиндрични зупњаник са правим зубима, б) цилиндрични зупчаник са косим
зубима, в) конусни зупчаник, г) ланчаник*

Поред обраде, подеони апарати се могу користити и за мерење и контролу обратка. Такође могу се користити при изради и инспекцији неких битних делова како у ваздухопловству исто тако употреба ових апарата се протеже чак и до филмске индустрије.

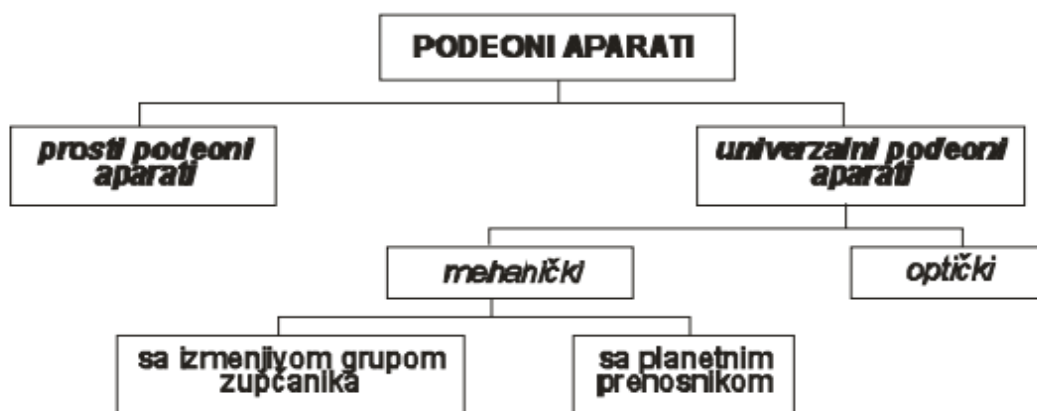
Један од водећих произвођача подеоних апарата је фирма Vertex чије седиште се налази у Тајвану. Ова фирма се не бави само производњом подеоних

апарата већ су препознатљиви и по производњи машина за резање, глодање, бушење као и обраде високо прецизних делова.

Ова компанија је основана у септембру 1978. и 80% продаје се базира на извозу машина широм света. [3]

2.2. ВРСТЕ ПОДЕОНИХ АПАРАТА

Подеоне апарате можемо поделити на просте и универзалне док се универзални могу даље поделити на механичке и оптичке. Механички подеони апарати се израђују са планетарним преносником или са изменљивом групом зупчаника. На слици 4. је приказана подела подеоних апарата. [4]



Слика 4. – Подела подеоних апарата

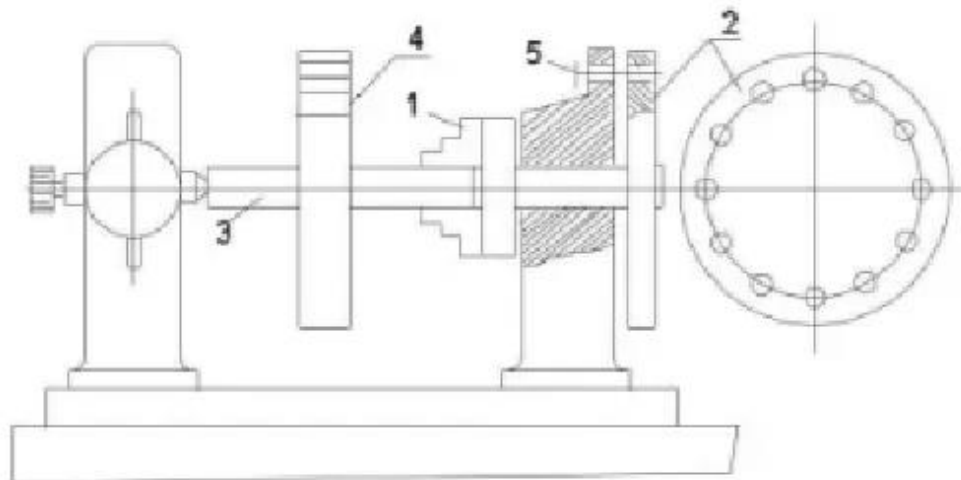
А што се тиче поделе према начину остваривања саме поделе, подеони апарати могу бити са директним (непосредним) дељењем или са индиректним (посредним) дељењем. [4]

2.2.1 Прост подеони апарат

Прост подеони апарат има велику примену како у серијској тако и у масовној производњи. Назив је добио по томе што заиста има просту конструкцију, а поред тога и ограничене могућности, што доводи до тога да је цена самог апарата нижа. Предност овог апарата је што омогућава брзо и ефикасно дељење.

Прост подеони апарат приказан на слици 5. спада у групу подеоних апарата са непосредним (директним) дељењем, што значи да је угао закретања предмета обраде (4) једнак углу закретања подеоне плоче (2). Предмет обраде (4) је постављен на трн који је са једне стране ослоњен на трн коњића, а са друге

стране је причвршћен у стезној глави (1). Подеона плоча (2) је директно везана са предметом обраде помоћу радног вретена (3). [4]



Слика 5. – Шема простог подеоног апарата

Подеона плоча има облик диска, на којој се налази одређени број отвора (рупа) равномерно распоређених по кружности, чији је број најчешће: 12, 18, 24 или 36.

Прост подеони апарат обезбеђује остваривање броја подела на предмету обраде (Z'), који одговара броју подела подеоне плоче (Z), или испуњава услов $Z' = Z/k$ где је k цео број ($k=1, 2, 3..$).

Предмет обраде заједно са столом изводи помоћно праволинијско кретање са брзином v_p , mm/min док глодало изводи кружно кретање. Када се изврши израда једног жлеба, радни сто се врати у почетни положај, ослободи подеона плоча (2) од осигурача (5), затим се подеона плоча заокрене за једну поделу и поново осигура осигурачем.

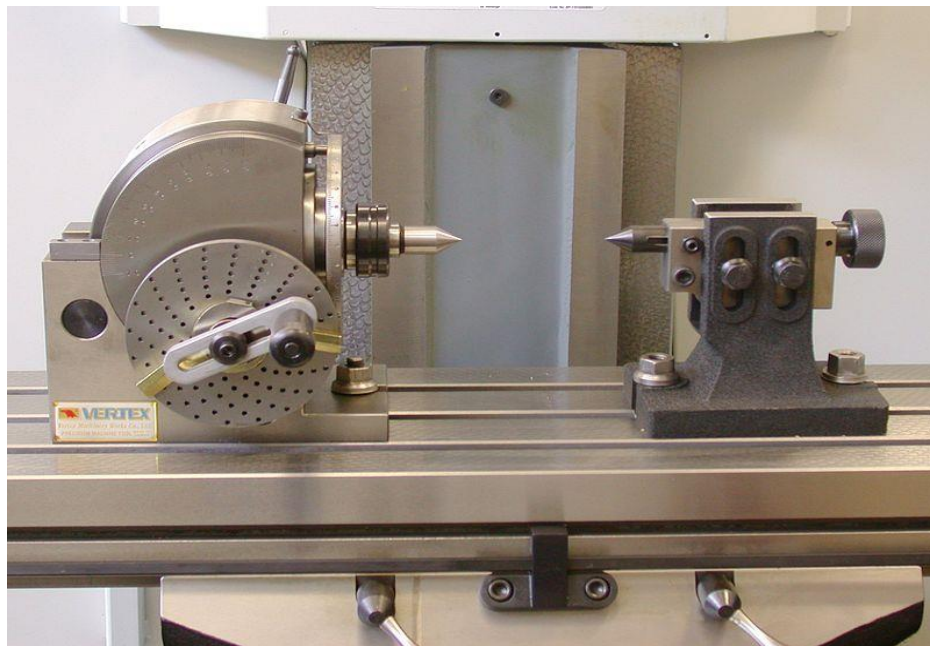
Предности ове врсте подеоног апарата су то што једноставна конструкција доводи до једноставнијег руковања самим апаратом, нема грешака услед зазора при преносу кретања и мала је могућност погрешног одбројавања.

Конструкција овог апарата је толико једноставна да се апарат може направити у кућној радионици уз одређени материјал и алат.

Недостатак овог уређаја је могућност малог броја подела (број отвора на подеоној плочи мора бити дељив са жељеном поделом без остатака). Нпр: ако је подеона плоча са 36 отвора, онда су могуће поделе на обратка на 36, 18, 12, 9, 6, 4, 3 или 2 једнака дела.

За неку другу поделу којом се дељењем не добија цео број, нпр 15, неопходно је направити нову плочу, што никако није исплативо у појединачној производњи, већ само при релативно великим серијама.

Цена самог апарата варира од 50.000 динара па све до преко 200.000 динара у зависности од опреме која иде уз њега, величине, произвођача и наравно самих перформанси апарата.



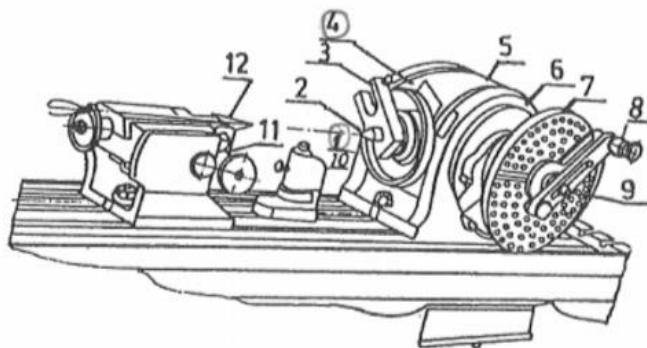
Слика 6. – Прост подеони апарат

2.2.2 Универзални подеони апарат

За разлику од простог подеоног апарата, универзални подеони апарат има далеко шире могућности, што омогућава рад у појединачној производњи.

Универзални подеони апарат служи за постављање предмета под одређеним углом у односу на радни сто (хоризонтално, вертикално и под нагибом), периодично окретање предмета око своје осе за одређени угао и континуално обртање предмета при глодању завојних жљебова.

На слици 7. приказана је шема спољног изгледа универзалног подеоног апарата.



Слика 7. – Шема спољног изгледа универзалног подеоног апарата

Универзални подеони апарат се састоји од тела (6) , у коме је смештен зупчасти и пужни преносник, главног вретена са шиљком (2) , ручице (8) , осигурача (9) , подеоне плоче (7) , чеоног диска са поделом у степенима (1) , нонијуса (4) , коњића (11) са шиљком (12) , обртача (3) и мале дизалице (10) .

Предмет обраде се учвршћује између шиљка коњића и главног вретена подеоног апарата, на који се може такође поставити стезна глава или неки други уређај за стезање. Дизалица служи као допунски ослонац предмета у његовој најнижој тачки.



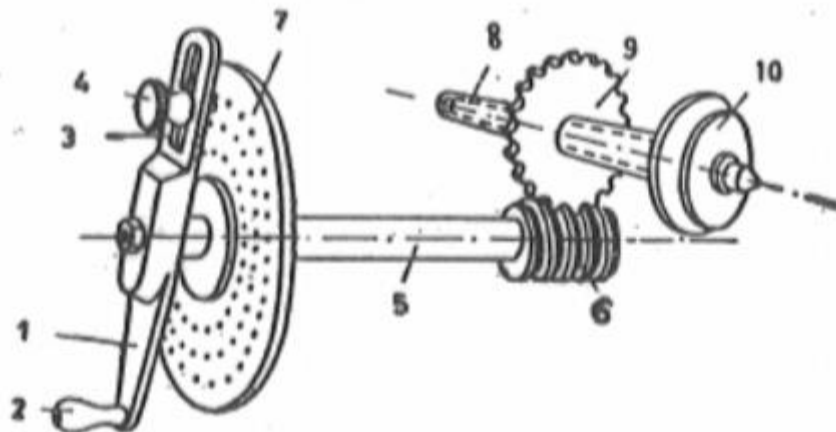
Слика 7. – Уноиверзални подеони апарат

Поред непосредног дељења универзални подеони апарат омогућава и извођење посредног дељења као и усклађивање помоћног праволинијског кретања и помоћног обртног кретања предмета обраде при изради завојних жлебова.

На слици 9. налази се шема универзалног подеоног апарата који садржи следеће делове: полуга (1) са ручицом (2). Полуга на другом крају има жлеб (3), по коме се помера чеп (4). Овом полугом се покреће погонско вретено подеоног апарата (5), на који је са једне стране учвршћен пуж (6), а на другом крају подеона плоча (7). На радном вретену подеоног апарата (8) учвршћен је пужни зупчаник (9) на коме се учвршћује предмет обраде (10).

Преносни однос пужног преноса обично је 1:40, што значи да се при окрету ручице за један цео круг, пужасти точак и предмет који се обрађује се окрене за један четрдесети део круга, тј да би предмет обраде и пужасти точак направили цео обрт, пуж помоћу ручице мора да направи пуних 40 обртаја.

Поред подеоних апарата са пужним преносом 1:40 могу се такође наћи и подеони апарати са преносним односом 1:60 , 1:80 , 1:90 или 1:120.



Слика 9. – Шема универзалног подеоног апарата

На подеоној плочи универзалног подеоног апарата налазе се концентрично избушени отвори или рупе. Када се поставља подеона плоча на апарат све " нулте " рупе постављене су у равни једна испод друге са бројем рупа које се налазе на том кругу. На слици 10. је дат пример једне подеоне плоче. Универзални подеони апарати су снабдевени са више подеоних плоча у зависности од произвођача. Углавном су то три плоче са одређеним бројем рупа односно отвора. Најчешће су у примени плоче са бројем отвора у једном реду:

I плоча: 15, 16, 17, 18, 19, 20

II плоча: 21, 23, 27, 29, 31, 33

III плоча: 37, 39, 41, 43, 47, 49

Такође се могу користити и плоче са рупама:

I плоча

15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37 са једне стране,

17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 41 са друге стране.

II плоча

17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 49, 51 са једне стране,

15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37, 43, 47 са друге стране.

III плоча

16, 18, 20, 23, 41, 47 са једне стране,

17, 19, 21, 29, 33, 39, 43, 49 са друге стране.



Слика 10. – Подеона плоча

Подеона плоча поред концентричних рупа, садржи и три отвора који служе за додатно причвршћивање плоче за апарат како не би дошло померања саме плоче приликом рада.

Подеона плоча може садржати и помоћни уређај који се назива разделник или казаљке за ограничење размака, приказаних на слици 11. који омогућавају лакше сналажење приликом бројења рупа уколико се подела не базира на целом броју. [5]



Слика 11. – Разделник и његов положај на подеоном апарату

Уколико имамо преносни однос пужног преносника 1:40 и потребно је израдити зупчаник са 17 зуба неопходно је одредити број окрета ручице X :

$$X = \frac{k}{z} = \frac{40}{17} = 2 \frac{6}{17}$$

У овом случају подела се остварује тако што се на кругу са 17 рупа за сваку поделу ручица окрене за два пуна круга и 6 рупа. Овај случај поделе је погодан за коришћење разделника. Разделник се поставља тако да се између казањки

налази једна рупа више од броја који означава размак. У овом случају распон између казальки ће бити 7 рупа, односно 6 размака.

Како је на почетку рада речено, као једна од подврста универзалног подеоног апарата је и оптички универзални подеони апарат.

Оптички подеони апарат приказан на слици 12. садржи кружну скалу која је калибрисана у степенима и заједно са поделама је постављена концентрично у односу на осовину вретена машине. [6]



Слика 12. – Оптички универзални подеони апарат

Светлост, односно светлост неке лампе која се поставља у одређени отвор при врху апарата, пролази кроз систем сочива и пада на скалу, чији се резултати читавања приказују на непрозирном стаклу који се налази на супротној страни апарата у односу на отвор за светло.

Апарат такође садржи окулар који служи за исправљање грешке при раду, приказан на слици 13. [6]



Слика 13. – Окулар оптичког подеоног апарата

2.3. ВРСТЕ ПОДЕЛА НА ПОДЕОНОМ АПАРАТУ

У зависности од могућности реализације жељеног броја подела универзални подеони апарати обезбеђују три врсте дељења: једноструко, двоструко и диференцијално дељење.

2.3.1 Једноструко (просто) дељење

Просто дељење се примењује у случајевима када се подела може остварити на једном од кругова подеоних плоча. Такође, једноструко дељење подразумева да је подеона плоча стално фиксирана и да се сав рад на одбројавању и окретању ручице одвија са једне стране.

Код простог дељења број окретања ручице подеоног апарата (R) одређује се на следећи начин:

$$X = \frac{k}{z}$$

где су:

z - број подела предмета

k - фактор подеоног апарата,

$$k = \frac{1}{i}$$

i - преносни однос између пужа и пужног точка

Једноструко дељење је могуће применити када се број обрта ручице подеоног апарата може приказати једним разломком, што значи да на кругу са b подела подеоне плоче потребно је ручицу заокренути за a подела.

$$n_r = \frac{z}{z_r} = \frac{a}{b}; \quad n_r - \text{број обрта ручице}$$

У наредном делу текста приказано је неколико примера прорачуна при примени подеоних апарата.

Пример 1.

Израчунати поделу уколико зупчаник (обрадак) треба поделити на 20 делова. Карактеристика подеоног апарата биће $k=40$.

$$k = \frac{n}{z} = \frac{40}{20} = 2$$

Добијени број два представља то да након одрађеног првог међузубља је неопходно ручицу подеоног апарата окренути за два пуна круга како би дошли до тачне позиције за израду другог међузубља.

Пример 2.

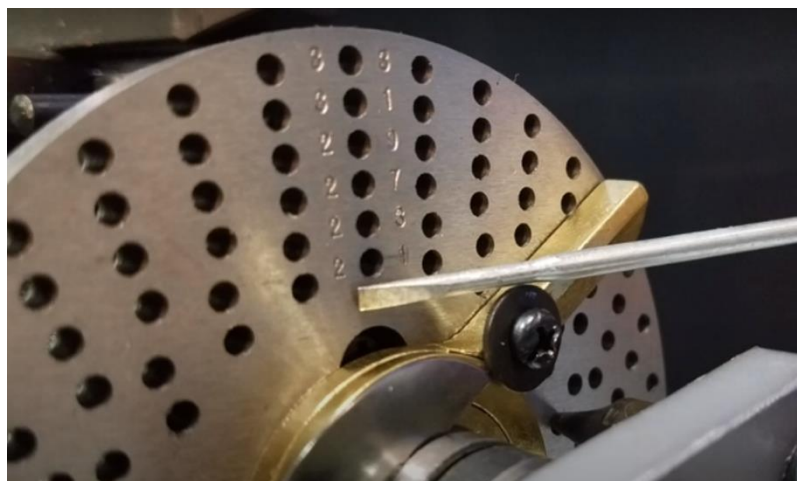
Избушити 7 отвора на обратку користећи подеону плочу приказану на слици 13. Карактеристика подеоног апарата је $k = 90$.

“ Т “	“ Н “	“ N “
2		45
3		30
4	A - 20	22 10/20
5		18
6		15
7	B - 21	12 8/21

“ Т “ – број подела

“ Н “ – подеона плоча и број реда на плочи

“ N “ – број окрета ручице, плус додатни отвори



Слика 13. – Подеона плоча коришћена за пример 2.

Уз подеони апарат иде одређени број подеоних плоча са одговарајућим бројем отвора. Избор подеоне плоче у овом примеру је плоча В са одговарајућим бројем рупа, тј 21.

Како бисмо избушили одговарајући број рупа на обратку, неопходно је прво поставити одговарајућу плочу на подеони апарат, затим одредити број окрета ручице.

У овом случају је потребно ручицу окренути за 12 пуних кругова и 8 доданих отвора, како би се то одрадило без грешке при бројању, могу се користити разделници.

Поступак приликом постављања разделника је следећи: Осигурач се постави на кругу одабраном у примеру (у овом случају је то 21), затим се одвије вијак који повезује казаљке разделника, једна казаљка разделника се доведе до осигурача док се друга постави на одговарајући број размака, односно отвора (у овом случају је то 9 рупа односно 8 размака). Разделник се након тога учврсти тако да казаљке чине чврсту везу како би се на даље заједнички померале. Даље, осигурач се поново извлачи и окретањем ручице даље у смеру казаљке на сату за одговарајући број, помера се и разделник, и тако сваки следећи отвор се ради по истом шаблону.

2.3.2 Двоструко дељење

Двоструко дељење се примењује у случајевима ако немамо довољно подеоних плоча а нисмо у могућности да извршимо просто дељење. Двоструко дељење је компликованије и теже, како за одређивање елемената, тако и за само извођење. Може се користити када је подеона плоча подељена са једне или друге стране. [7]

У случају када није могуће извести просто дељење, тј када сви сабирци у изразу не могу да се сведу на именилац који одговра броју рупа ма плочи користимо такозвано двоструко дељење чији је пример дат у наставку.

$$x = \frac{k}{z} = \frac{40}{57}$$

Поступак двоструког дељења изгледа овако:

- I- Неопходно је да се именилац датог разломка напише у облику производа два броја

$$x = \frac{40}{3 \cdot 19}$$

- II- Затим се бројилац напише као збир два броја, у овом случају то може бити:

$$x = \frac{21+19}{3 \cdot 19}$$

- III- Средити разломак

$$x = \frac{21+19}{3 \cdot 19} + \frac{19}{3 \cdot 19} = \frac{7}{19} + \frac{1}{3} = \frac{7}{19} + \frac{6}{18}$$

За ову поделу потребно је да плоча има рупе са обе стране. Клини који служи да фиксира подену плочу за подеони апарат је ископчан и сада се померањем ручице подеоног апарата помера и подеона плоча.

У овом примеру, најпре ће се на подеоној плочи са предње стране на кругу са 19 отвора ручица подеоног апарата заокренути за 7 отвора и након тога фиксирати. Након тога ће се са задње стране подеоне плоче извући осигурач и подеону плочу је потребно заокренути за 6 отвора на кругу од 18.

Такође је могуће применити и двоструко дељење где се користи разлика два разломка. У том случају се подеона плоча okreће у супротном смеру од оног смера у ком се окретала ручица. Пример таквог дељења дат је у наставку.

$$x = \frac{k}{z} = \frac{40}{63} = \frac{54-14}{7 \cdot 9} = \frac{54}{7 \cdot 9} - \frac{14}{3 \cdot 19} = \frac{6}{7} - \frac{2}{9} = \frac{18}{21} - \frac{6}{27}$$

Ово дељење има своје недостатке међу којима су отежано одбројавање јер не постоје показивачи на наличју, мала прегледност плоче са њеног наличја и као последица зазора у преносном механизму при коришћењу двоструког дељења са разликом, долази до појаве великих грешака. [7]

2.3.3 Диференцијално дељење

Ова врста дељења се примењује када ниједно од претходно наведених дељења није могуће (просто и двоструко дељење), или као алтернатива

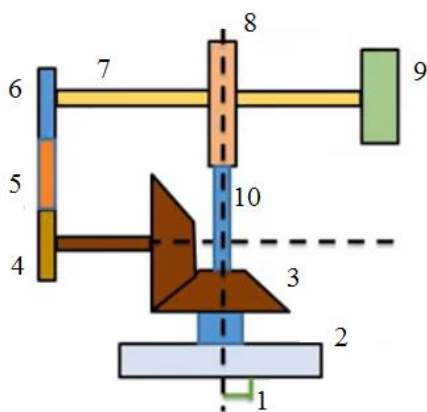
двоструког дељења. Диференцијално дељење се примењује када није могуће коришћење одређене подеоне плоче, тј када је потребно више од максималног броја рупа на плочи односно 66 рупа. За коришћење више од 66 подела користи се диференцијално дељење. У овом случају се остварује повратна спрега између окретања ручице и подеоне плоче, помоћу зупчаника. [8]

Диференцијално дељење уствари представља допунско обртање подеоне плоче посредством недовољног броја рупа на истој. Да би ово дељење било изводљиво неопходно је да клин који причвршћује подеону плочу буде ископчан, тј да се подеона плоча слободно креће. [8]

Поред основних делова који садржи подеони апарат код претходно наведених дељења, код диференцијалног дељења имамо групу зупчаника од 2, 3 или више зупчаника у зависности од тога да ли желимо исти смер обртања подеоне плоче и зупчаника или не, приказаних на слици 14. [8]



Слика 14. – Диференцијално дељење



Слика 15. – Шема подеоног апарата за диференцијално дељење

На слици 15. приказана је шема подеоног апарата за диференцијално дељење. Принцип рада је такав да окретањем ручице (1) кретање се преноси на предмет обраде (9). С обзиром да је подеона плоча (2) повезана са вретеном на чијем једном крају се налази предмет обраде а на другом погонски зупчаник (6) који преко међузупчаника преноси кретање на гоњени зупчаник (4).

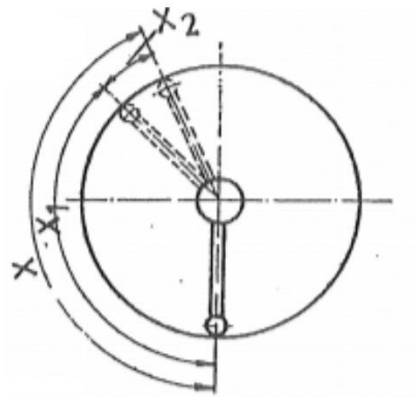
У зависности од тога да ли желимо исти смер обртања ручице и подеоне плоче, број цилиндричних зупчаника се мења, тј повећава или смањује. Гоњени зупчаник преко пара коничних зупчаника (3) преноси кретање на подеону плочу (2). Цилиндрични зупчаници (z_2 и z_3) се монтирају на носач, познатији као гитара, слика 16. При избору променљивих зупчаника мора се наравно имати у виду са каквим комплетом зупчаника се располаже. [8]

Често се користе групе променљивих зупчаника (састављене од 13 зупчаника) са бројем зуба: 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100 или група од 16 зупчаника са бројем зуба: 20, 24, 25, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 86, 96 и 100.



Слика 16. – Гитара за диференцијалну поделу

Ово дељење се врши на исти начин као једноструко дељење с тим што група цилиндричних зупчаника утиче на заокретање подеоне плоче и то доводи до малог померања локације рупе на подеоној плочи, тј. она се примиче или одмиче ручици и то померање се може израчунати.



Слика 17. – Промена локације рупе на подеоној плочи при диференцијалном дељењу

На слици 17. дата је шема померања локације рупе при диференцијалном дељењу и објашњена следећим примером.

Пример 1.

Уколико нам је потребна подела $n=97$ и нисмо у могућности да извршимо ову поделу узимамо први ближи број. У овом случају је то 100.

Како би одредили колико зубаца имају гоњени и погонски зупчаник потребно је применити следећу једначину.

$$\frac{40(n-N)}{n} = \frac{40(100-97)}{100} = \frac{6}{5}$$

Добијени број помножимо разломком тако да добијемо бројеве зубаца који се налазе у једној од горе наведених група променљивих зупчаника.

$$\frac{6}{5} * \frac{8}{8} = \frac{48}{40} \begin{matrix} \text{гоњени} \\ \text{погонски} \end{matrix}$$

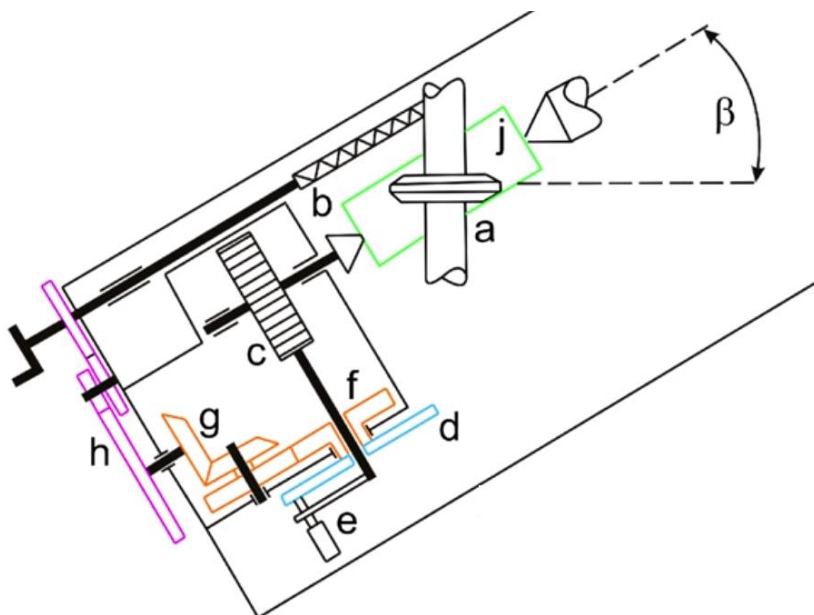
Уколико је као у овом примери тражена подела мања од доступне, односно уколико је $n < N$ онда ће се ручица и подеона плоча окретати у супротном смеру за величину x_2 , док уколико је $n > N$ тада ће се добити негативно решење односно ручица и плоча ће се окретати у истом смеру.

3. ИЗРАДА ЗАВОЈНИЦА НА УНИВЕРЗАЛНОМ ПОДЕОНОМ АПАРАТУ

Ову израду најчешће срећемо при обради цилиндричних зупчаника са косим зубима, тј зупчаника са завојним зубима с тим што се то јако слабо примећује услед малих дебљина зупчаника. Неопходна опрема за израду самих завојница је радни сто, подеони апарат, зупчаници, лежајеви и осовине. [9]

Принцип израде саме завојнице приказан је на слици 18.

- Прво је неопходно заокренути радни сто за потребан угао нагиба зуба, што је у овом случају угао β . Сто заједно са подеоним апаратом и обратком (j) на њему врши праволинијско кретање.
- Модулно глодало (a) који прави жлеб врши кружно кретање.
- Исто тако, обрадак добија кружно кретање преко подеоног апарата.



Слика 18. – Кинематска шема израде завојница

Допунско кружно кретање обратка се добија од вретена радног стола глодалице (b), преко групе променљивих зупчаника (h) који се монтирају на такозвану велику гитару. Као и код диференцијалног дељења имамо групу коничних зупчаника (g) који враћају кретање на подеону плочу (d) преко додатног пара цилиндричних зупчаника (f). [9]

Такође можемо извршити и прорачун променљивих зупчаника и то на следећи начин:

$$i = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4}$$

Где S_v представља корак завојног пара стола глодалице и он најчешће износи 6 мм, док S представља корак завојног жлеба који се уз помоћ познатог угла нагиба зуба β може израчунати као:

$$S = \frac{d \cdot \pi}{\tan \beta}$$

Где d представља подеони пречник зупчаника ($d = m \cdot z$)



Слика 19. – Израда зупчаника са завојним зубима

Како би се поред праволинијског кретања вршило и обртно кретање обратка неопходно је поставити променљиве зупчанике тако да они повезују вретено радног стола и вретено на коме се налази подеона плоча, што доводи до тога да је оно трајно заузето. Као проблем јавља се случај када се захтева диференцијална подела са одређеном групом променљивих зупчаника, при чему се подела не може извршити јер је вретено већ заузето. [9]

Постоји мали број зупчаника са косим зубима који се не могу израдити као на пример: 53, 57, 59, 61, 67, 69, 71, 73, 77, 79, 83, 87, 89 итд. али решење овог проблема нашао је Гуцул, руски мајстор, иноватор и металоглодач.

Гуцулова метода се базира на изради цилиндричних зупчаника са косим зубима на универзалном подеоном апарату са било којом поделом.

Сврха ове поделе је у прескоку, p :

С обзиром да је метода приближна и да постоји грешка која се погодним избором може учинити врло малом тако да готово нема никакав значај, постоји вероватноћа да се не може са одређеном тачношћу ући у наредно међузубље. Према Гуцуловој подели оно се прескаче и ради неко следеће у којем ће та грешка бити мања.

На примеру где је неопходно обрадити $z=61$ израчунато је да се најмања грешка јавља на $p=11$, односно да је прескок 11 што значи да се после израђеног првог међузубља ради једанаесто следеће где се не прескаче једанаест међузубља већ једанаест зуба.

Иако је Гуцулова метода смишљена како би се решио проблем израде цилиндричних зупчаника са завојним зубима, примену може наћи и при изради цилиндричних зупчаника са правим зубима с обзиром да не захтева променљиве зупчанике и монтажу која одузима време.

4. САВРЕМЕНИ ПОДЕОНИ АПАРАТИ КОД ЦНЦ МАШИНА

Аутоматизација у производњи је нашла широку примену и где је год могуће и погодно она се примењује.

Постоје разне врсте машина које се разликују по многим параметрима. Један од најбитнијих параметара ових машине је позиционирање како алата тако и дела који се обрађује. Позиционирање је толико прецизно да прецизност реда иде на десетине па чак и стотине делова милиметра.

Како бисмо могли да изведемо прецизно позиционирање неопходна је повратна спрега или веза зато мотори који се користе су или серво мотори или корачни мотори. Коришћењем ових мотора могуће је прецизно позиционирање на угао ротора у односу на статор. За додатну прецизност користе се зупчasti преносници или осовине са прецизним навојима коју покреће мотор. Даље, осовина са навојима може да покреће посебну матицу која је причвршћена за алат чиме се постиже врло фино позиционирање.

Код коришћења корачних мотора се мора водити рачуна да нису преоптерећени јер долази до прескакања кора чиме се губи прецизност, а рачунар машине није ни свестан тога.

ЦНЦ подеони апарати се по контрукцији не разликује много од обичних подеоних апарата. Главна разлика је у увођењу серво мотора. Нема више ручног обртања ручице подеоног апарата што обезбеђује елиминасање грешака које су се јављале посредством човека.

Ове машине су гломазније, заузимају више простора али неупоредиво прецизније, брже и имају могућност за више операција а не само са бушење.

Савремени подеони ЦНЦ апарати уводе четврту и пету осу аутоматизацијом.

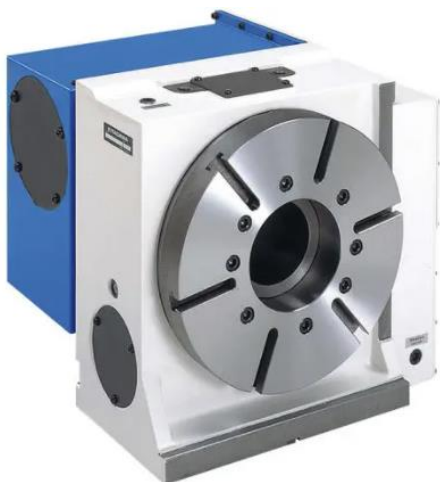
5-осна обрада пружа бескрајне могућности у погледу величина и облика делова који се могу обрадити. Сам израз " 5-оса" односи се на број смерова у којима се резни алат може кретати. [10]

Код петоосних машина , резни алат се креће по X, Y и Z линеарним осама али се и ротира по A и B оси како би се приближио обратку из било ког правца. Другим речима, у једном подешавању се могу обрадити пет страна неког дела. [10]

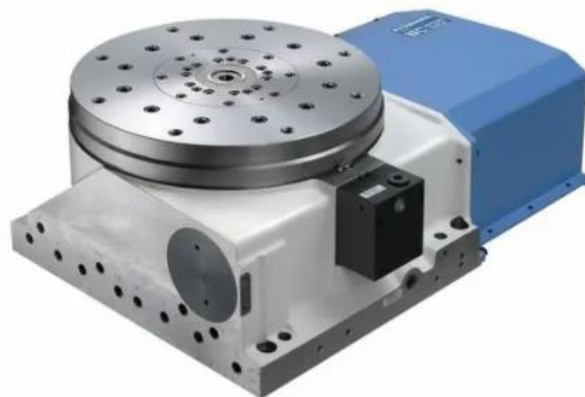
Савремене подеоне апарате код ЦНЦ машина можемо поделити у две основне групе:

1. Хоризонталне
2. Вертикалне

На слици 20. су дати примери хоризонталног (а) [11] и вертикалног (б) [12] подеоних апарата који се користе код ЦНЦ машина. У овом случају ово су примери истог произвођача Kitagawa Europe која је основана 1982. године.



а)



б)

Слика 20. – Примери вертикалног (а) и хоризонталног (б) подеоног апарата

Овај пример вертикалног подеоног цнц апарата са печником од 165 мм и тежином од 65 кг, користи серво мотор који је смештен са задње стране апарата. Дизајниран је тако да садржи унутрашњи ваздушни хидраулични појачивач који пружа изузетно моћне силе стезања, које су неопходне за сигурну тачност.

Овај апарат има максималну брзину вретена од 41,6 о/мин. Дозвољена радна инерција апарата је $0,26 \text{ кг/м}^2$. Преносни однос овог апарата је 1/72. [11]

Што се тиче хоризонталног апарата, то је апарат за посебне намене који има 10 прикључака уграђених у стезну главу. Дизајниран је тако да такође поседује хидраулично стезање као и горе наведен пример вертикалног апарата.

Уређај има пречник од 320 мм и висину од 250 мм. Максимална брзина вретена износи 44,4 о/мин. Дозвољена радна инерција апарата је $7,2 \text{ кг/м}^2$. Преносни однос код овог апарата је 1/45. [12]



Слика 21. – Пример вертикалног подеоног апарата TM2100

На слици 21. налази се пример једног вертикалног подеоног апарата истог произвођача као претходно наведени модерни подеони цнц апарати. [13]

Овај пример се разликује јер поседује два вратила за истовремену обраду два обрадка. Такође се могу наћи уређаји и са три вратила, приказани на слици 22. [14]



Слика 22. – Вертикални подеони апарат са три вратила TM3100

Ово је апарат који може радити са четири или пет оса и могу се користити сви типови мотора за његов погон, како би одговарао различитим типовима машина.

Овај уређај достиже тежину од 85 кг са пречником стола од 105 мм. Максимална брзина вретена износи 83,3 о/мин, док је преносни однос уређаја 1/36. [14]

Наредни примери савремених подеоних апарата су подеони апарати фирме FIBRO.

Ова компанија комбинује највећу прецизност са невероватном обрадном снагом и најкраћим могућим временима циклуса, повећавајући тако ефикасност самог процеса обраде. Било да се ради о FIBROPLAN-у, приказан на слици 23. , изузетно свестраној машини која користи пужни погон за широк спектар примена. Ове машине су опремљене пужним погоном како би се постигли највећи могући обртни моменти и како би се смањили зазори, такође користе се као алатне машине за универзално позиционирање. [15]



Слика 23. – Модел FIBROPLAN-а

Ова машина је доступна у комбинацији са једном или више оса. Може подржати терет од чак 20 тона. Такође, идеална је за истовремену обраду неког дела. Садржи чак и широк опсег пречника стола који се може кретати од 160 до 3000 мм. [15]

FIBRODYN DA приказан на слици 24. , је пример машине која осигурава највећу динамику и продуктивност уз изузетно брзо време позиционирања. [16]

Једноставан је за руковање и употребу захваљујући оперативном софтверском програму.

Што се тиче дизајна, јако је узак и врло штеди протор, док је са друге стране енергетски јако ефикасан јер не садржи додатне расхладне јединице. [16]



Слика 24. – Модел FIBRODYN DA- а

1962. године FIBRO је лансирао први светски подеони апарат са заштитним механизмом за међународно тржиште FIBROТАКТ, приказан на слици 25. Развијен је за високо прецизно индексирање и способан је да поднесе велика машинска оптерећења, до чак 15 тона. Механизам закључавања у предњем реду дугорочно осигурава високу прецизност и крутост машине. [17]

Широк спектар дизајна и типова погона га чини савршеним решењем за било коју примену. И овај пример машине поседује велику прецизност и крутост.



Слика 25. – Модел FIBROТАКТ-а

Поред горе наведених произвођача ових машина могу се издвојити још пар водећих произвођача подеоних ЦНЦ апарата и то су:

Doosan, Mazak, DMG Mori, Hardinge, YCM, Leadwell, Feeler, Bulova, Tongtai и други.

Као пример једног савременог подеоног апарата, у даљем тексту биће пример Mazakovog CV5-500 цнц подеоног апарата, његове могућности и предности. На слици 26. је приказана већ поменута машина. [18]



Слика 21. – Mazak CV5-500

Ова машина долази са широким спектром предности и карактеристика, чинећи је идеалном машином за многе операције.[18]

Са само 2 300 x 2 790 мм ова машина је најкомпактнија петоосна машина у својој класи, што је чини идеалном за фабричка постројења или чак радионице где је површина пода у одличном стању.

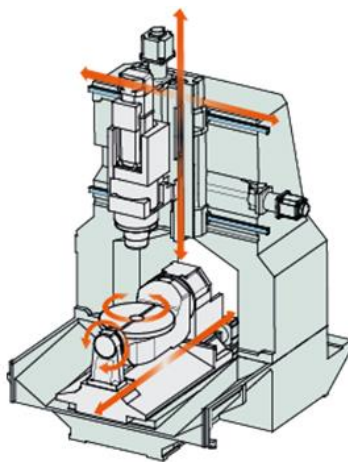
Посебна пажња је посвећена смањењу околног подручја одржавања, посебно са резервоаром који садржи течност за хлађење са бочним излазним транспортером чипа, који се може извући са предње стране машине како би се обезбедио погодан приступ кључним областима одржавања.

Поред тога, задњи део машине се може поставити близу зида како би се минимализовао простор који заузима машина.

Конструкција ове машине је мостовског типа што много утиче на стабилност, крутост и тачност машине.

Машина је опремљена столом високе чврстоће произвођача Sankyo, погоњеним ваљкастим зупчаником, који обезбеђује широк угао ротације, тачније, 220° у Б оси и 360° у С оси. Поред ових ротација, ова машина пружа окретне перформансе са брзинама кретања од 36 м/мин X, Y и Z оси. [18]

Такође, може да обрађује радне комаде до Ø500 мм са висином од 320 мм и тежином до 200 кг.

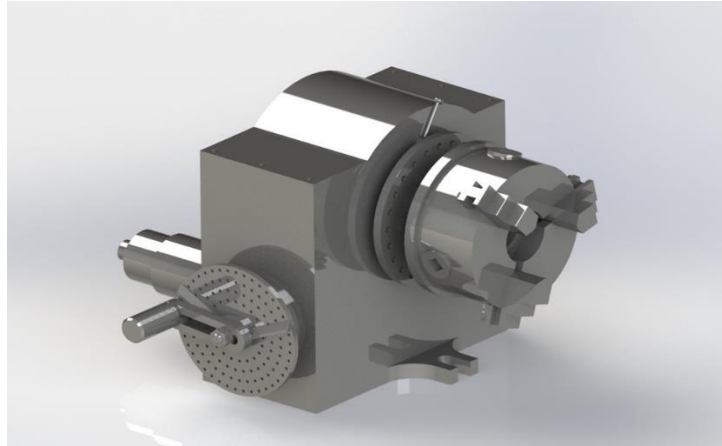


Слика 26. – Приказ 5 оса на машини

На слици 26. је приказано свих пет оса машине као и њихови правци кретања.

5. ПРИМЕР МОДЕЛИРАНОГ ПОДЕОНОГ АПАРАТА

На слици 27. приказан је пример моделираног подеоног апарата.



Слика 27.- Модел подеоног апарата

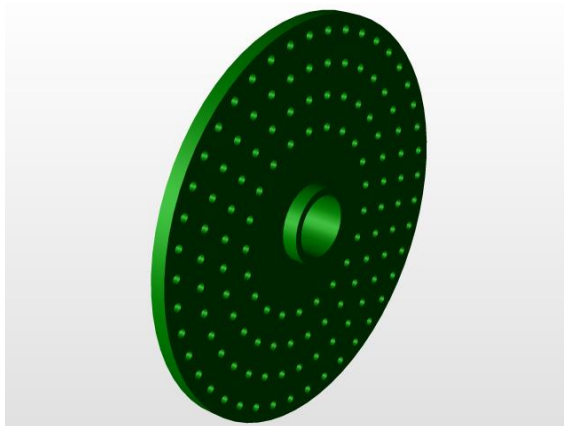
Овај пример моделираног подеоног апарата је класичан пример овог уређаја. Погони се обртањем ручке, која преко пара коничних зупчаника преноси кретање на погонско вратило на коме се налазе пуж и пужни зупчаник (преносни однос $1/40$) . На радном вретену на једном крају се налази пужни зупчаник док на другом крају се поставља предмето обраде. На овом примеру, постављена је стезна глава на крај радног вретена како би се обезбедила већа прецизност обраде тј, како не би дошло до померања радног комада приликом обраде.

На слици 28. приказан је исти модел апарата само без " кућишта " како би се боље видела унутрашњост овог апарата.



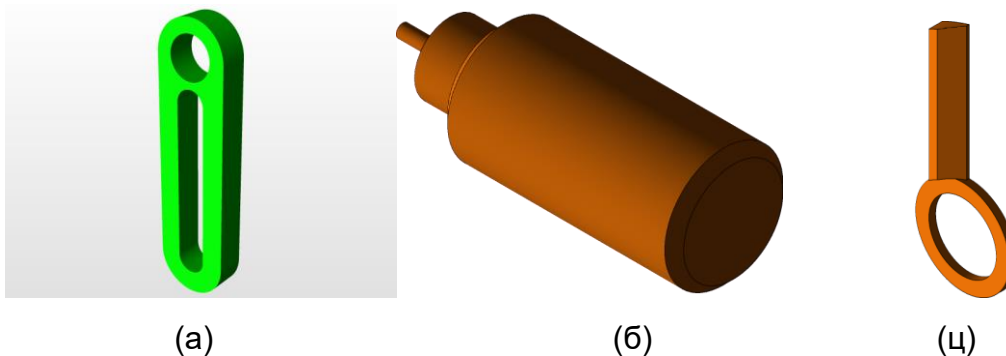
Слика 28.- Модел апарата без кућишта

На слици се лепо могу видети подеона плоча са одређеним бројем рупа (на највећем пречнику налази се 41 рупа). Такође она је приказана као посебан део на слици 29.

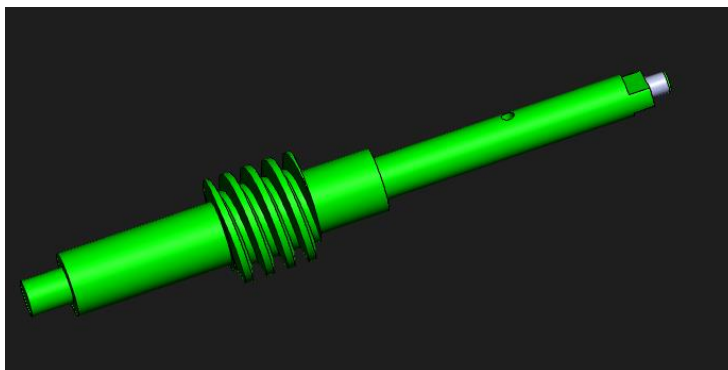


Слика 29.- Подеона плоча

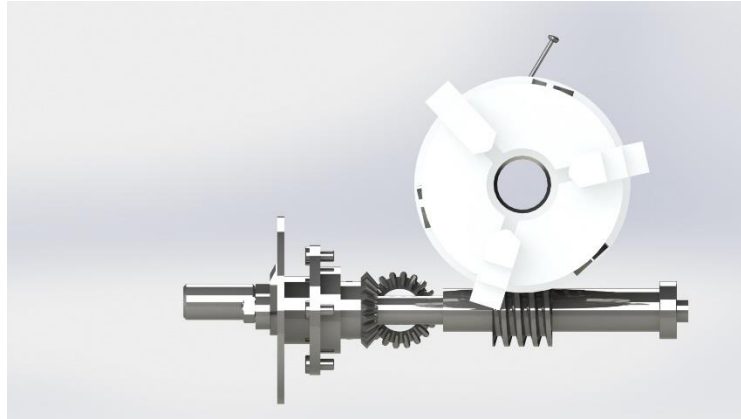
За окретање подеоне плоче користи се полуга, слика 30. (а), на којој се налази ручка, слика 30. (б) Такође могу се користити и помоћни уређаји као што су разделници, приказани на слици 30. (ц) .



Слика 30.- Полуга (а) , ручка (б) , разделник (ц)

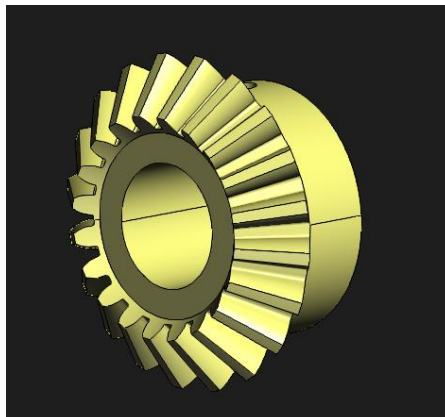


Слика 31.- Погонско вратило

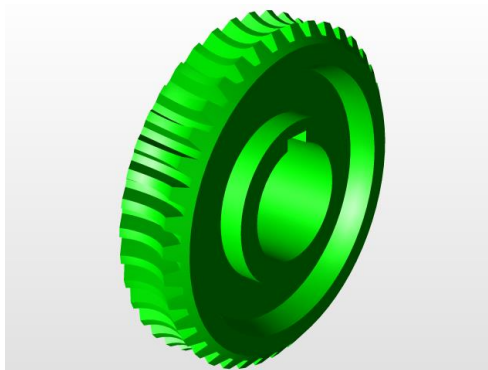


Слика 32. – Механизам подеоног апарата

Погонско вратило приказано је на слици 31. Како би се лакше и боље видело како уствари функционише механизам подеоног апарата дата је слика 32. На слици се види како се кретање са подеоне плоче преко групе коничних зупчаника, слика 33. , преноси на погонско вратило које уз помоћ пужа даље преноси кретање.

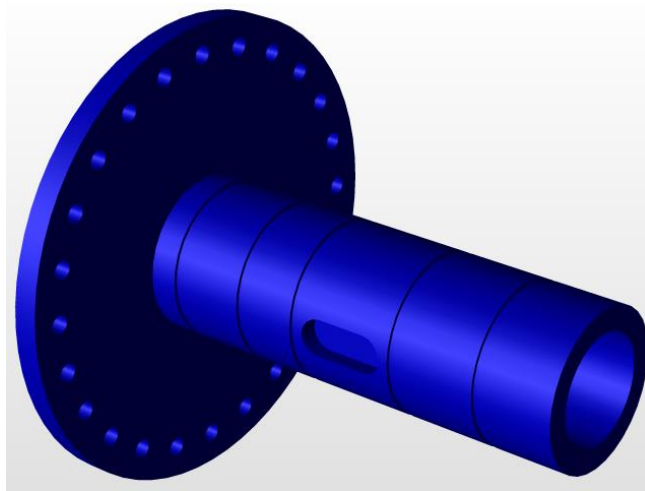


Слика 33.- Конични зупчаник



Слика 34.- Пужни зупчаник

Радно вретено на коме се налази пужни зупчаник као и разделна глава дато је на слици 35.



Слика 35.- Радно вретено



Слика 36. – Ручица осигурач

На слици 36. , приказана је ручица осигурач која служи да фиксира или не подеону плочу код било каквог дељења. У случају ако је потребно да се подеона плоча креће заједно са ручицом за покретање или не.

6. ЗАКЉУЧАК

Скоро свака машина данас има неке додатне уређаје како би поспешила свој рад, унапредила саме перформансе и повећала тачност израде делова. Један од тих помоћних уређаја је и подеони апарат који своју примену највише налази код алатних машина као што су струг и глодалице, било хоризонталне или вертикалне. Овај уређај доста олакшава рад ових алатних машина и може додатно смањити време обраде неког дела.

Подеони апарат је уређај који се може погонити ручно али исто тако и путем мотора и то га чини једним од најпопуларнијег и најзначанијег помоћног уређаја алатних машина. У примени се могу наћи они најједноставнији примери подеоних апарата који функционишу уз помоћ пар зупчаника или каиша па све до оних најмодернијих који поседују пет оса и погоне се помоћу мотора, чији су примери дати у овом раду.

Пошто је човеку у природи да константно тежи ка томе да се усавршава и ствара нешто ново то се може приметити и у технологији и самим машинама које из године у годину константно постају све више аутоматизованије, све лакше за употребу што доводи до тога да постају све тачније. Једна од предности подеоног апарата је између осталог управо тачност обраде како код простих апарата тако и код ових савременијих.

Још један квалитет ових машина је то што су веома приступачни, цене нису превелике и могу се приуштити, али исто тако уколико се неко одлучи може сам конструисати и направити у својој кућној радионици апарат просте конструкције за личне потребе.

Кроз овај рад дати су примери разних подеоних апарата, од простих преко универзалних па све до савремених подеоних цнц апарата. Описане су њихове улоге код алатних машина, начин на који се користе и саме конструкције апарата.

Напомиње се кроз рад и Гуцулова метода и како је она нашла место код ових уређаја, односно како и на који начин је он допринео диференцијалном дељењу код подеоних апарата.

Такође на крају рада је представљен пример једног пројектованог подеоног апарата једноставне конструкције

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.engineeringenotes.com/metallurgy/milling/indexing-meaning-and-methods-milling-industries-metallurgy/23759> (приступљено 09.05.2020.)
- [2] <https://johnfsworkshop.org/home/processes-links/processes-removing-metal/the-milling-machine/the-milling-machine-workholding/worm-driven-rotary-devices/the-dividing-head/dividing-head-introduction/> (приступљено 12.09.2020.)
- [3] http://www.vertex-tw.com.tw/about_us/index.php?language=eng (приступљено 18.09.2020.)
- [4] Др. Недић, Б., Др. Лазећ, М. (2007), Обрада метала резањем, Скрипта, Крагујевац (приступљено 10.05.2020.)
- [5] <https://www.picclickimg.com/d/l400/pict/163745207030/Index-Plate-for-Dividing-Head-Rotary-Table-100x.jpg> (приступљено 15.05.2020.)
- [6] <https://what-when-how.com/metrology/optical-dividing-head-metrology/> (приступљено 27.09.2020.)
- [7] <http://enginemechanics.tpub.com/14345/Compound-Indexing-198.html> (приступљено 28.09.2020.)
- [8] <http://enginemechanics.tpub.com/14345/Differential-Indexing-199.html> (приступљено 27.08.2020.)
- [9] <https://johnfsworkshop.org/home/making-other/gears-links/making-spur-gears-links/dividing-head-making-spur-gears/> (приступљено 20.09.2020.)
- [10] <https://www.mazakeu.com/machines-technology/by-product/5-axis-multi-tasking/> (приступљено 02.10.2020.)
- [11] <https://www.directindustry.com/prod/kitagawa-europe-limited/product-88623-852011.html> (приступљено 02.10.2020.)
- [12] <https://www.directindustry.com/prod/kitagawa-europe-limited/product-88623-852043.html> (приступљено 02.10.2020.)
- [13] <https://www.directindustry.com/prod/kitagawa-europe-limited/product-88623-852023.html> (приступљено 02.10.2020.)
- [14] <https://www.kitagawa.global/en/products/nc-rotary-tables/4th-axis-rotary-tables/tm3100> (приступљено 02.10.2020.)
- [15] <https://www.fibro.de/en/rotary-tables/product-groups/rotocutting/fibroplan/> (приступљено 02.10.2020.)
- [16] <https://www.fibro.de/en/rotary-tables/product-groups/rotocutting/fibrodyn/> (приступљено 02.10.2020.)
- [17] <https://www.fibro.de/en/rotary-tables/product-groups/rotocutting/fibrotakt/> (приступљено 02.10.2020.)
- [18] <https://www.aero-mag.com/mazak-unveils-uk-made-simultaneous-5-axis-machine/> (приступљено 02.10.2020.)