

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 114/2012

Стефан М. Фурјановић

Електро-механичка Провлакачица

-завршни рад-

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

Катедра за: ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО

Предмет: Производне технологије

ЗАВРШНИ РАД

са темом:

ЕЛЕКТРО-МЕХАНИЧКА ПРОВЛАКАЧИЦА

Кандидат: Стефан Фурјановић, број индекса 114/2012.

У оквиру завршног рада кандидат треба да прикупи, систематизује и на одговарајући начин презентује информације о технологији обраде провлачењем, машинама за обраду провлачењем: да у посебном делу рада изврши пројектовање елемената за израду електро-механичке провлакачице.

Завршни рада треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања
2. Обрада провлачењем
3. Машине и алати у обради провлачењем
4. Моделирање елемената електро-механичке провлакачице
5. Закључак
6. Литература

Препоручена литература:

1. Миодраг Лазих, Производне технологије II, скрипта, *Машински факултет, Крагујевац, 2001.*
2. Др Богдан Недић, др Миодраг Лазих, др Слободан Митровић, Технологија обраде метала резањем, *Машински факултет, Крагујевац, 2002.*
3. Др Богдан Недић, др Миодраг Лазих, Производне технологије обрада метала резањем, *Машински факултет, Крагујевац 2007.*

ПРЕДМЕТНИ НАСТАВНИК

Проф. др Богдан Недић

Крагујевац, септембар, 2015. год.

Саджај :

Резиме.....	2
1. Увод	3
2. Обрада провлачењем	4
2.1. Кинематика процеса обраде провлачењем.....	4
2.2. Типови провлачења.....	5
2.3. Метода провлачења.....	6
2.4. Врсте провлачења.....	7
2.5. Избор шеме резања.....	9
3. Машине и алати у обради провлачењем	11
3.1 Машине у обради провлачењем.....	11
3.1.1 <i>Прорачун потребне вучне силе машине</i>	13
3.1.2 <i>Прорачун критичног напона</i>	13
3.2 Типови машина за провлачење.....	13
3.3 Алати за провлачење.....	18
3.3.1 Основни конструктивни елементи провлакача за унутрашње провлачење....	18
3.3.2 Избор облика међузубља.....	21
3.3.3 Дршке провлакача.....	23
4. Моделирање елемената електро-механичке провлакачице	25
4.1 Електро-мотор са варијатором.....	25
4.2 Каишни преносник и погонска група зупчаника.....	26
4.3 Претварачи кретања.....	27
4.4 Остали елементи консрукције.....	29
5. Закључак	32
6. Литература	33

Резиме

Провлачење представља обраду метала резањем која се врши у једном пролазу. Алат је провлакач и има неколико резних ивица. У оквиру овог завршног рада објашњени су облици алата, поступци обраде, начини обраде итд. Машина која се користи за ову обраду је провлакачица и у раду се даје систематизован модел вертикалне провлакачице.

Кључне речи: Провлачење , провлакачи , провлакачице

Abstract

Broaching is a metal cutting process that is done in one pass. The tool is broaches and has several cutting edges. In next presentation will be explain type of tools, procedures of treatment, methods of treatment and others. The machine used for this treatments is broaching machine and the thesis provides a systematic model of vertical broaching machines.

Kew words: Broaching, broaching tools, broaching machine

1. УВОД

Провлачење представља операцију обраде метала где се обрада врши у једном пролазу. Алат је провлакач и направљен је тако да линеарно пролази нормално на предмет обраде у правцу осе алата. Релативно кретање алата кроз предмет обраде обезбеђује машина за провлачење (провлакачица). Алат може да се гура (што је ређи начин обраде) или вуче кроз предмет обраде. Провлачење може бити унутрашње (када алат обрађује унутрашње површине предмета обраде) или спољашње (када алат обрађује спољашње површине предмета обраде).

Технологија обраде провлачењем дата је у другом поглављу, описана је кинематика обраде провлачењем где се могу видети положај алата при обради унутрашњег и спољашњег провлачења, типови провлачења, методе и врсте провлачења и шеме резања.

У трећем поглављу описане су машине за провлачење неких произвођача и њихове основне карактеристике, алати у обради провлачењем и њихови основни конструктивни елементи. Такође избор облика међузубља, ломача струготине и дршке провлакача (за унутрашње и спољашње провлачење).

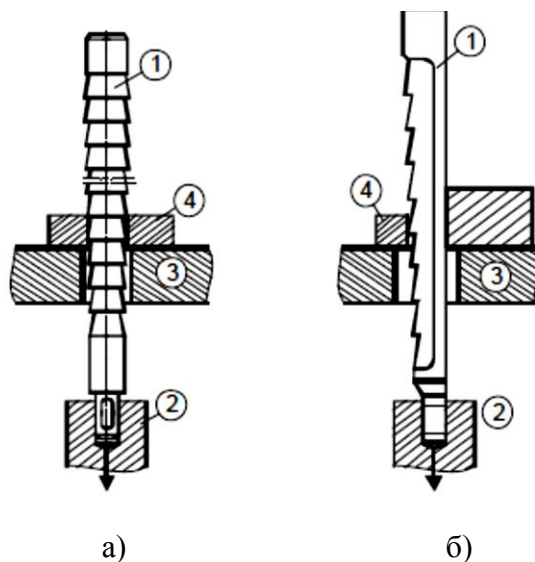
На основу претходних карактеристика провлакача и провлакачица у четвртном поглављу извршено је моделирање делова **електро-механичке провлакачице**, односно зупчаник и зупчаста летва, стезна глава алата, стубни носачи и електро-мотор, у програму CATIA V5r21. Пре десет или више година професиори са Машинског факултета решили су да конструишу провлакачицу, направљени су скоро сви елементи машине и на томе је остало. Провлакачица је моделирана према већ постојећим елементима и зато је баш таквог изгледа.

2. ОБРАДА ПРОВЛАЧЕЊЕМ

Процес обраде провлачењем карактерише висока производност у условима високосеријске и масовне производње и висока продуктивност процеса обраде. И поред једноставне кинематике процеса обраде овај поступак обраде спада међу најсложеније поступке обраде метала. Разлози леже у чињеници да је обрада провлачењем најчешће завршна обрада и да се процес обраде изводи при врло високим вредностима оптерећења алата и машина. С тим у вези, читав обрадни систем (алат, машина, стезни прибор) треба да карактерише висок ниво статичке и динамичке стабилности. Због високе цене алата, провлачење се примењује искључиво у серијској, високосеријској и масовној производњи.

2.1 Кинематика процеса обраде провлачењем

У највећем броју случајева процес обраде провлачењем се изводи праволинијским кретањем алата. Предмет обраде не изводи помоћно кретање, јер помоћног кретања фактички и нема изузев у неким специјалним случајевима (завојни провлакачи). Помоћно кретање је на одређени начин уграђено у сам алат. Обрада се изводи вучењем алата, ређе потискивањем, дуж осе предмета обраде. На слици 2.1 представљене су шеме обраде за унутрашње и спољашње провлачење са нумерисаним позицијама. На позицији 1. налази се провлакач, позиција 2. вођица, 3. радни сто, 4. предмет обраде [3].

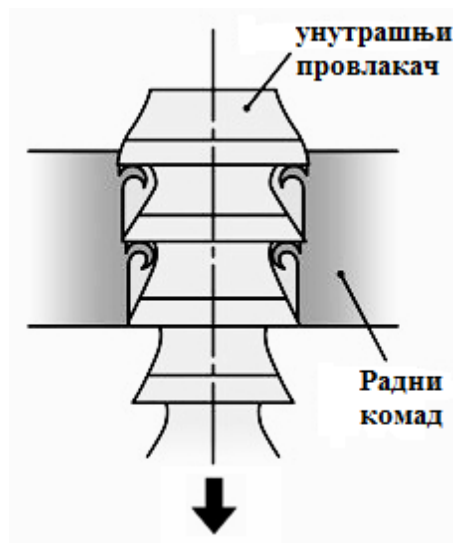


Слика 2.1 Шема обраде провлачењем а) унутрашње, б) спољашње [3]

2.2 Типови провлачења

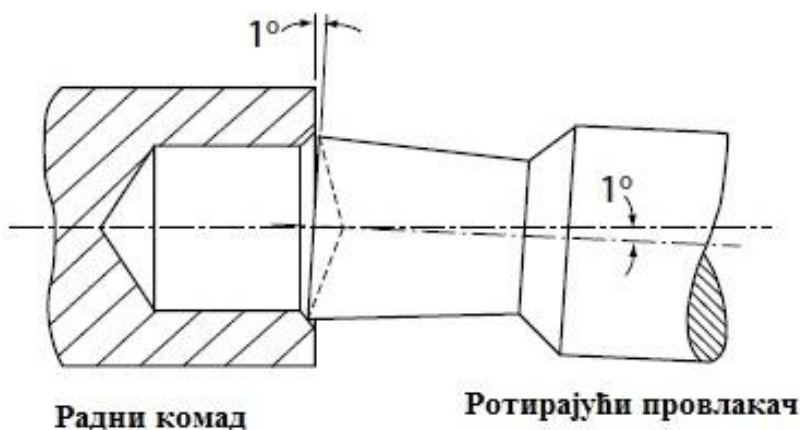
Постоје три типа провлачења:

Код **прогресивног провлачења** провлакачи имају режуће ивице, истог су растојања једне од других али су различитих ширина. У прогресивном провлачењу сви зуби уклањају део метала са радног комада. Последњи зуб прогресивног провлачења уклања веома танак слој метала преко целог профила радне површине као и обично провлачење.



Слика 2.2 Шема прогресивног провлачења

Ротирајуће провлачење се користи за уклањање велике количине материјала у отворима који су ковани или ливени где није пожељно прогресивно провлачење. Зуби код оваквих провлакача су распоређени по обиму да када се окреће реже струготину са комада и дозволи одвођење струготине. Ово се препоручује за израду квадратних или шестоугаоних отвора од округлих.



Слика 2.3 Шема ротирајућег провлачења

Метода обраде утискивањем се користи за израду угланчаних и завршних површина на металном комаду. Ово се користи за завршну обраду рупа. Зуби код овог алата су заобљени и не режући, али сабијају и утрљавају површину метала. Величина отвора је намерно остављена за брунирање. Његова дебљина не сме бити више од 0,025mm [6].



Слика 2.4 Шема алата за обраду утискивањем

2.3 Методе провлачења

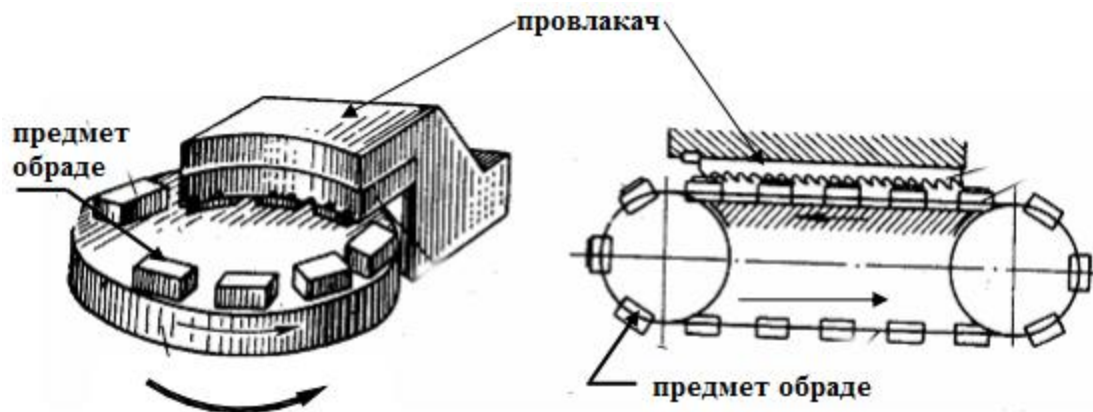
На основу метода за провлачење рад провлакача класификован је као:

- **Провлакач који машина вуче**
- **Провлакач који машина гура**
- **Континуирано провлачење**

Код прве методе радни комад је причвршћен за машину у стационарном положају и провлакач се вуче кроз радни комад. Провлакач је обично дугачак и причвршћен је за специјалну вучну главу. Ово је најчешће употребљивана метода.

Радни комад код друге методе је такође причвршћен за машину а провлакач се гура кроз отвор радног комада. Овај тип провлачења може да се обавља ручно и помоћу хидрауличних преса. Ова метода се препоручује за унутрашње провлачење, за димензионисање и дораде рупа, шупљина и отвора за кључеве.

Код континуиранг провлачења, провлакач остаје стационаран у машини а радни комад се креће. Радни комад се креће праволинијски хоризонтално или кружно. Ово се генерално користи за обраду већег броја сличних радних комада у једном тренутку (слика 2.5) [6].



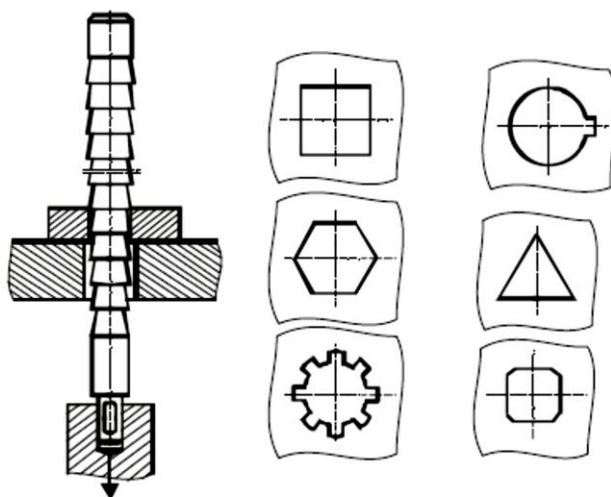
Слика 2.5 Шеме континуираног провлачења

2.4 Врсте провлачења

У основи постоје две врсте провлачења односно алата за обраду провлачењем и то:

- Унутрашње провлачење и
- Спољашње провлачење

У операцији **унутрашњег провлачења** (слика 2.6) потребно је претходно изградити цилиндрични отвор на радном комаду (бушењем или стругањем) у циљу обезбеђења праволинијског кретања алата. Кретањем провлакача кроз отвор обезбеђује се обликовање отвора у складу са профилем резних елемената алата (формирање отвора високе тачности и квалитета, различитог облика – кружни, троугаони, квадратни и други).

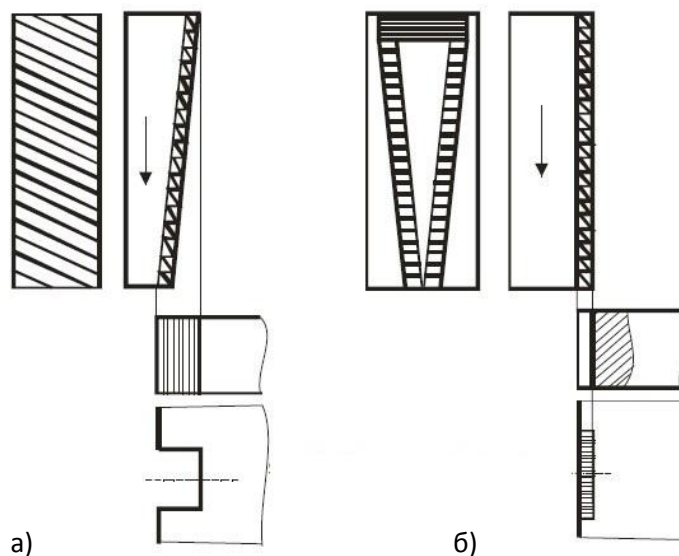


Слика 2.6 Операције унутрашњег провлачења [3]

Операције спољашњег провлачења су операције обраде површина различите конфигурације применом вишеделних алата за провлачење (слика 2.7). Два основна поступка провлачења су са:

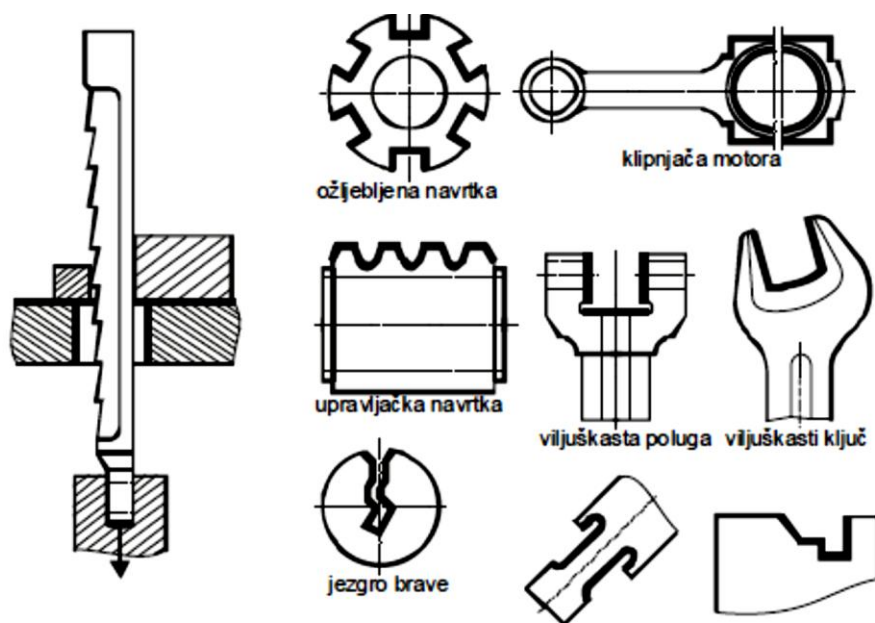
- дубинским примицањем и
- бочним примицањем.

Код спољашњег провлачења са дубинским примицањем алата обезбеђују постепено обликовање профила по дубини, док код бочног примицања обликовање се постепено одвија по ширини.



Слика 2.7 Основни поступци обраде спољашњим провлачењем
а) са дубинским примицањем, б) са бочним примицањем [3]

Спољашњим провлачењем се могу формирати профили површина различите конфигурације и димензија (слика 2.8). Поступак се може применити и као замена за производне операције глодања и рендисања површина, посебно у условима обраде површина сложене конфигурације, високог квалитета и тачности обраде [3].



Слика 2.8 Производне операције спољашњег провлачења [3]

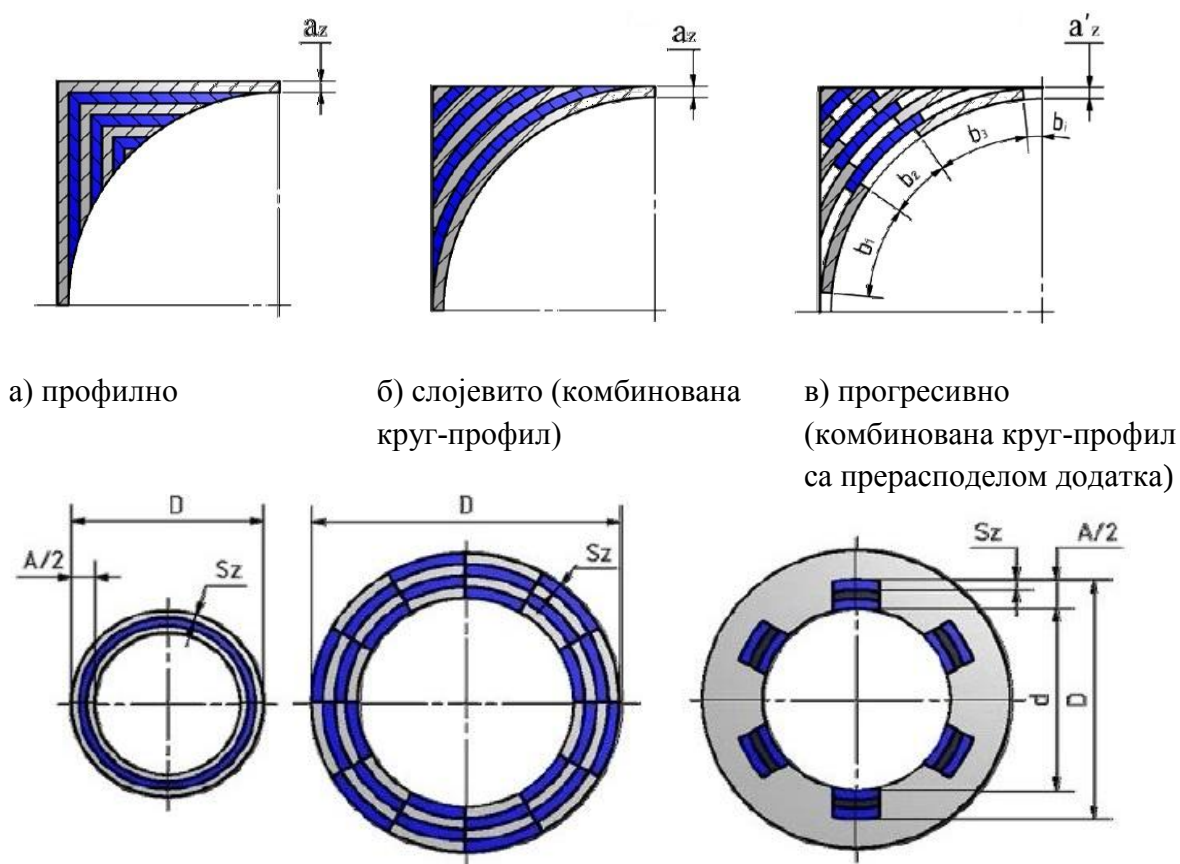
2.5 Избор шеме резања

Под шемом резања код провлачења се подразумева усвојени редослед резања (скидања) целокупног додатка за обраду. Постоји велики број различитих шема резања, што првенствено зависи од облика и димензија профила предмета обраде.

Веома је важно да се изврши, бар груба оптимизација избора шеме резања. То подразумева интегрално разматрање и анализу изабране шеме резања и ефеката који се постижу у смислу:

- потребне вучне силе машине
- оптерећење провлакача (критични напони истезања код провлакача за унутрашње провлачење)
- потребне дужине провлакача или броја провлакача у комплекту
- вредности дубине резања по зубу (корака по зубу)
- броја зуба провлакача
- постизања захтеване геометријске тачности и квалитета обрађене површине и др.

На слици 2.9 приказане су неке од могућих шема резања.



Слика 2.9 Шеме резања код провлачења [5]

Профилно резање карактерише поступно уклањање додатка за обраду у слојевима дебљине a_z , који одговара конфигурацији профила предмета обраде (обратка).

Слојевито резање одликује постепено уклањање додатка у равним слојевима дебљине a_z или концентричним круговима лучног облика при произвољном профилу предмета обраде.

Прогресивно резање при провлачењу је резање код кога сваки зуб уклања део слоја дужине $b_1, b_2 \dots$ и дебљине по зубу $a'_z > a_z$.

У принципу треба, ако је то могуће, примењивати прогресивне шеме резања које омогућавају извођење обраде са већим дубинама резања по зубу. Суштинска предност прогресивних шема резања састоји се у смањењу потребне дужине алата за провлачење, потребне вучне силе и бољег размештаја струготине у међузубљу [5].

3. МАШИНЕ И АЛАТИ У ОБРАДИ ПРОВЛАЧЕЊЕМ

3.1 Машине у обради провлачењем

Машине у обради провлачењем – *провлакачице* се разврставају, према намени (врсти операције провлачења) на провлакачице за:

- унутрашње и
- спољашње провлачење

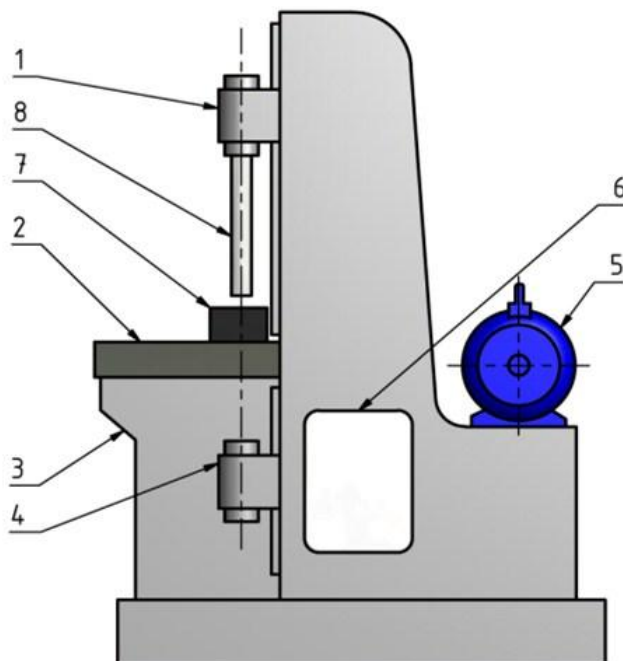
А према правцу кретања алата и намени на:

- хоризонталне и
- вертикалне

Основна карактеристика ових машина је:

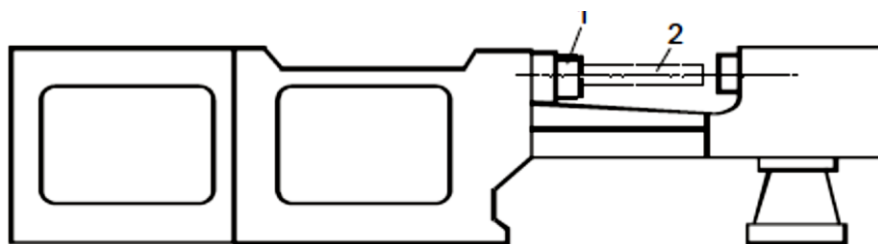
- велика маса машина
- расположиве вучне силе које најчешће износе преко 100000N
- брзина резања реда величине 30m/min
- радни ходови реда величине 1500mm.

Вертикалне провлакачице за унутрашње провлачење (слика 3.1) су најчешћи вид конструкције машина за унутрашње провлачење. Предмет обраде (7) се поставља на радни сто машине (2), а алат се у почетној фази обраде, пре обраде, поставља у задњи водећи део машине (1). Алат се, посредством задњег водећег дела, доводи у радну позицију, када предњи прихватни део (4) прихвата алат. Захваљујући погонском систему машине (електромотору 5, преносном систему 6 и механизму за претварање обртног у праволинијско кретање) предњи водећи део машине добија неопходна кретања и вучну силу машине, потребну за реализацију процеса обраде. По завршетку процеса резања (достизању доње тачке хода алата), предмет обраде се скида са радног стола и алат враћа у почетну позицију.



Слика 3.1 Шема пневматске вертикалне провлакачице за унутрашње провлачење [5]

Хоризонталне провлакачице за унутрашње провлачење (слика 3.2) раде на сличном принципу, с том разликом што је кретање алата (2) у хоризонталном правцу и што је неопходно обезбедити одговарајући систем за прихватање и стезање предмета обраде (1). Хоризонталне машине за провлачење обезбеђују могућност континуалног рада непокретним алатом, ако се предмети обраде поставе на обртни сто или бесконачну траку [3].



Слика 3.2 Шема хоризонталне провлакачице за унутрашње провлачење [3]

Основне експлоатацијске карактеристике машина у обради провлачењем су:

- коефицијент прецизности $C_{\text{пр}}$ и тачности машине $C_{\text{прк}}$
- максимална вучна сила
- максимална брзина провлачења
- максимални ход алата
- габарити предмета обраде и сл.

3.1.1 Прорачун потребне вучне силе машине

Потребна вучна сила машине одређује се као сума главних отпора резања на свим зубима алата, односно:

$$F_m = \sum F_1$$

У литератури постоји велики број емпиријских образаца на основу којих се може извршити прорачун главног отпора резања по једном зубу. За прорачун овог отпора може се, са задовољавајућом тачношћу, искористити образац који базира на специфичном отпору резања тј. израз:

$$F_1 = k_s * b * s_z$$

где је:

- k_s - специфични отпор резања
- b - ширина резања зуба
- s_z - корак по зубу (дубина резања по једном зубу)

3.1.2 Прорачун критичног напона

На основу прорачунате потребне вучне силе машине (ова сила се редовно увећава за најмање 30%) врши се провера напона на критичном пресеку алата (провлакача) по обрасцу:

$$\sigma_{doz} = F_m / A \leq \sigma_{doz}$$

- A – величина критичног пресека алата
- σ_{doz} – дозвољена вредност напона на истезање

3.2 Типови машина за провлачење

За процес обраде метала провлачењем користе се разни типови машина. Верикалне, хоризонталне, за тврде и мекше материјале, за унутрашње и спољашње провлачење, машине великих габарита, малих габарита и др. Овде ће бити описане неке од њих, са њиховим карактеристикама.

Машина за провлачење тврдых материјала **HW-5008**, фирме NACHI-FUJIKOSHI, користи систем брзог подизања радног стола за завршну операцију провлачења веома тврдых материјала (слика 3.3). Одликују је:

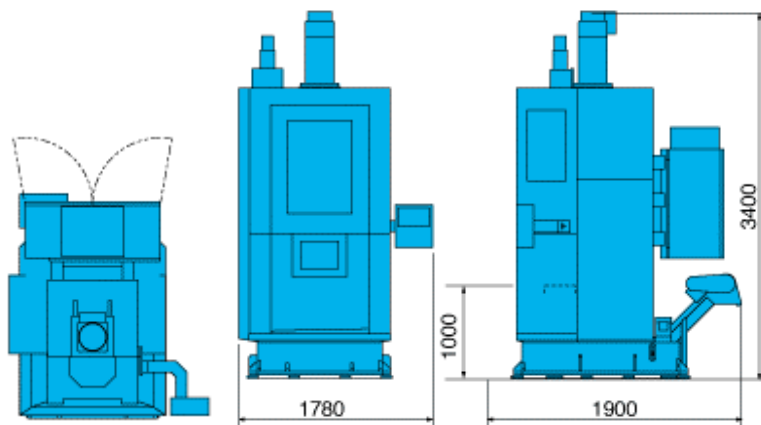
- висока прецизност завршног провлачења материјала са високим нивоом тврдоће
- веома ефикасно провлачење
- одлична обрадивост
- уштеда енергије и простора



Слика 3.3 Машина за провлачење HW-5008 [9]

Ова машина обрађује материјале тврдоће од 50 до 62 HRC, и обезбеђује високу прецизност, стабилно провлачење обезбеђује тврд провлакач направљен од специјално обложене ултра фине карбид легуре дизајниране за цео живот. Покретни радни сто омогућава лако скидање и стављање предмета обраде и његова висина буде 1000mm од пода. Електрични сто троши мање енергије од хидрауличних, и заузима мањи простор.

Максимална сила вучења је 50 KN , максимални ход 800mm, брзина провлачења од 1 до 60 m/min, радни ход стола 1000mm, искоришћена површина 1780x1900 mm x mm, висина машине 3400 mm, тежина машине 5700 kg. На слици 3.4 приказане су димензије ове машине. [9]



Слика 3.4 Шема машине за провлачење HW-5008 [9]

Машина за спирално провлачење BV-T-*M series, произвођача NACHI-FUJIKOSHI, **BV-T25-17MNC** (слика 3.5).



Слика 3.5 Спирална провлакачица BV-T25-17MNC [10]

Ова машина користи се за провлачење унутрашњих спиралних зубаца зупчаника. Унутрашњи спирални зупчаник може се одрезати са високом ефикасношћу. Остварена је висока тачност резања која не може да се реализује са машином за резање зубаца зупчаника. На слици 3.6 се може видети слика тог зупчаника.



Слика 3.6 Зупчаник са спиралним унутрашњим зупцима [10]

Вучна сила машине је 250 KN, максималан ход 1700 mm, брзина резања 3 до 7 m/min(60Hz), брзина враћања 1 до 10 m/min (60Hz), ход провлакача 450 mm, пречник прихватача алата 160 mm, максимални пречник радног комада 200 mm, контрола кретања - NC control, главни мотор AC Servo 30, висина машине 5600 mm, заузети простор 3300 x 5500 mm x mm, маса машине 22000 kg. [10]

Машина за унутрашњу обраду провлачењем код које главно кретање има предмет обраде BV-T-*S series, произвођача NACHI-FUJIKOSHI, **BV-T15-14S** је на слици 3.7 . Ово је једна од првих машина која користи систем кретања предмета обраде. Нижа радна позиција резултира боље одржавање и бољи рад.



Слика 3.7 Тип провлакачице са покретним предметом обраде [11]



Слика 3.8 Примери обрађених комада [11]

Технички подаци: Вучна сила је 150 KN, максималан ход 1400 mm, брзина резања од 1 до 8 m/min (60Hz), брзина повратног хода 24 m/min (60Hz), ход подизача провлакача 600 mm, максимални пречник радног комада је 300 mm, висина стола 1150 mm, јачина главног мотора 22 kW , висина машине 4250 mm, простор који заузима је 2500 x 3500 (mm x mm), маса машине је 7500 kg. [11]

Хидраулична машина за провлачење **BM25**, произвођач **NARGESA** (слика 3.9). Ова машина се користи за израду зареза и жљебова за клинове у свим врстама комада: ланчаника, ременица, зупчаника, итд. Такође се користи као преса за растављање делова који су оксидирали, монтажу и демонтажу лежајева, итд. Вертикална машина за провлачење BM 25, је направљена за малу и средњу производњу, одликују је свестраност, поузданост и брзо монтирање.



Слика 3.9 Вертикална машина за провлачење BM 25 NARGESA [12]

- Разноврсност: Користи се за израду малих и великих комада. Све врсте провлачења и разних толеранција. Жљебови за клинове од 2 mm до 25 mm
- Поузданост: Жљеб је увек направљен са потребном толеранцијом
- Једноставна употреба: Свако може да обради отворе за кључ. Нема потребе за вештим оперативцем
- Брзо монтирање: Време за припрему машине пре него што се почне са радом је 1min
- Предности: Машина може лако да се помера

Техничке карактеристике: Снага мотора износи 2,2 KW , снага хидраулике је 10 Tm, радна брзина је 24 mm/s брзина повратног хода је 54 mm/s , проток пумпе је 7,5 l, висина машине је 2365 mm, површина коју заузима је 820 x 1270 mm, а целокупна маса је 810 kg. [12]

3.3 Алати за провлачење

Провлакачи припадају групи специјалних алата. Њихове конструктивне карактеристике зависе од великог броја фактора везаних, првенствено, за карактеристике (геометријске, механичке и друге) предмета обраде. Практично је врло тешко уопштено говорити о пројектовању алата за провлачење јер се исти у великој мери разликују у зависности од намене. Полазну основу за пројектовање било које врсте провлакача представља профил предмета обраде односно величине додатка које је потребно обрадити (скинути) провлачењем. С тим у вези, врши се анализа производне операције и избор најповољније шеме резања. При анализи производне операције потребно је, поред додатка за обраду анализирати и:

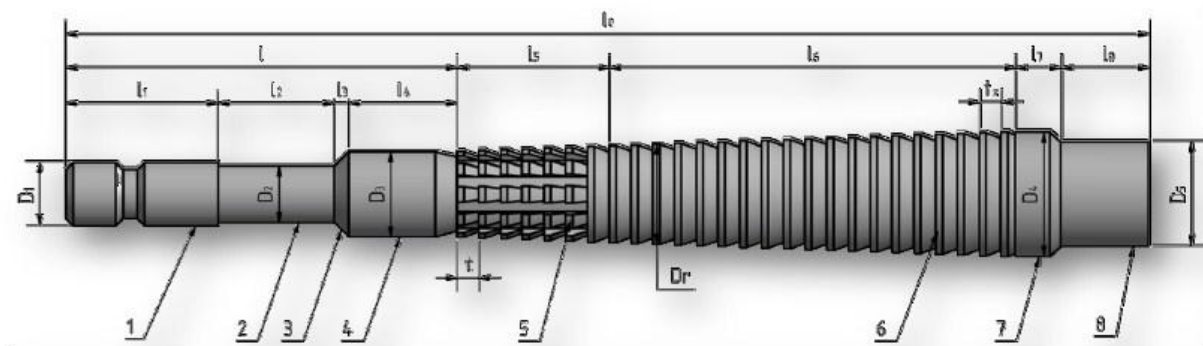
- потребну дужину провлачења
- механичке карактеристике предмета обраде и
- захтеве по питању геометријске тачности и захтеваног квалитета обраде.

У зависности од наведених фактора тј. Карактеристика предмета обраде треба извршити анализу могућих решења односно размотрити могућност израде провлакача са механички причвршћеним зубима, што је сигурно повољније решење. Међутим треба нагласити да је пројектовање провлакача са механички изменљивим елементима знатно сложеније и у одређеној мери мање поуздано решење [5].

3.3.1 Основни конструктивни елементи провлакача за унутрашње провлачење

Основни конструктивни елементи провлакача дефинишу се у зависности од његове намене. Код провлакача за унутрашње провлачење (цилиндричних провлакача слика 3.10) основни елементи (целине) су следећи:

1. дршка провлакача
2. врат провлакача
3. прелазни конус
4. предњи водећи део
5. резни део
6. калибрирајући део
7. задњи водећи део
8. прихватни део



Слика 3.10 Основни елементи цилиндричних провлакача [5]

На (слици 3.11) дат је фотографски приказ провлакача и пробијача



Слика 3.11 фотографски приказ провлакача и пробијача

Дршка провлакача служи за прихватање провлакача од стране вучног система машине за провлачење. Конструктивне мере дршке зависе, једним делом, од решења механизма за прихватање алата. Ови механизми се разликују у зависности од произвођача машине.

Предњи водећи део провлакача служи за вођење алата кроз претходно обрађени отвор или одговарајући профил који је формирао претходни провлакач (када се ради са комплетом провлакача). Облик и димензије овог дела алата зависе, првенствено, од облика претходно формираног профила. У циљу што поузданијег вођења алата треба тежити остварењу минималних зазора између предњег водећег дела и претходно обрађеног профила. Дужина предњег водећег дела усваја се конструктивно према препорукама из литературе.

На **резном делу** алата за провлачење формирани су резни сегменти (зуби) који по профилној шеми резања или у одговарајућим секцијама (прогресивне шеме) режу комплетан додатак за обраду провлачењем. Дужина резног дела зависи од броја зуба, дубине резања по зубу, корака зуба и броја зуба за преоштравање.

На **калибрирајућем делу** алата формирани су калибрирајући зуби. Дужина овог дела алата зависи од броја калибрирајућих зуба и њиховог корака.

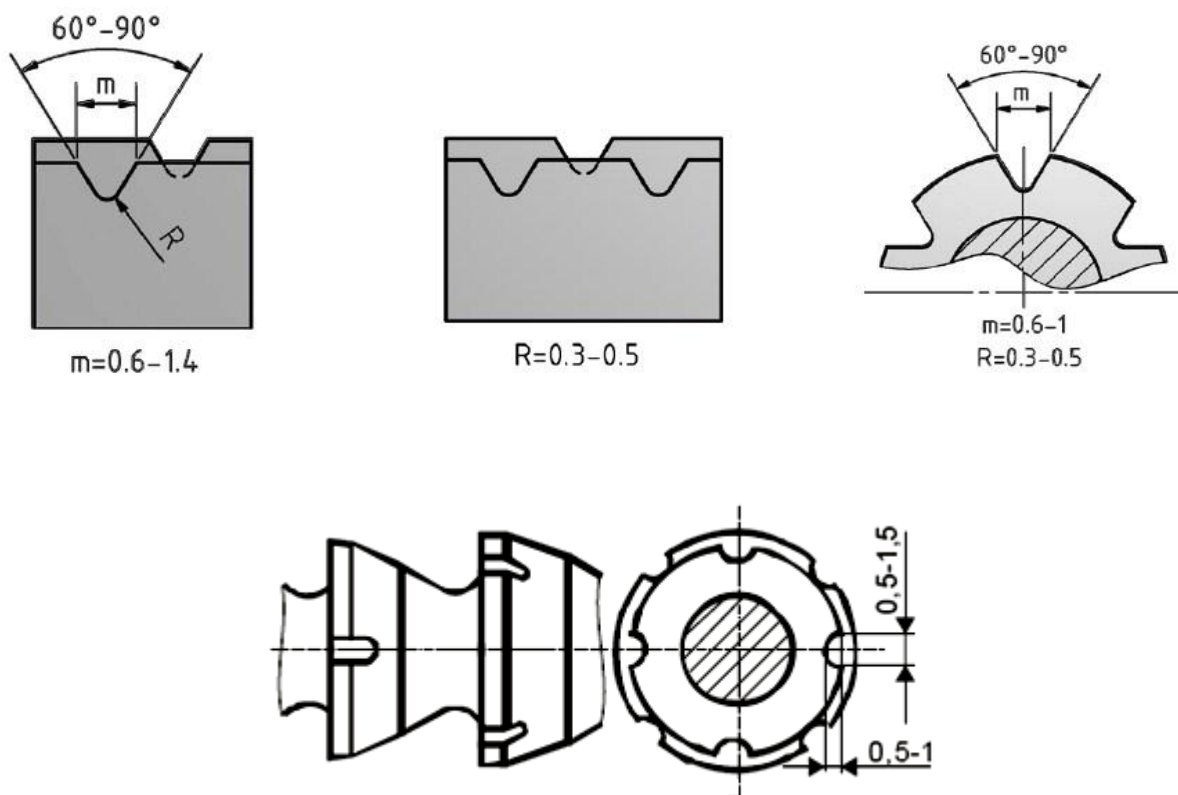
Задњи водећи део алата служи за вођење алата по већ формираном профилу. Дужина овог дела конструктивно се усваја према препорукама из литературе, по обрасцу

$$L_7 = (0,5 - 0,7)L$$

где је: L -дужина провлачења.

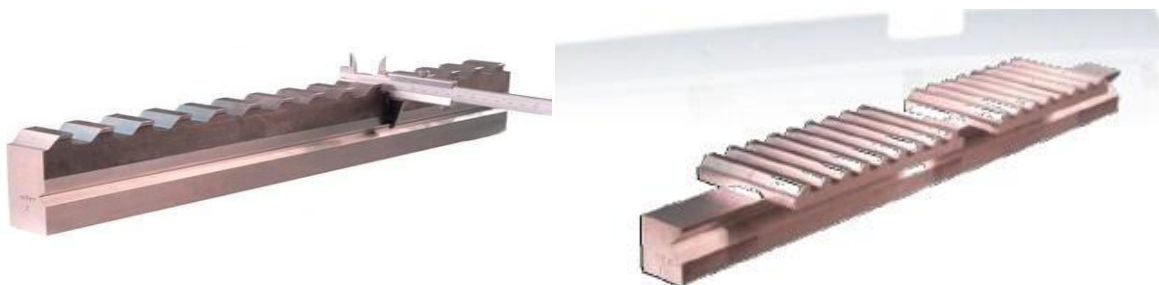
Прихватни део алата служи за прихватање алата од стране прихватног механизма машине. Задњи прихватни део обавезно се израђује код тежих провлакача. Код провлакача мањих димензија (лакших провлакача) може се вршити и ручно прихватање, што је у пракси чест случај. Величина задњег прихватног дела такође се конструктивно усваја.

При провлачењу затворених контура настаје затворена струготина која се по изласку зуба из захвата задржава у међузубљу. Да би се олакшало уклањање струготине на зубима се израђују жљебови за ломљење струготине – зуби ломачи. Број канала за ломљење струготине зависи од ефективне дужине сечива провлакача. На слици 3.12 приказани су профили и основне димензије ломача струготине [5].



Слика 3.12 Облик ломача струготине

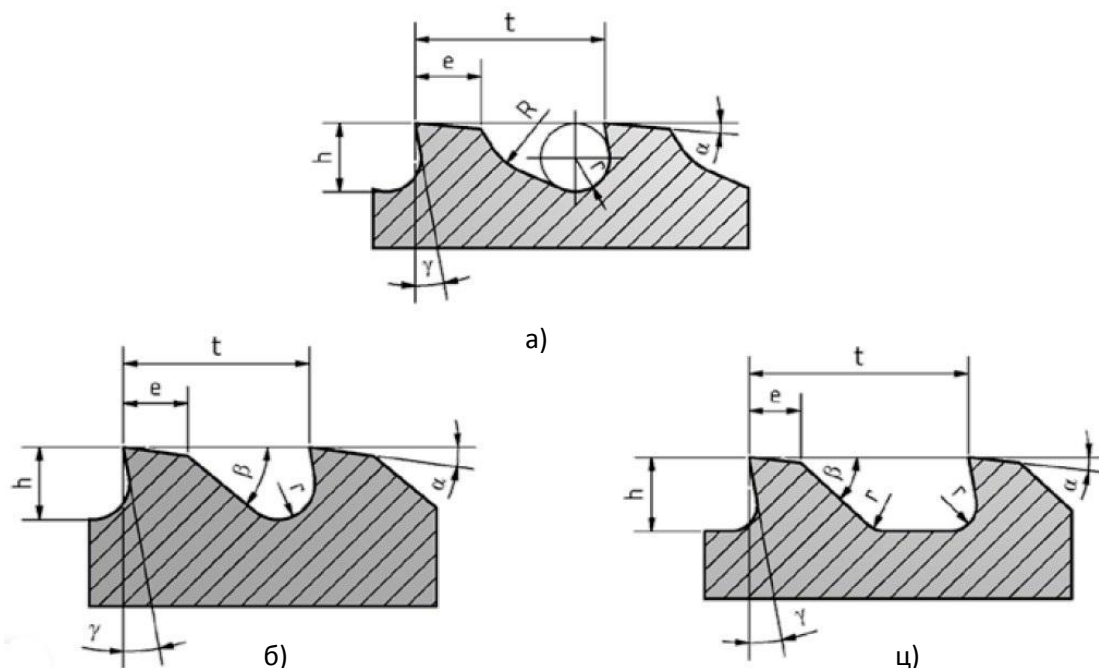
На слици 3.13 дати су фотографски прикази алата (провлакача) за спољашње провлачење.



Слика 3.13 Фотографски приказ провлакача за спољашње провлачење [5]

3.3.2 Избор облика међузубља

Код алата за унутрашње провлачење онемогућено је слободно одвођење струготине. Из тих разлога настаје читав низ проблема везаних за смештај одрезане струготине у простор међузубља. Простор међузубља треба да омогући правилан размештај струготине, али да при том алат задржи одговарајућу чврстоћу тј. да не дође до пресовања струготине у међузубљу. На слици 3.14 приказане су неке од могућих конструктивних решења међузубља.



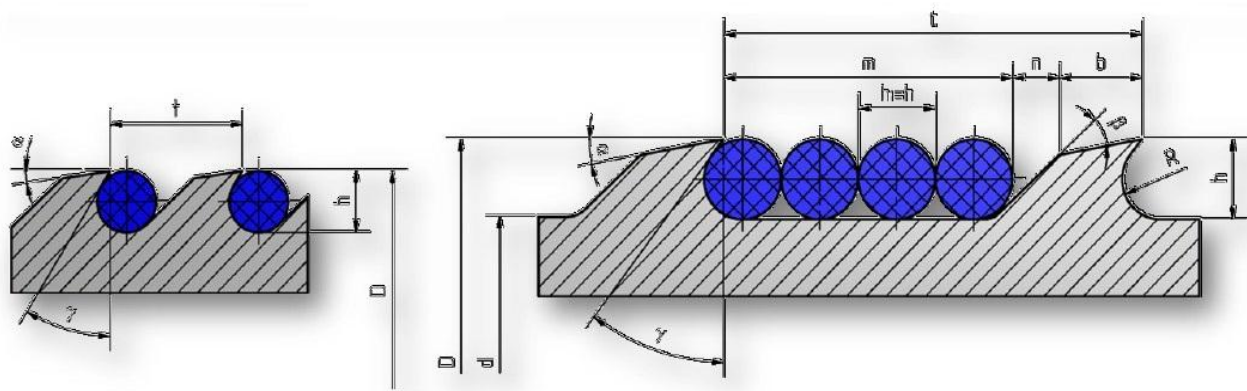
Слика 3.14 Неке од могућих конструктивних решења међузубља
а) облик дворадијалног међузубља, б) облик праволинијских међузубља, ц) облик међузубља са продуженим леђима [5]

Облик дворадијалног међузубља (слика 3.14а) обезбеђује најбољи размештај струготине и мање ударе настале као последица осциловања спирале струготине приликом изласка зуба из захвата. Међутим примена овог облика међузубља је врло ретка због сложене израде профила.

Облик праволинијских леђа међузубља (слика 3.14б) погоднији је за израду и у пракси је врло често заступљен.

Облик међузубља са продуженим леђима (слика 3.14ц) врло често је у примени при обради провлачењем на другим отворима. Предности примене овог облика међузубља су садржане у могућности смештаја веће запремине струготине при мањој дубини међузубља као и технологичнија израда у односу на дворадијални облик међузубља.

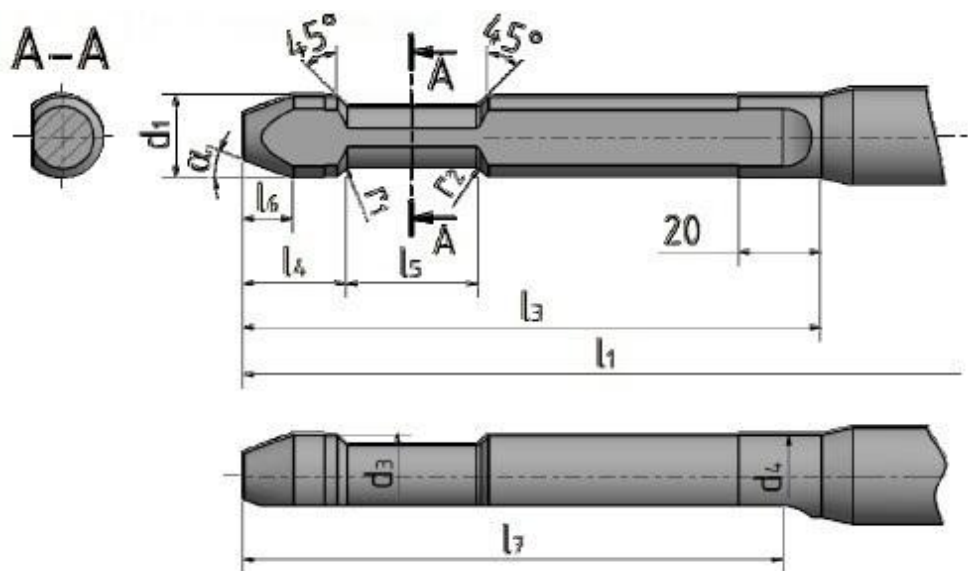
На слици 3.15 приказан је пресек међузубља (међузубље са праволинијским леђима и продужено међузубље) са формираним спиралама струготине [5].



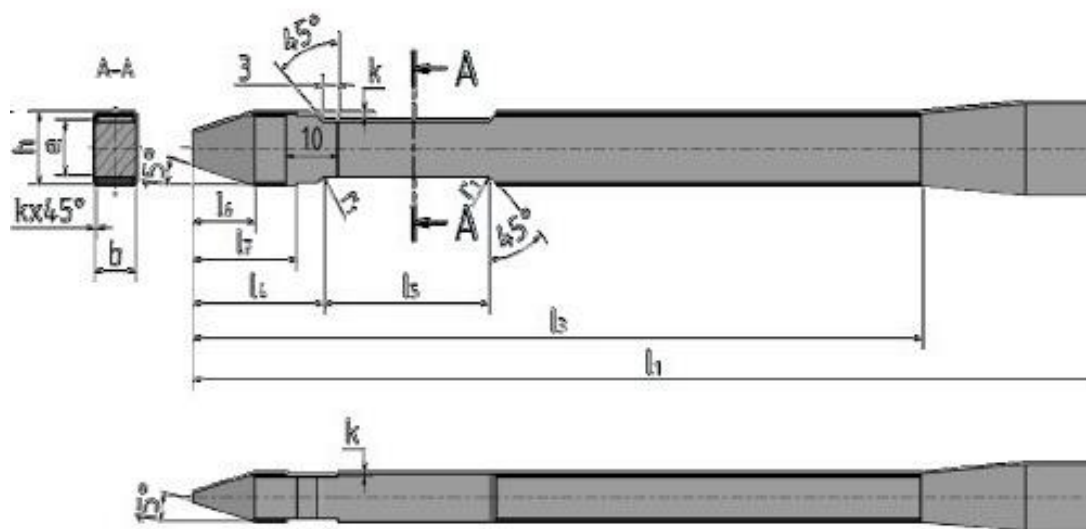
Слика 3.15 Пресеци међузубља са формираним спиралама струготине [5]

3.3.3 Дрике провлакача

На слици 3.16 и 3.17 приказани су неки од стандардних облика дршке алата за провлачење.



Слика 3.16 Стандардни облици дршке провлакача за унутрашње провлачење [5]



Слика 3.17 Стандардни облици дршке провлакача за спољашње провлачење [5]

4. МОДЕЛИРАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА ЕЛЕКТРО-МЕХАНИЧКЕ ПРОВЛАКАЧИЦЕ

Главни задатак машина за провлачење (провлакачица) јесте да претвори главно обртно кретање (које се добија са електромотора) у праволинијско. То се може остварити помоћу машина:

- Хидрауличних
- Механичких
- Електро-механичких и др.

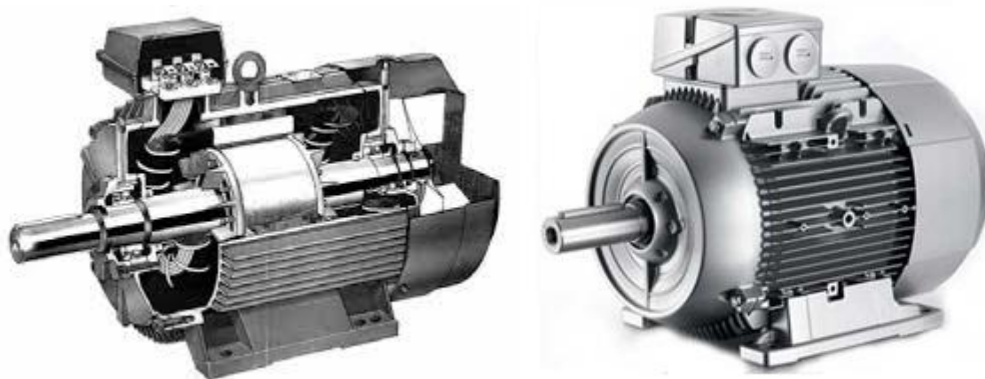
Као погон електро-механичке провлакачице користи се електрон мотор који ствара обртно кретање, које се даље преноси преко зупчастих и каишних преносника до погонског зупчаника. Уз помоћ зупчастог пара (зупчаник – зупчаста летва) обртно кретање зупчаника претвара се у праволинијско кретање зупчасте летве. На зупчастој летви налази се прихватна (стезна) глава у коју се стеже дршка провлакача. Зупчасти пар (зупчаник – зупчаста летва) причвршћени су на радну плочу, а ранда плоча је завртњевима и наврткама везана за стубне носаче. Пошто су димензије узете са већ постојећих елемената провлакачице, у даљем раду биће приказане слике истих.

4.1 Електро-мотор са варијатором

Да би машина могла да оствари своју основну намену – добијање жељеног облика предмета обраде одстрањивањем вишка материјала, она мора да прими одговарајућу енергију која ће се претворити у механички рад. Код новијих машина се у ову сврху скоро искључиво користи електрична енергија, а сам погон се остварује електро моторима, који електричну енергију из мреже претварају у механичку. Правилан избор погонске снаге код машина представља важан проблем, не само са становишта концепције машине, већ и обзиром на економичну експлоатацију машине при различитим условима рада. Провлакачице имају само један електромотор из разлога што код провлакача постоји само једно (главно) кретање.

Електромотор, као погонски мотор машина алатки, мора да задовољи одређене услове и то у зависности од намене машине и улоге електромотора у њој. Ови услови се првенствено односе на полазне и радне карактеристике електромотора, на способност кочења, на променљивост бројева обртаја, степен искоришћења, динамичку стабилност, димензије и др. У погледу врсте струје која се користи, код машина алатки се срећу како мотори наизменичне струје (монофазне и полифазне), тако и мотори једносмерне струје. Мада се

за главни погон скоро искључиво користе електромотори наизменичне струје, код новијих машина, а поготову код машина са аутоматским управљањем. Веома честу примену налазе електромотори једносмерне струје. Трофазни асинхрони електромотор са краткоспојеним ротором представља најчешће примењивани погонски мотор код алатних машина [4].

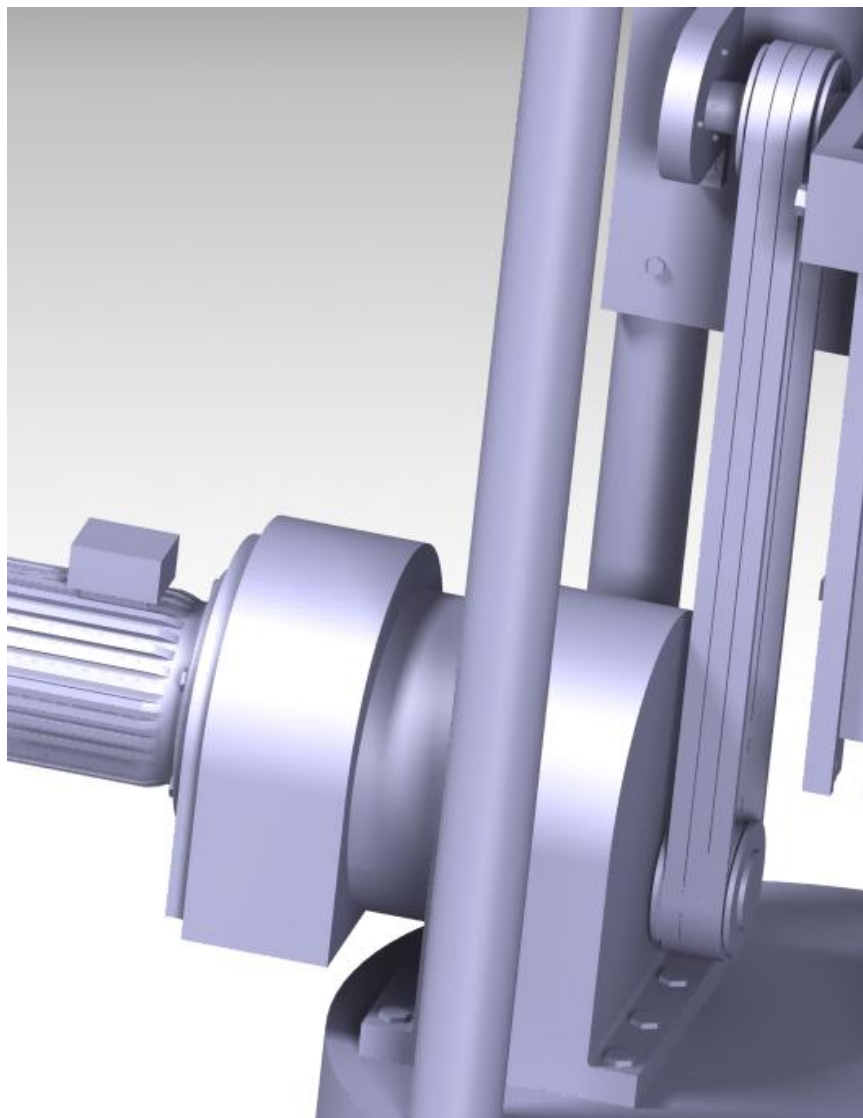


Слика 4.1 Трофазни асинхрони мотор са краткоспојеним ротором

Електро мотор са варијатором који је одабран за провлакачицу је KR 12/20 фирме Прва петолетка. Његове карактеристике су: број обртаја 1420 min^{-1} , снага 3 kW , број обртаја излазне осовине $n_{\min} 10 \text{ min}^{-1}$ $n_{\max} 50 \text{ min}^{-1}$, излазни обртни момент $M_{o_{\min}} 4592 \text{ daNcm}$ $M_{o_{\max}} 16527 \text{ daNcm}$.

4.2 Каишни преносник и погонска група зупчаника

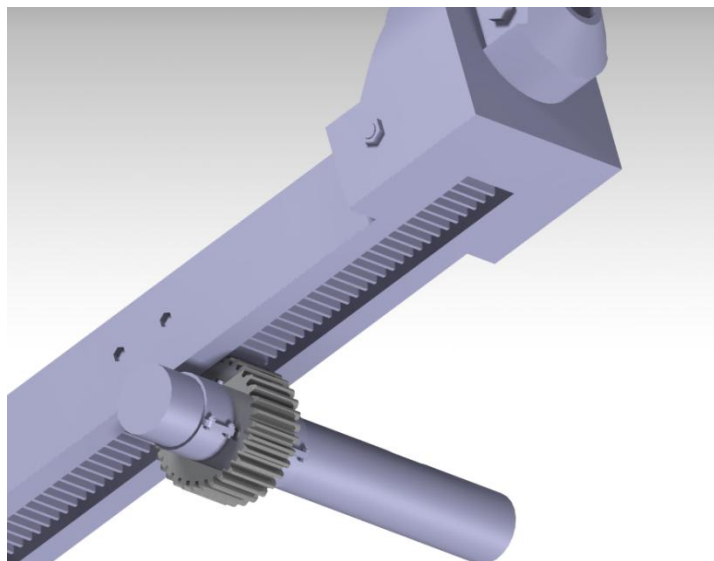
За даљи пренос обртног кретања електо-мотора могу се користити групе зупчаника, групе каишних преносника, групе ланчаних преносника и др. Или комбинација групе зупчаника и каишних преносника, као што се користи на датој провлакачици. Тема рада не захтева детаљније изучавање погонске групе код провлакачице, тако да се неће улазити дубље на ту тему. Због велике потребне снаге машине причвршћена су три каиша (ремена) од погонске групе до претвараача кретања (зупчаник – зупчаста летва) машине, да би се спречило његово брзо пуцање. На слици 4.2 приказан је модел преносника. Ширина каиша је 54 mm , а дужина каиша око 1650 mm .



Слика 4.2 Кућиште преносника и каишни преносник

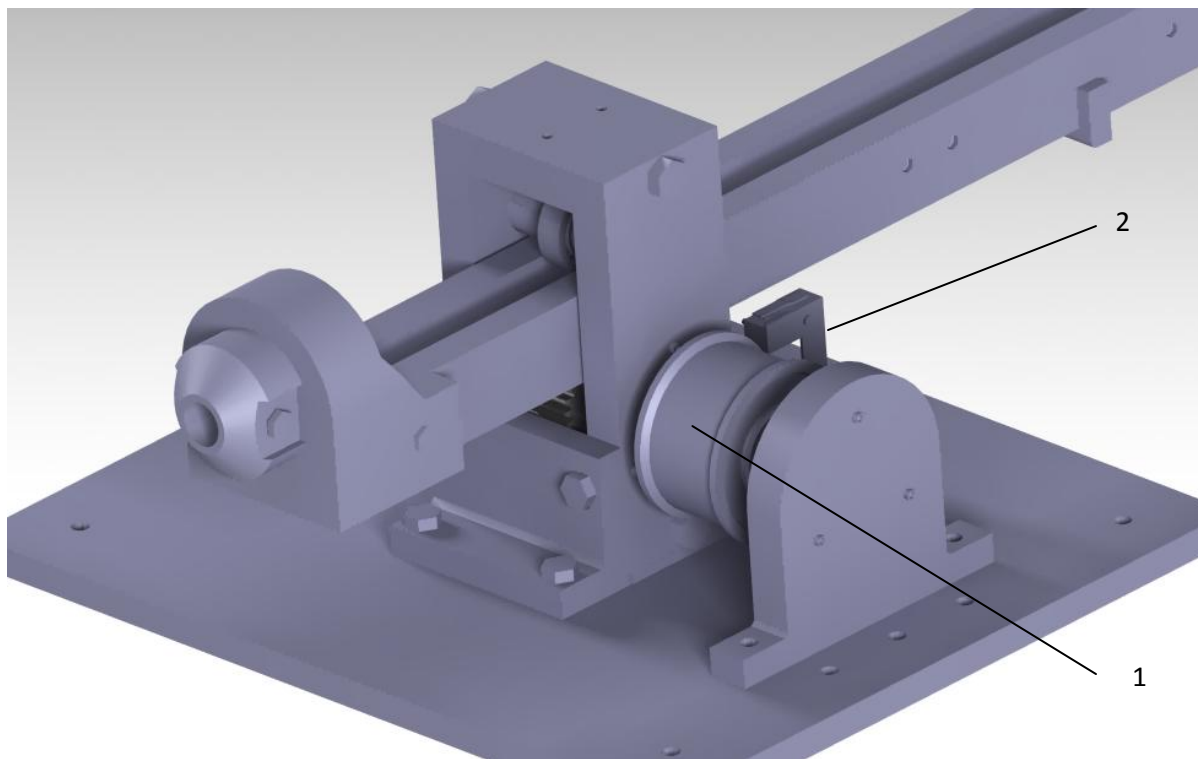
4.3 Претвараачи кретања

Жељено кретање провлакачица је праволинијско. То се може постићи на више начина. На пример механизмом криваје који је јако добар али захтева велике конструкције машина, затим пужним преносником који такође јако добар или помоћу зупчастог пара (зупчаник – зупчаста летва) који не захтева сложену конструкцију. Вертикална провлакачица о којој је реч користи зупчаник и зупчасту летву слика 4.3. Зупчаник је пречника 43mm а ширине 40 mm са модулом од 2.6 . Зупчаста летва је дужине 752 mm, ширине 40 mm и модул зубаца је такође 2.6 . Радни ход машине је око 700 mm.

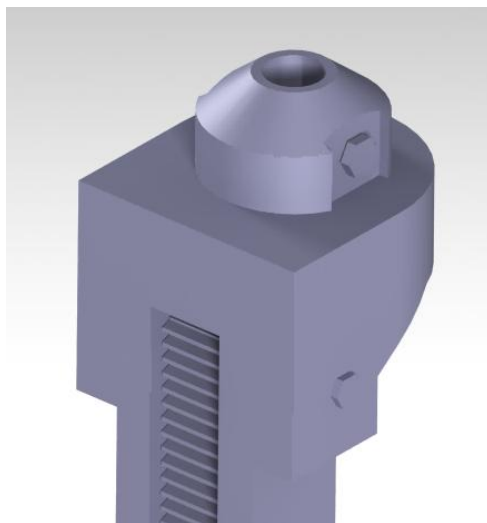


Слика 4.3 Зупчасти пар

Зупчасти пар (зупчаник – зупчаста летва) спрегнут је на плочи као на слици 4.4 . Поред зупчастог пара на плочи се налази: 1.каишник (ременица), 2.прекидач којим се зауставља кретање зупчасте летве и враћа у почетни положај. Плоча је димензија 600x500 mm и дебљине 20mm. Висина средњег дела је 277 mm. На зупчастој летви причвршћена је глава за прихватање и вучење алата (провлакача) слика 4.5 .



Слика 4.4 Плоча



Слика 4.5 Прихватна глава

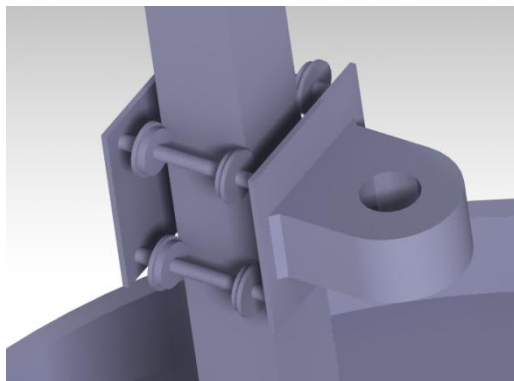
4.4 Остали елементи конструкције

Ова машина је углавном једноставне конструкције тако да су и стубни носачи једноставни (слика 4.6). Конструисан је од: 1.горње плоче, 2.доње плоче, 3.носећих стубова и 4.вођице клизача. Укупна висина конструкције са клизачем је око 2700 mm, а без клизача 1700 mm, дебљина плоче су 100 mm, пречници плоча 840 mm, а стубова 80 mm.



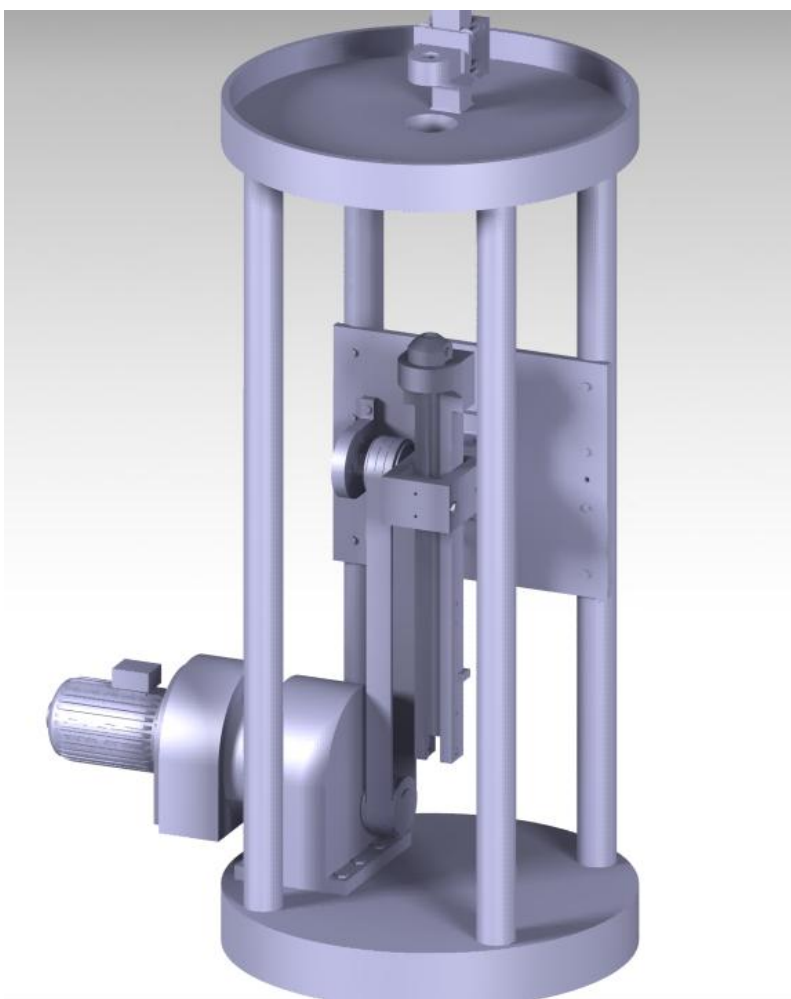
Слика 4.6 стубни носачи

Да би се лакше извлачио алат после обраде (повратни ход) користи се клизач. На њему се налази прихватна глава. Клизач је приказан на слици 4.7 .



Слика 4.7 клизач

На слици 4.8 се може видети цео склоп машине за провлачење.



Слика 4.8 Постоље вертикалне провлакачице

На слици 4.9 је приказана вертикална електро механичка провлакачица.



Слика 4. 9 Вертикалана електро механичка провлакачица

5. ЗАКЉУЧАК

Провлачење је једна од операција машинске обраде, при којој се користи провлакач као алат. Процес резања се остварује једним кретањем и то праволинијским. Оваква обрада се назива високо продуктивна из разлога што је израда алата скупа. При обради или алат или предмет обраде се креће док други мирује. Провлачење може да буде за унутрашње површине, као и за спољашње површине радног комада. У зависности од типова резања провлачење је класификовано као прогресивни рез, ротирајући рез и утискивање површина.

Машине у обради провлачењем првенствено се деле на хоризонталне и вертикалне, за унутрашњу и спољашњу обраду, а такође и на врсту погона, било да су то хидрауличне, електричне, или неке друге провлакачице. Карактеришу их велике масе, велике вучне силе, велика прецизност обраде као и дуги радни ходови. Постоје разни типови машина за обраду метала провлачењем. Могу бити машине за провлачење тврдых материјала, машина код које се радни комад креће а алат мирује, машине малих величина, машине за спиралну обраду провлачењем, машине код којих се радни комад загрева, машине за континуалну обраду где постоји трака за радне комаде, машине код које се може вршити обрада са два алата истовремено (Dual gam) итд.

Алат за провлачење бира се на основу потребне дужине провлачења, механичких карактеристика предмета обраде и геометријске тачности и захтеваног квалитета обраде. У конструктивне елементе алата спадају предњи и задњи прихватни део, резни зуби и међузубље. Ломачи струготине су ништа мање битни. Материјал провлакача треба да буде веће тврдоће у зависности од типа радног комада који треба да се обрађује.

У четвртом поглављу је описано шта је примарни задатак машине, приближна геометрија и функција сваког елемента. Поред основних постојећих елемената моделирани су и елементи (стубни клизач и вођица) који би олакшали рад при враћању алата у почетни положај, урађене су неке ситне модификације прихватне главе, да би била саосна са отвором на стубном носачу. Плоча на којој се налази зупчасти пар и каишник је такође модификована, омогућено је лакше постављање каиша на каишник. Елементи провлакачице су моделирани са димензијама већ постојећих делова машине због чега су баш таквог изгледа. Конструктивни елементи вертикалне електро-механичке провлакачице моделирани су програму CATIA V5R21.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Миодраг Лазић, Производне технологије II, скрипта, *Машински факултет, Крагујевац, 2001.*
2. Др Богдан Недић, др Миодраг Лазић, др Слободан Митровић, Технологија обраде метала резањем, *Машински факултет, Крагујевац, 2002.*
3. Др Богдан Недић, др Миодраг Лазић, Производне технологије обрада метала резањем, *Машински факултет, Крагујевац 2007.*
4. Захар С., Машине алатке 3, *Југословенско друштво за трибологију, Крагујевац 1997.*
5. Бранко Тадић, Алати за провлачење, скрипта, *Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2015.*
6. <http://www.ignou.ac.in/upload/broaching> 19. септембар 2015.
7. <http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/eng/kos/broach/> 19. септембар 2015.
8. http://www.afm.es/de/gestor/recursos/uploads/catalogo/productos/NARGESA/nuevas_prada_n_argesa/INFO_16_INGLES.pdf 19. септембар 2015.
9. <http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/eng/kos/broach/hw5008a.htm> 19. септембар 2015.
10. <http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/eng/kos/broach/0109a.htm> 19. септембар 2015.
11. <http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/eng/kos/broach/0101a.htm> 19. септембар 2015.
12. <http://www.nargesa.com/en/industrial-machinery/vertical-broaching-machines-bm25> 19. септембар 2015.