

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Производне технологије

Број индекса: 38/2012

Милош В. Весовић

Технологије израде провлакача **-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:

ТЕХНОЛОГИЈЕ ИЗРАДЕ ПРОВЛАКАЧА

Кандидат: Милош Весовић, број индекса 38/2012.

У оквиру завршног рада кандидат треба да изврши систематизацију и на одговарајући начин презентацију података везаних за технологије израде провлакача. Такође, потребно је прикупити податке о обради провлачењем и алатима и машинама за провлачење. У складу са могућностима приказати технологије и поступке примењене у предузећу UNIOR Components a.d.

Завршни рада треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Обрада провлачењем,
3. Алати и машине у обради провлачењем,
4. Технологије израде провлакача,
5. Закључци,
6. Литература.

Препоручена литература:

1. Klimov V. I., Lerner A. S., Pekarski M. D., Smirnov N. L., Sleimović M. A., Приручник за конструкцију резног алата, *Грађевинска књига, Београд, 1964.*
2. Миодраг Лазих, Производне технологије II, скрипта, *Машински факултет, Крагујевац, 2001.*
3. Др Богдан Недић, др Миодраг Лазих, Обрада метала резањем, *Машински факултет, Крагујевац, 2007.*

ПРЕДМЕТНИ НАСТАВНИК

Проф. др Богдан Недић

Крагујевац, јун, 2015. год.

Садржај :

Резиме.....	1
1. Увод	2
2. Обрада провлачењем.....	3
2.1. Основна кретања у обради провлачењем.....	3
2.2. Производне операције у обради провлачењем.....	4
2.3. Шеме резања у обради провлачењем.....	6
2.3.1 Профилна шема резања.....	7
2.3.2 Слојевита шема резања.....	8
2.3.3 Прогресивна шема резања.....	8
2.4 Машине у обради провлачењем.....	9
2.4.1 Вертикалне провлакачице.....	10
2.4.2 Хоризонталне провлакачице.....	10
3. Алати у обради провлачењем.....	12
3.1 Подела провлакача.....	13
3.1.1 Провлакачи за унутрашње провлачење.....	13
3.1.2 Провлакачи за спољашње провлачење.....	14
3.2 Елементи провлакача.....	16
3.2.1 Елементи провлакача за унутрашње провлачење.....	16
3.2.1 Елементи провлакача за спољашње провлачење.....	17
3.3 Зуби и међузубље.....	17
3.4 Дршке провлакача.....	19
3.5 Материјал алата.....	21
4. Технологија израде провлакача.....	23
4.1 Технологија израде провлакача за спољашње провлачење.....	24
4.2 Технологија израде провлакача за унутрашње провлачење.....	31
5. Закључак.....	37
6. Литература.....	38

Резиме

У овом раду анализирана је технологија израде два карактеристична типа провлакача. Пут од полазног материјала до готовог производа (провлакача) је дуг и компликован и обухвата низ производних операција које се примењују. Такође у овом раду је писано о обради провлачењем, провлакачима као резним алатима, њиховим карактеристикама, материјалу провлакача, основним поделама, елементима, итд.

Кључне речи: провлакачи, провлакачице, зуби и међузубље, вучни и прихватни делови, брзорежни челици, глодање, стругање, брушење равно и округло, еродирање, оштрење.

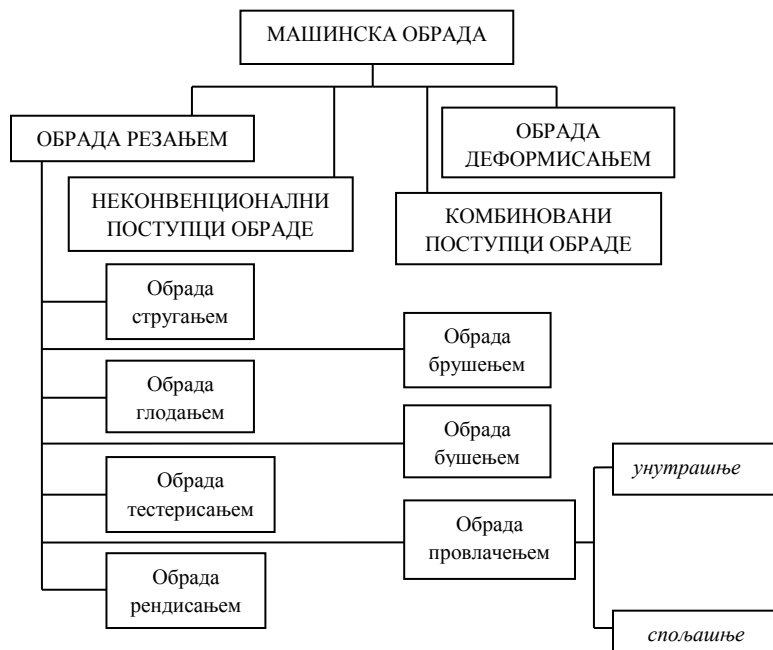
Abstract

In this work production technology two type of broaching tools was analyzed. Way of input material to end product (broaching tool) is wery long and complicated and includes a series manufacturing operations which is apply. In this work too, was written about treatment of broaching, broaching tools like cutting tools, their characteristics, their materials, basic classification, their elements, ect.

Kew words: broaching tools, broaching mashine, teeth and tooth root, pull end, tail end, high speed steel, milling, scraping, grinding, eroding, sharpening.

1. Увод

Процес израде машинских делова подразумева активности које омогућавају формирање производа захтеваних карактеристика (облика, димензија). Те активности чине саставни део процеса производње, почев од припреме средстава за производњу и организовања производње, до извођења радњи дејством средстава за рад и радника на предмете обраде. Процес израде може бити реализован различитим поступцима обраде (слика 1.1) [3].



Слика 1.1. Поступци обраде машинских делова

У другом поглављу биће речи о технологији провлачењем, основним кретањима у овом процесу обраде, шемама резања као и машинама у обради провлачењем.

Треће поглавље је конципирано тако да се читалац упозна са провлакачима, њиховом наменом, карактеристикама које их одликују и издвајају од осталих резних алата. У овом поглављу читалац се може упознати и са елементима провлакача који их чине, начином њиховог рада, основним поделама, материјалом од кога су израђени, профилима провлакача итд.

У четвртном поглављу је акценат стављен на технологије којим се израђују сами провлакачи. Дата су два типа провлакача и детаљно објашњено по корацима које се технологије примењују и њихови циљеви. Углавном је сама израда провлакача базирана на технологијама резања материјала, па су најзаступљеније операције стругања, глодања, брушења, како равног тако и округлог.

2. Обрада провлачењем

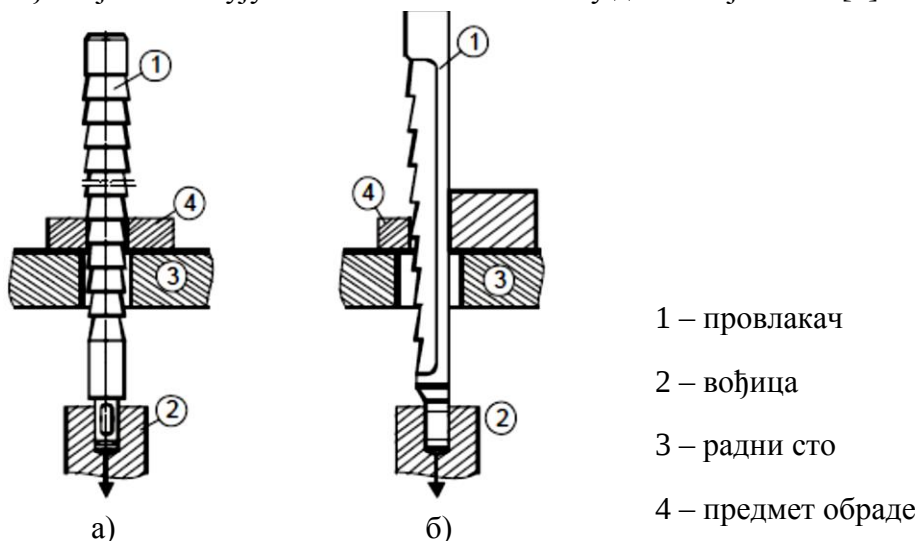
Провлачење представља савремени поступак обраде метала резањем високе производности, тачности и квалитета обраде. Користе се само у серијској и масовној производњи, јер су алати веома скупи и строго наменски пројектовани и израђени.

Основне карактеристике процеса провлачења су :

- Појава само једног главног кретања. Одсуство помоћног кретања компензује се степенастим распоредом зуба провлакача (сваки зуб се разликује од претходног за дубину резања по зубу),
- Мања дебљина и већа ширина струготине образоване провлачењем,
- Истовремено одвијање процеса претходне и завршне обраде (калибрисање димензија и пластичног деформисања - отврдњавање површинских слојева),
- Истовремено учешће већег броја зуба провлакача у процесу резања,
- Тачност обраде дефинисана је тачношћу израде провлакача,
- Додатак за обраду ограничен је дужином провлакача и његовим димензијама; при недовољној дужини користи се гарнитура провлакача итд.

2.1 Основна кретања у обради провлачењем

Процес резања остварује се само једним кретањем и то праволинијским главним кретањем алата – провлакача (1), док предмет обраде (4) мирује, а уклањање вишка материјала обезбеђено је захваљујући постепеном повећању димензија алата [5].



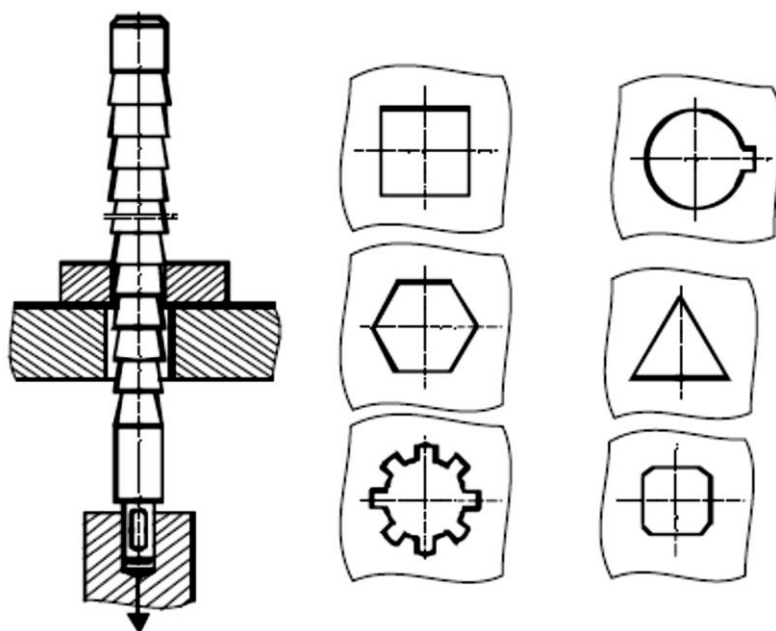
Слика 2.1. Принципијелна шема обраде провлачењем (а – унутрашње, б – спољашње)[5]

2.2 Производне операције у обради провлачењем

Производне операције у обради провлачењем се разврставају на две групе и то операције:

- *унутрашњег провлачења и*
- *спољашњег провлачења.*

У производне операције **унутрашњег провлачења** (слика 2.2) претходно се израђује цилиндрични отвор (бушењем или стругањем) у циљу обезбеђења правилног вођења алата и стварања услова за коначно обликовање отвора провлачењем. Кретањем провлакача кроз отвор обезбеђује се обликовање отвора у складу са профилем резних елемената алата (формирање отвора високе тачности и квалитета, различитог облика) [5].



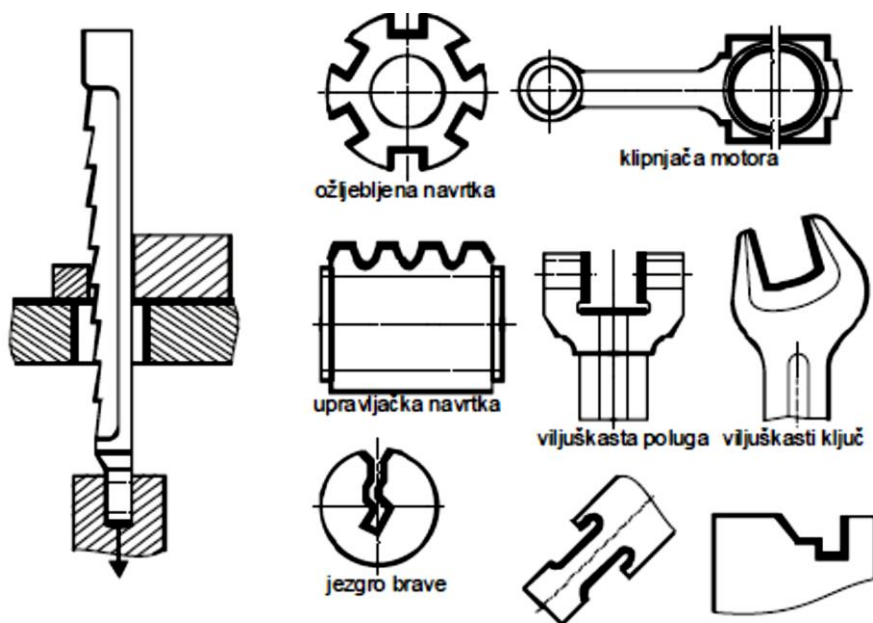
Слика 2.2. Производне операције унутрашњег провлачења [5]

На слици 2.3. дат је пример делова добијених унутрашњим провлачењем.



Слика 2.3. Делови добијени унутрашњим провлачењем

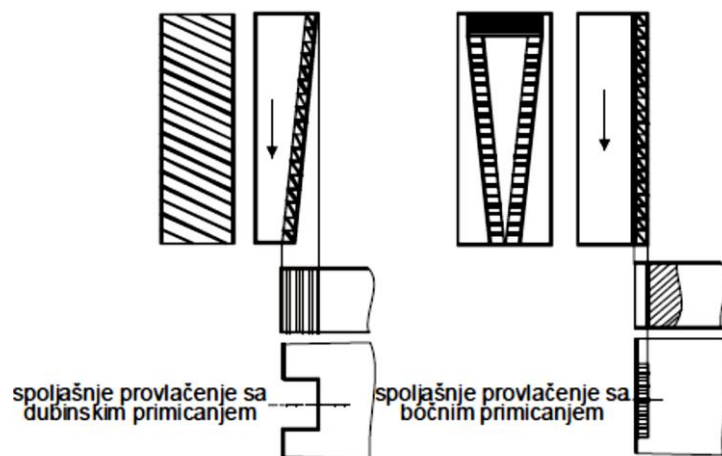
Производне операције **спољашњег провлачења** (слика 2.4.) су операције обраде површина различите конфигурације применом вишеделних алата за провлачење. Спољашњим провлачењем се могу формирати профили површина различите конфигурације и димензија, а поред тога спољашње провлачење се може применити и као замена за производне операције глодања и рендисања површина, посебно у условима обраде површина сложене конфигурације о високог квалитета и тачности обраде [5].



Слика 2.4. Производне операције спољашњег провлачења [5]

При спољашњем провлачењу разликују се два поступка провлачења, односно два типа алата и то спољашње провлачење са:

- дубинским примикањем и
- бочним примикањем.



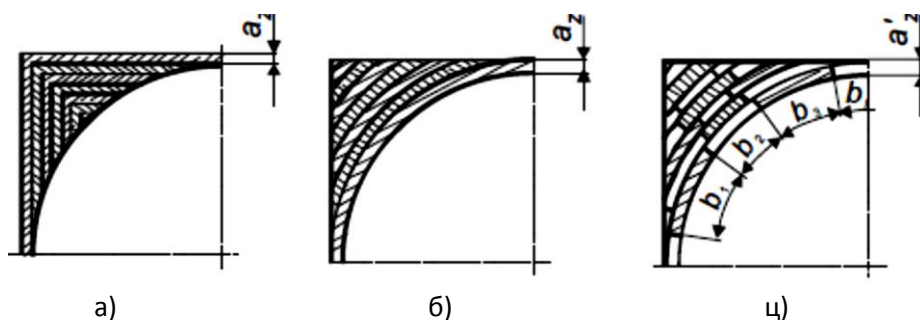
Слика 2.5. Основни поступци обраде спољашњим провлачењем [5]

Код спољашњег провлачења са дубинским примицањем алат обезбеђује постепено обликовање профила по дубуни, док код бочног примицања обликовање се постепено одвија по ширини.

2.3 Шеме резања при провлачењу

Под шемом резања при провлачењу подразумева се редослед резања вишка материјала у циљу претварања полазног кружног у жељени профил. Код провлакача се користе три шеме резања и то:

- *профилна,*
- *слојевита или генераторска и*
- *прогресивна или групна.*



Слика 2.6. Основне шеме резања при провлачењу [5]

На слици 2.6. су приказане основне шеме резања и то: а) – профилна шема резања; б) – слојевита или генераторска шема резања; ц) – прогресивна или групна шема резања.

У извесним случајевима могу се применити и комбиноване шеме резања, тако да се за грубо провлачење користи слојевита, а за завршно профилна шема резања.

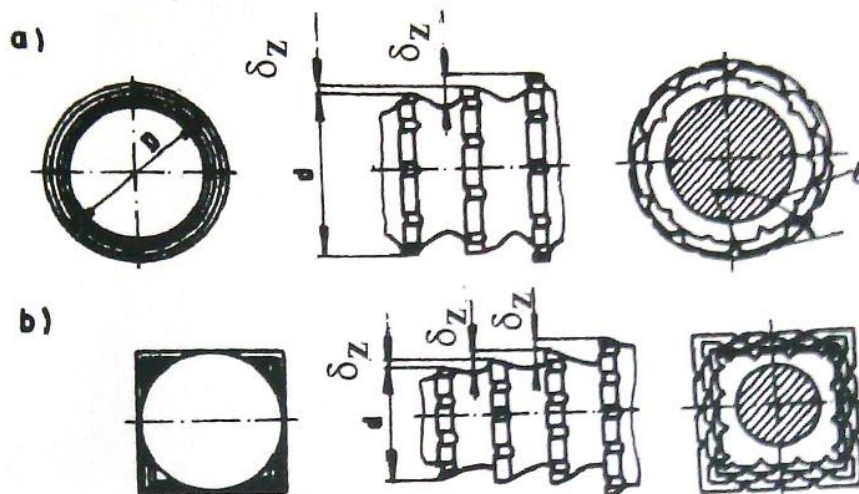
У зависности од начина резања разликују се два поступка резања:

- *појединачно резање, када сваки зуб реже цео профил и*
- *групно резање, када група од два или више зуба реже цео профил, док сваки зуб групе реже део профила (прогресивна шема).*

Тип шеме резања зависи од облика и димензија предмета обраде. Чешће се користе профилна и слојевита шема обраде, због лакше технологије израде провлакача, иако се са ове две шеме добија мања тачност израде профила у односу на групну шему резања. Од типа шеме резања зависи конструкција резног дела провлакача, постојаност провлакача, тачност израде и квалитет обрађене површине, технологија израде, производност и економичност провлачења.

2.3.1 Профилна шема резања

Профилну шему резања карактерише уклањање додатка за обраду у слојевима дебљине δz , који одговарају конфигурацији профила предмета обраде. То значи да је облик контуре свих зуба провлакача исти. Примена ове шеме је ограничена тешкоћама око израде и оштрења провлакача, посебно у погледу тачности последњег резног елемента од кога зависи тачност обраде.



Слика 2.7. Профилна шема резања, а) – цилиндричног отвора;
б) – квадратног отвора

Зуб провлакача се израђује најчешће са ломачем струготине, без помоћног леђног угла ($\alpha=0^\circ$) и са углом врха $\xi = 90^\circ$ (угао између главне и помоћне резне ивице). Уз помоћне резне ивице, ивице ломача струготине, долази до брзог хабања резног клина алата и брзог затупљења провлакача, а на местима ломача струготине јављају се већа неравномерна оптерећења наредног зуба, који уклања два пута већу дебљину струготине.

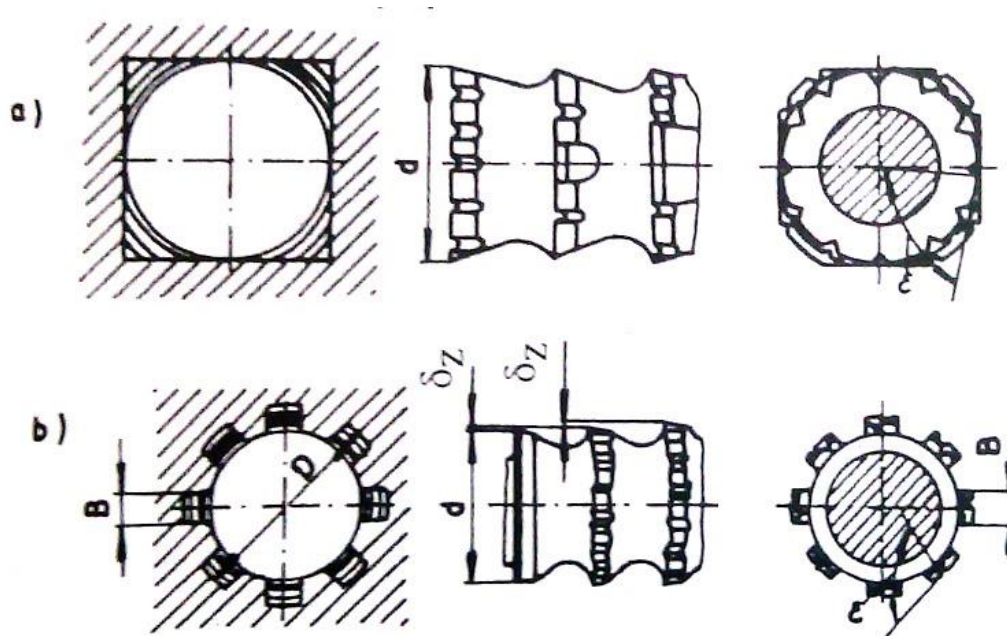
Основни недостаци профилне шеме резања су:

- Резање по целој ширини и обиму зуба,
- Слабљење резних ивица сечива на местима где се налазе ломачи струготине и
- Одсуство леђног угла на помоћним резним ивицама.

Наведени недостаци знатно ограничавају примену провлакача са профилном шемом резања, посебно када се уклања већа количина материјала по зубу.

2.3.2 Слојевита или генераторска шема резања

Код слојевите шеме резања сваки зуб формира само један део коначног облика обрађене површине. При томе први зуб врши резање са највећом, а последњи са најмањом ширином резања. Овакву шему резања карактерише могућност остваривања високе тачности обраде, јер се на крају процеса резања јављају мали отпори резања због мале количине материјала коју уклањају последњи резни елементи. То значи да је знатно олакшана израда и оштрење провлакача.



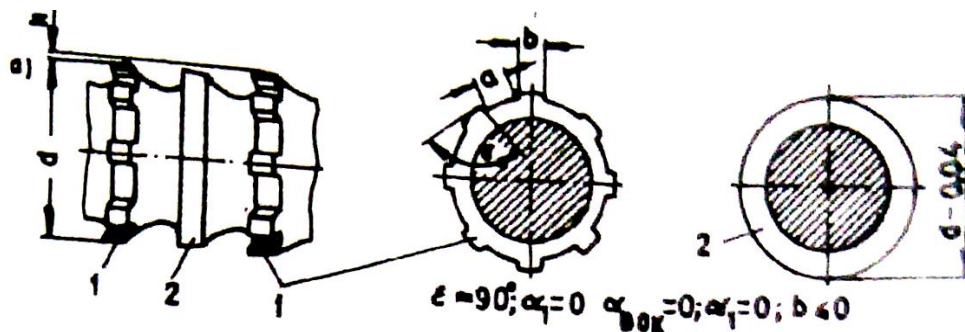
Слика 2.8. Слојевита или генераторска шема резања, а) – квадратног отвора;
б) – жљебастог отвора

2.3.3 Прогресивна шема резања

Прогресивна или групна шема резања је шема код које, слично слојевитом провлачењу, праволинијски или неки други облик резног слоја не одговара профилу обрађиване површине. Сваки зуб реже само део дужине слоја, остављајући остали део дужине наредним зубима. Израда провлакача са прогресивном шемом резања је знатно тежа, што ограничава њихову примену. Дебљина струготине – дубина резања по зубу расте.

Прогресивна шема резања биће објашњена на примеру шаховске групне шеме резања (слика 2.9.), поред које постоје још и наизменична, вишестрана или трапезна.

На слици 2.9. приказана је шаховска групна шема резања на провлакачу за провлачење цилиндричних отвора. Један зуб групе (1) има жљебове, а последњи зуб у групи (2) је без жљебова мањег пречника за 0.02 до 0.04 mm. Зуби за завршну обраду се израђују као округли са скидањем по целом обиму зуба и са ломачима струготине, као код профилне шеме резања. Недостатак ове варијанте је одсуство углова на боковима жљебова ($\alpha_1=0^\circ$, $\alpha_{bok}=0^\circ$ и $\xi=90^\circ$), услед чега се јавља повећано трење и смањује век трајања.



Слика 2.9. Шаховска групна шема резања

2.4 Машине у обради провлачењем

Машине у обради провлачењем – **провлакачице** се разврставају, углавном према правцу кретања алата на:

- *хоризонталне и*
- *бертикалне провлакачице,*

а према намени (врсти производне операције провлачењем) на провлакачице за:

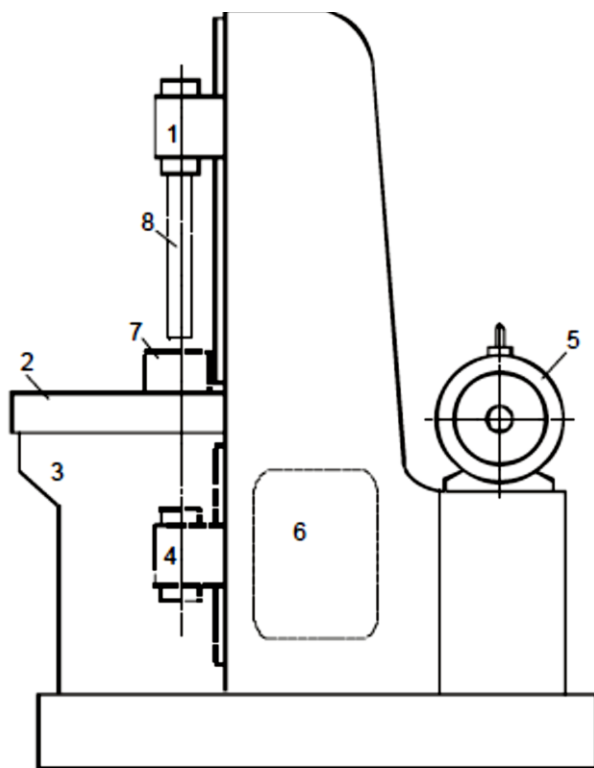
- *унутрашње и*
- *спољашње провлачење.*

Основне експлоатацијске карактеристике машина у обради провлачењем су:

- *максимална вучна сила машине,*
- *максимална брзина провлачења,*
- *максимални ход алата,*
- *габарити предмета обраде и сл.*

2.4.1 Вертикалне провлакачице

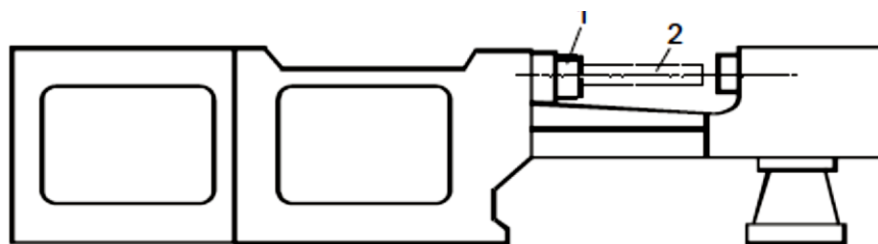
Вертикалне провлакачице за унутрашње провлачење су најчешћи вид конструкције машина за унутрашње провлачење. Предмет обраде (7) се поставља на радни сто машине (2), а алат (8) се у почетној фази обраде (пре обраде) поставља у задњи водећи део машине (1). Алат се, посредством задњег водећег дела, доводи у радну позицију, када предњи прихватни део (4) прихвата алат. Захваљујући погонском систему машине (електомотору – 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, а алат се враћа у почетну позицију [5].



Слика 2.10. Шема вертикалне провлакачице за унутрашње провлачење [5]

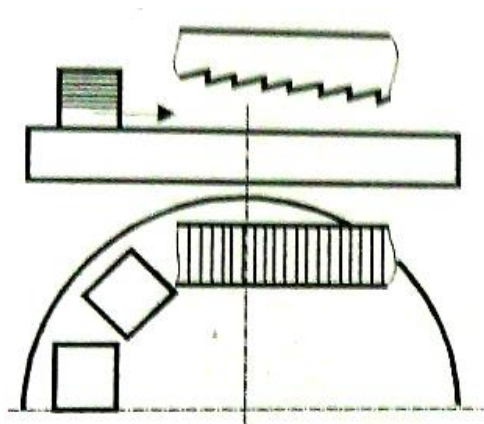
2.4.2 Хоризонталне провлакачице

Хоризонталне провлакачице за унутрашње провлачење раде на сличном принципу као и вертикалне провлакачице, с том разликом што је кретање алата у хоризонталном правцу и што је неопходно обезбедити одговарајући систем за прихватање и стезање предмета обраде.

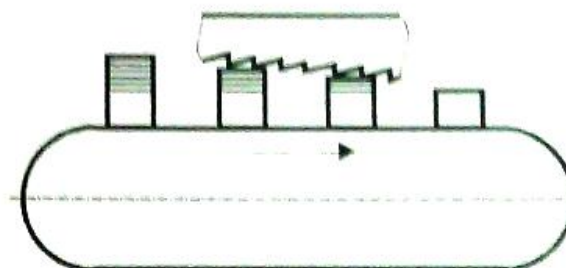


Слика 2.11. Шема хоризонталне провлачице за унутрашње провлачење

Хоризонталне машине за провлачење обезбеђују могућност континуалног рада непокретним алатом, ако се предмети обраде поставе на обртни сто или бесконачну траку.



а) Са обртним столом



б) Са бесконачном траком

Слика 2.12. Шема провлачења на машинама са обртним столом и бесконачном траком

3. Алати у обради провлачењем-провлакачи

Провлакачи спадају у групу алата високе комплексности и тачности и због своје специфичне конструкције није потребно вршити накнадну обраду након провлачења.

Провлакачи се употребљавају за обраду отвора пречника од 3 до 300 mm, жљебова и спољашњих површина различитог облика. Међутим највећу примену у индустрији налазе провлакачи пречника од 10 до 75 mm. Висока производност и тачност обраде (2 и 3 класа тачности), а такође и високи степен квалитета обрађених површина (5-7 класа тачности, а ређе и 8-9 класа квалитета према ГОСТ- у 2789-51) дозвољавају да се провлачење уброји у најпогодније и најсавршеније начине обраде метала.

Према правцу дејства силе алати се деле на две групе: на праве провлакаче и пробијаче. Код провлакача сила повлачења дејствује на њихов предњи део, а код пробијача на њихов задњи део. Први су оптерећени на истезање, други на притисак.

Провлакачи за спољашње провлачење се примењују у масовној производњи за обраду спољних површина различите конфигурације. Провлачење се врши на специјалним машинама за спољашње провлачење или на машинама за унутрашње провлачење уз примену специјалних уређаја [1].



Слика 3.1. Алати у обради провлачењем - провлакачи

3.1 Подела провлакача

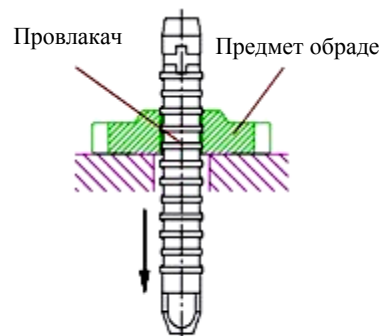
Провлакачи спадају у групу специјалних алата, због своје сложености, тачности израде и других специфичности. Подела провлакача се може извести применом различитих критеријума. Основна подела је на провлакаче за **спољашње и унутрашње провлачење**.

3.1.1 Провлакачи за унутрашње провлачење

Провлакачи за унутрашње провлачење се примењују за обраду отвора. Отвори су кружног попречног пресека коју су претходно израђени операцијом бушења или стругањем и притом пречник тог отвора одговара пречнику вођице на предњој дршци и има улогу у центрирању провлакача. Жељени профил отвора се добија пролазом провлакача.

Провлакачи за унутрашње провлачење деле се на :

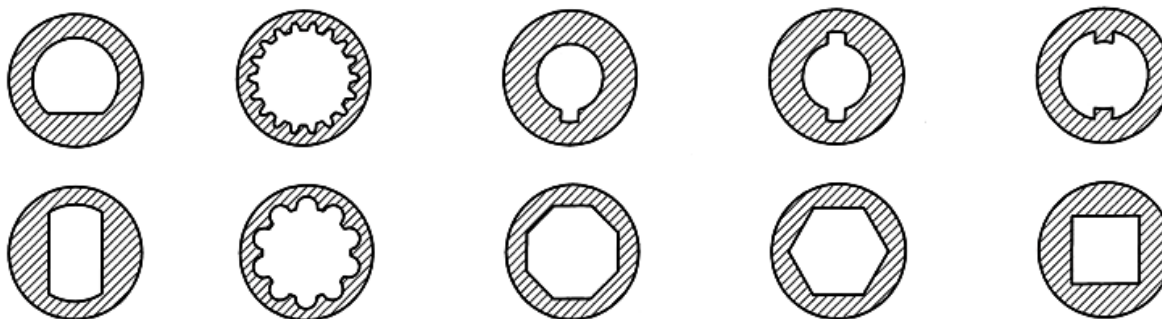
- Равне
- Цилиндричне
- Завојне
- Профилне
- Еволвентне
- Троугласте
- Жљебасте
- Разни профили



Слика 3.2. Шема унутрашњег провлакача



Слика 3.3. Пример провлакача за унутрашње провлачење



Слика 3.4. Примери геометрија добијених унутрашњим провлачењем

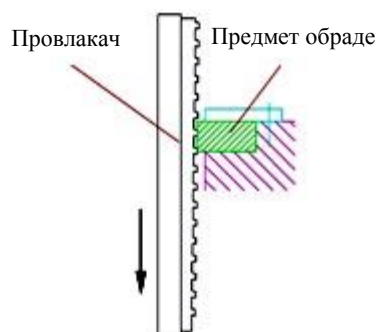
3.1.2 Провлакачи за спољашње провлачење

Провлакачи за спољашње провлачење су по конструкцији сложенији од провлакача за унутрашње провлачење и састоје се од више сегмената намењених обради појединих делова контура предмета одбране. Сегменти се састоје од резног дела са зубима за грубу и фину обраду и монтирају се на основну плочу.

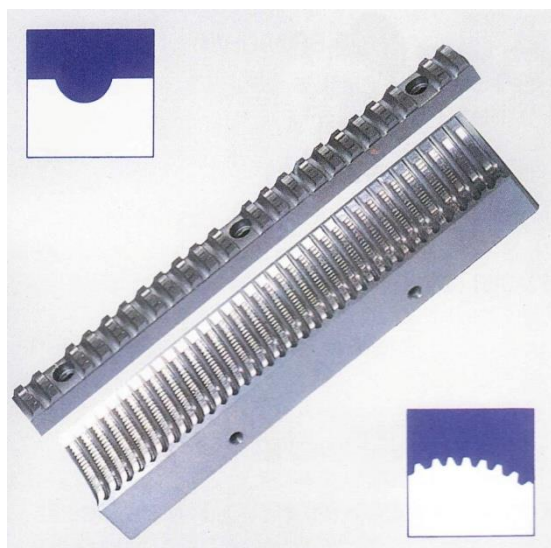
Један од сложенијих задатака конструктора при пројектовању провлакача за спољашње провлачење је разбијање профила који се обрађују, на такве посебне његове елементе, да је провлакач за сваки елемент најпростији и најпогоднији за експлоатацију.

Провлакачи за спољашње провлачење се деле на :

- Равне
- Цилиндричне
- Завојне
- Профилне
- Квадратне
- Шестоугаоне
- Еволвентне
- Троугласте
- Пљоснате за клин
- Жљебасте
- Разни профиле

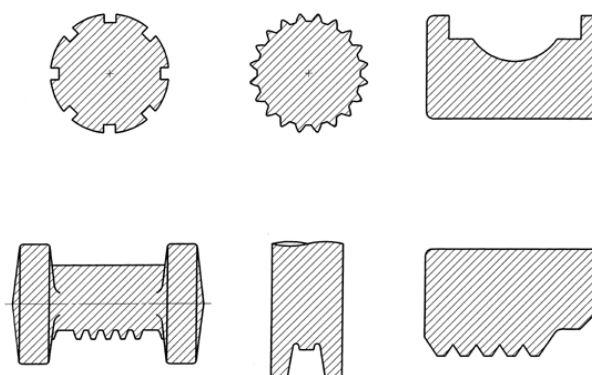


Слика 3.5. Шема спољашњег провлакача



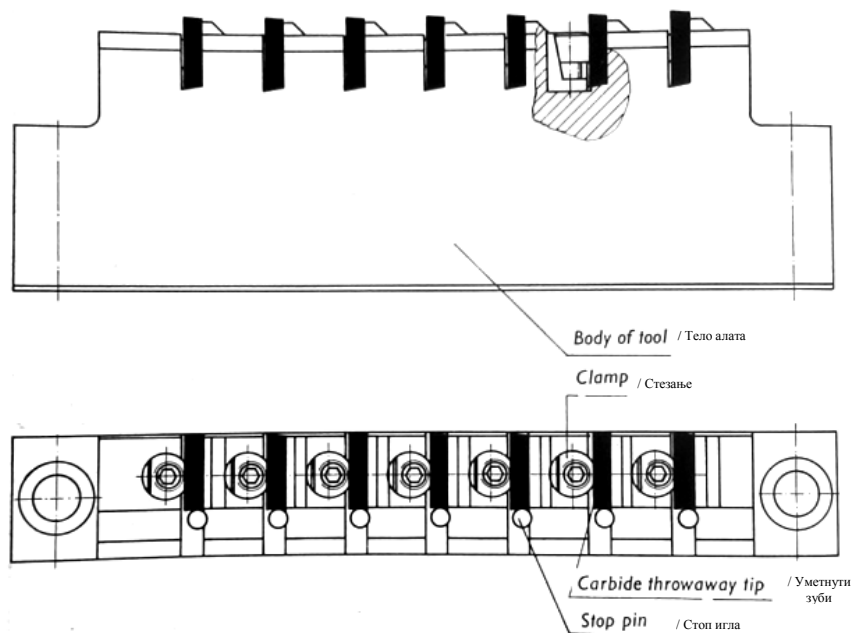
Слика 3.6. Пример провлакача за спољашње провлачење

Common External Forms



Слика 3.7. Примери геометрија добијених спољашњим провлачењем

Овој групи провлакача припадају и они са уметнутим зубима који су прилемљени или се механички прчвршћују. Омогућена је промена плочица (зуба), које су од тврдог метала, када се истроше и могу се мењати у случају када је потребан неки други тип.

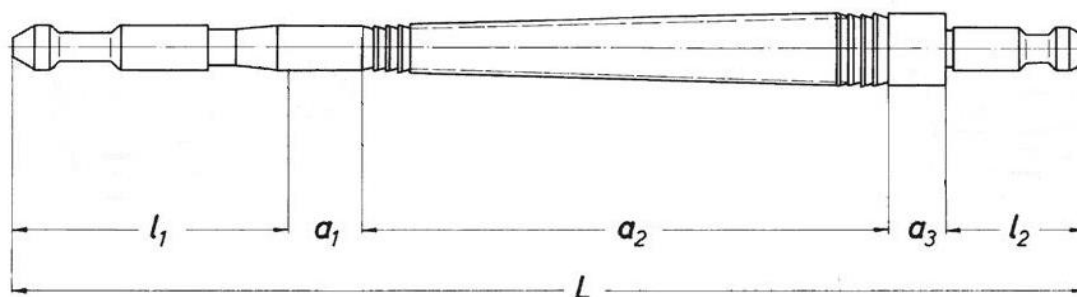


Слика 3.8. Провлакач са уметнутим зубима [4]

3.2 Елементи провлакача

Без обзира на тип, саставни елементи сваког провлакача су : предња дршка – вучни део, задња дршка – прихватни део, резни елементи – зуби и међузубље. Код провлакача за спољашње провлачење као саставни конструктивни елемент убрајамо и основну плочу. Сваки од ових елемената има своју пројектовану функцију и приликом конструисања не сме бити грешака.

3.2.1 Елементи провлакача за унутрашње провлачење

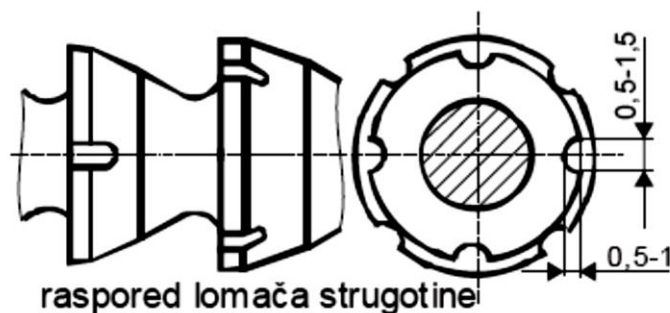


Слика 3.9. Елементи провлакача за унутрашње провлачење [4]

Предњи прихватни део (l_1) служи прихватање алата и пренос потребне силе за провлачење са погонског система машине на алат, вођица (a_1) има улогу у вођењу и центрирању алата кроз предмет обраде, зуби скидају струготину (a_2). Разликујемо зубе за грубу обраду и они одклањају највише материјала, први зуб је једнак пречнику дршке, (пораст по зубу је нешто већи од 0.1 – 0.25 mm), зуби за фину обраду, са нешто мањим порастом (од 0.02 – 0.1 mm) и на крају калибрирајући зуби чија је улога само да прочисте профил (нема пораста по зубу). Задњи прихватни део (l_2) има улогу у стабилности при провлачењу и повратку провлакача у почетни положај (код неких типова провлакача није неопходан). Задњи водећи део (a_3) има улогу у центрирању провлакача при пролажењу калибрирајућих зуба.

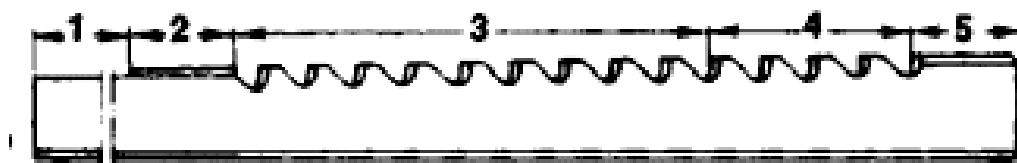
При томе треба нагласити да су предњи и задњи прихватни део провлакача стандардизовани и да зависе од намене провлакача и врсте провлачења, док се остали делови провлакача израђују у зависности од облика и димензија профила који се израђује.

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 (ситњење) струготине – зуби ломачи.



Слика 3.10. Ломачи

3.2.2 Елементи провлакача за спољашње провлачење

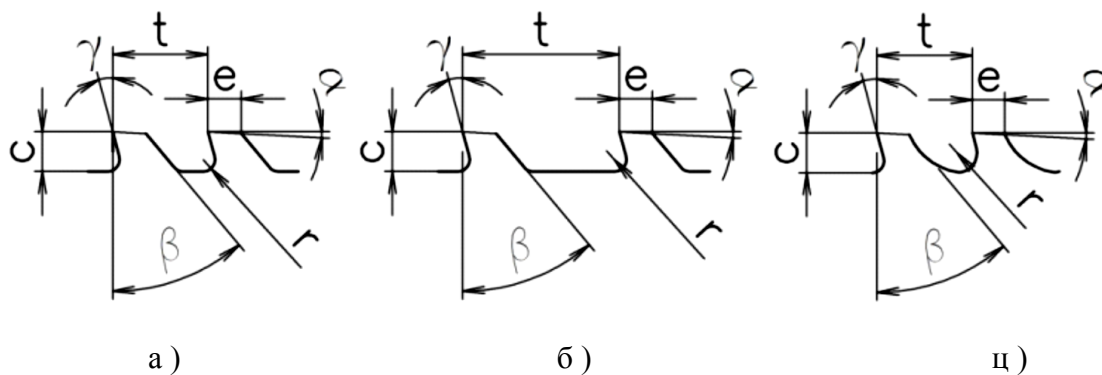


Слика 3.11. Елементи провлакача за спољашње провлачење

Елементи провлакача за спољашње провлачење су : предња дршка – прихватни део (1), предња вођица (2), резни елементи (3) – режући зуби, (4) – калибрирајући зуби, задњи прихватни део (5).

3.3 Зуби и међузубље

Зуби чине резни део алата и функција им је да скидају вишак материјала. Разликујемо зубе за грубо скидање, тој групи припадају зуби ломачи који служе за ситњење струготине, затим зуби за фину обраду и калибрирајући зуби помоћу којих се добија крајњи жељени облик и квалитет површине предмета обраде. Међузубље или „магацин“ за струготину, мора бити одговарајуће запремине и обезбедити довољно простора за струготину која се нагомила дуж линије провлачења.



Слика 3.12. Профили зуба дуж осе провлакача

t -корак

e -ширина леђа

c -дубина међузубља

r -радиус заобљења међузубља

γ -грудни угао

β -залеђе

α - леђни угао

Облици међузубља који се највише примењују :

- **Основни** (најчешће примењени – слика 3.12.а);
- **Продужени** (примењују се за провлачење дугачких отвора при односу $H/t < 0,35$ – слика 3.12.б);
- **Са криволинијским залеђем** (иако обезбеђује добре услове рада,због сложености израде ређе се примењују – слика 3.12.ц).

Елементи профила зуба и међузубља се прорачунавају према следећим подацима :

- Ширина леђа

$$e = (0.25 - 0.40)t$$

При чему се мање ширине леђа усвајају за продужени облик зубаца.

- Полупречник заобљења међузубља

$$r = (0.50 - 0.75)h$$

- Угао залеђа β или полупречник r одређује се цртањем профила зуба, а усваја се у границама $\beta = 40 - 60^\circ$ или у границама

$$r = (0.65 - 0.70)t$$

- Грудни угао ϱ резних и калибришућих зубаца одређује се таблично.
- Главни леђни угао се усваја у границама

За резне зубе $2^\circ - 3^\circ 30'$

За калибрирајуће зубе $30' - 1^\circ$

Препоручује се да угао α на резним зубима буде на горњој граници, а на последња два три зуба ближе доњој [1].

3.4 Дршке провлакача

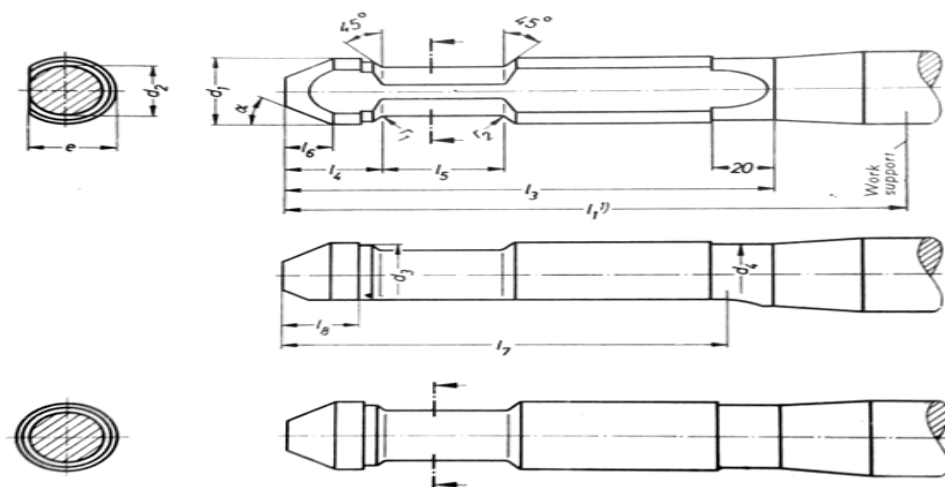
Дршке су саставни елементи провлакача. Разликујемо предњу и задњу дршку. Преко предње дешке се сила са провлакачице преноси на сам провлакач и омогућава се извршавање операције провлачења. Задња дршка није пројектована на свим провлакачима, већ само на оним чија конструкција и сама намена то намеће. Њена улога је да стабилизије дуге провлакаче ради што бољег центрирања и да врати провлакач у почени положај након извршене операције.

Дршке су стандардизоване, њихов облик директно зависи од типа провлакачице на којој се операција изводи, док димензије зависе од самих димензија целокупног провлакача и усвајају се таблично. Неки прихватни делови могу се израђивати и као нестандартни према посебним захтевима.

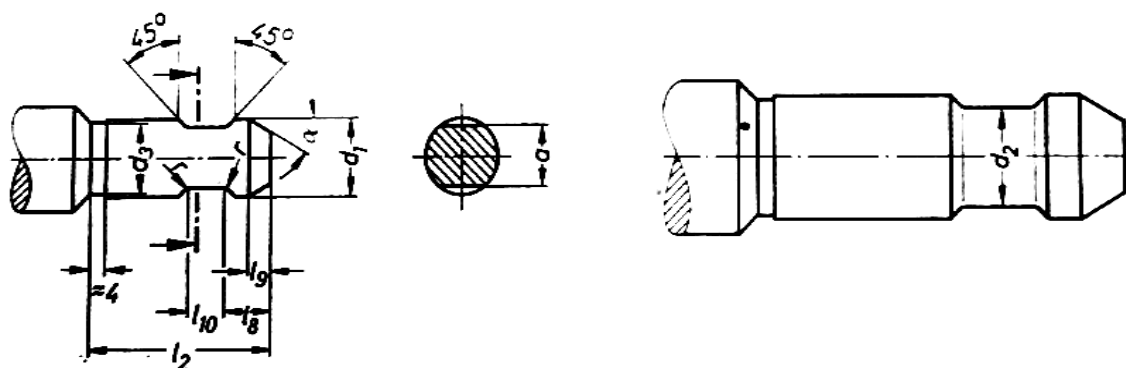
Разликујемо два типа дршки :

- **Цилиндричне** (примењују се код цилиндричних, квадратних, вишеугаоних, жљебастих и код еволвентних провлакача као и код провлакача за троугласте жљебове);
- **Призматичне** (примењују се код свих врста флахастих провлакача).

Дат је пример предње и задње цилиндричне дршке по стандарду **DIN 1417**.

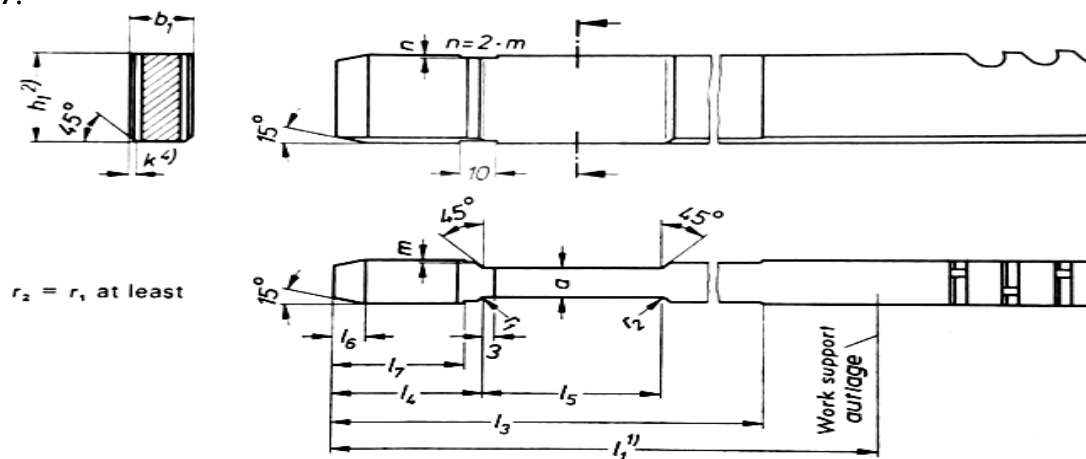


Слика 3.13. Предња цилиндрична дршка по стандарду DIN 1417 [4]

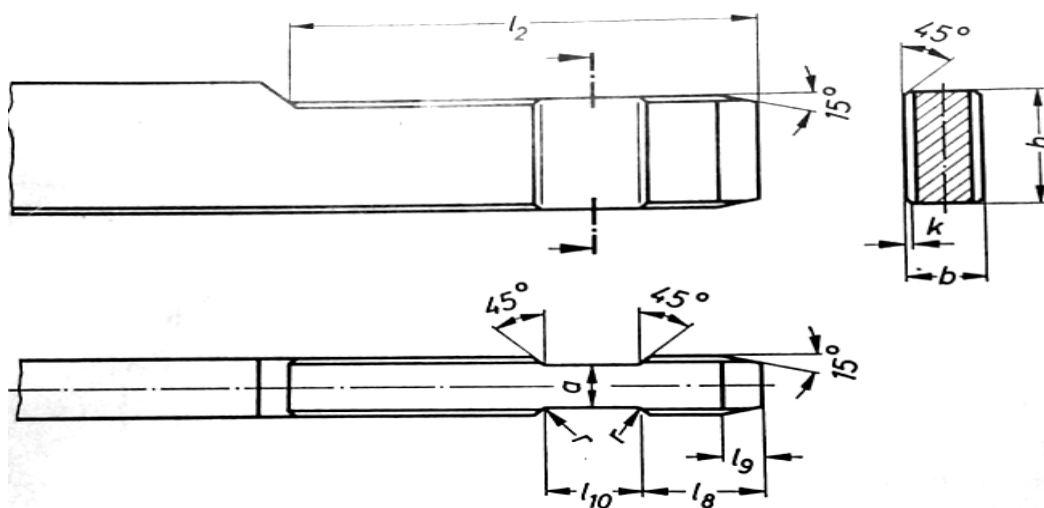


Слика 3.14. Задња цилиндрична дршка по стандарду DIN 1417 [4]

На другом примеру дат је пример предње и задње призматичне дршке по стандарду **DIN 1417**.



Слика 3.15. Предња призматична дршка по стандарду DIN 1417 [4]



Слика 3.16. Задња призматична дршка по стандарду DIN 1417 [4]

2.1 Материјал алата

Провлакачи се израђују од алатног челика, високолегираног брзорезног челика или од тврдог метала. Могу бити израђени као једноделни, најчешће од брзорезног челика или као вишеделни када су носећи делови израђени од конструктивног челика, а резни и калибрирајући део од брзорезног челика или тврдог метала, (квалитета К 20 и сл.). За израду провлакача најчешће се користе брзорезни челици (табела 3.0) и то : волфрамови брзорезни челици, при обради материјала средње тврдоће и већим дубинама резања; волфрамванадијумови брзорезни челици знатно веће чврстоће намењени обради врло тврдых метала; ванадијумов брзорезни челик са 1.5 % V нарочитог квалитета у погледу издржљивости резне ивице и кобалтов брзорезни челик као најквалитетнији, али и најскупљи, намењен за најтеже услове рада.

Конструктивни челици за израду прихватних, водећих и елемената за притезање резних и калибрирајућих делова вишеделних провлакача (сегмената или прстенова) су најчешће челици за побољшање С60, С45, 25CrMo4 и др.

За израду тела и вођица провлакача често се користе и челици за цементацију С10, по потребу и 15CrNi6 [3].

Tabela 3.0 Pregled brzoreznih čelika

ОЗНАКА	ХЕМИЈСКИ САСТАВ %				
	угљеник	волфрам	ванадијум	молибден	кобалт
HS18-0-1	0.75	18.0	1.1		
HS12-1-4	1.25	12.0	3.7	0.8	
HS12-1-2	0.88	12.0	2.5	0.8	
HS18-1-2-5	0.80	18.0	1.5	0.7	5.0
HS12-1-2-5	0.80	12.5	2.0	1.2	5.0
HS6-5-2	0.90	6.5	1.9	5.0	
HS2-9-1	0.82	1.7	1.2	8.5	
HS-12-1-4-5	1.35	12.0	3.7	0.9	5.0
HS12-1-2-10	0.76	18.0	1.5	0.7	9.5
HS10-4-3-10	1.25	10.0	3.2	3.7	10.5
HS6-5-2-5	0.92	6.5	1.9	5.0	5.0

4. Технологија израде провлакача

Технологија обраде проучава проблематику израде и обликовања готових делова. У зависности од принципа уклањања вишка материјала и обликовања разликујемо технологије:

- *Механичке обраде*
- *Неконвенционалне поступке обраде*

Механичка обрада или обрада метала резање (стругање, глодање, брушење итд.) је поступак обликовања уклањањем вишка материјала механичким путем алатима знатно веће тврдоће од тврдоће материјала предмета обраде.

Неконвенционални поступци обраде су поступци обликовања уклањањем вишка материјала различитим физичко - хемијским механизмима, коришћењем електричне, хемијске, светлосне, магнетне и других видова енергије.

Израда провлакача је дуг и сложен процес где је укључено више операција, углавном оних везаних за технологију механичке обраде. У зависности од типа провлакача примењују се одговарајуће технологије.

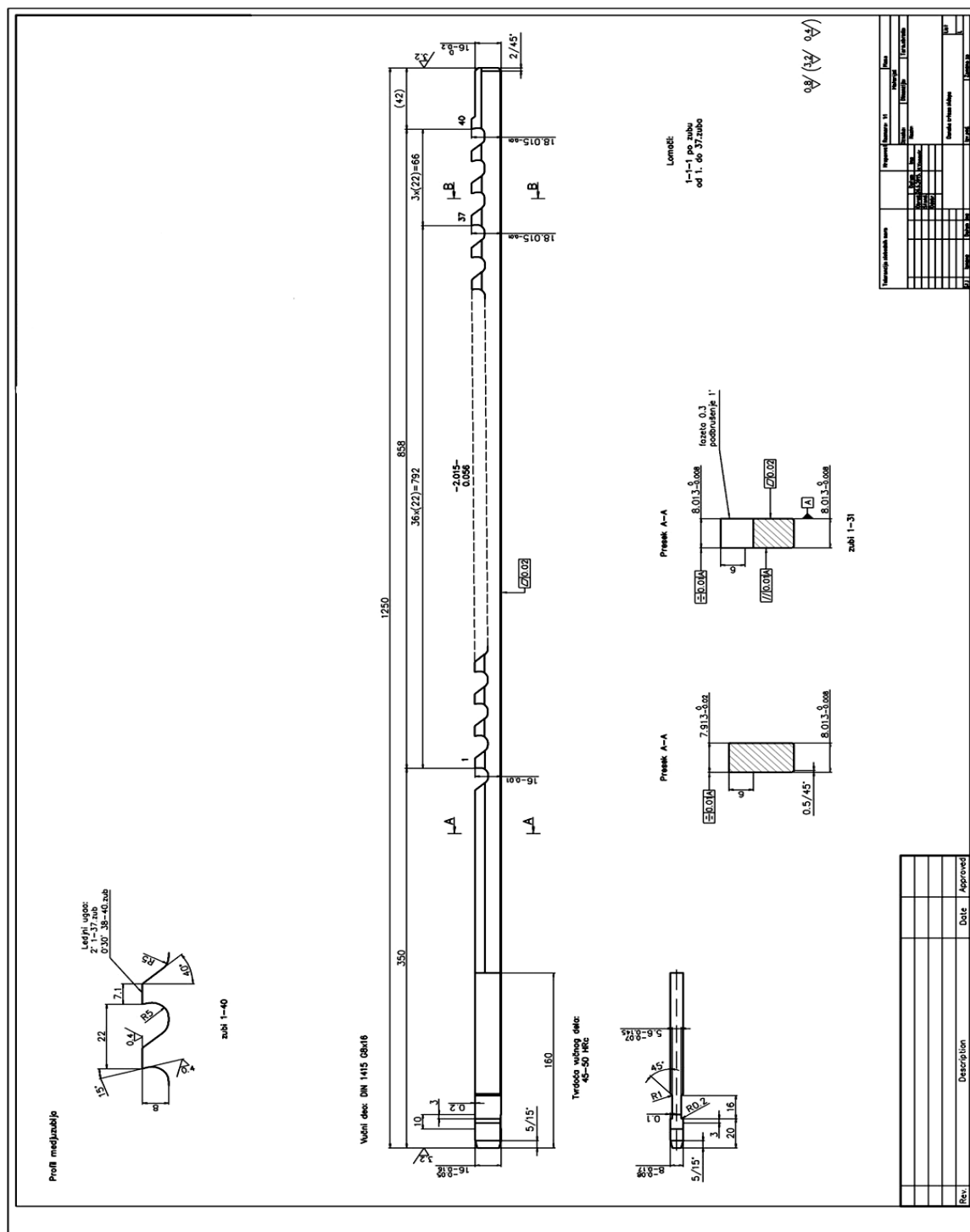
На примеру призматичног провлакача *слика 4.1.*, примењују се процеси обраде глодањем, равног брушења, док се зуби и међузубље могу израђивати глодањем такође, или еродирањем на ерозимату са жицом. Детаљније о овоме биће разматрано у поглављу (4.1).

На примеру округлих провлакача *слика 4.13.* где се срећемо са цилиндричним површинама примењују се процеси обраде стругањем и округло брушење. Зуби и међузубље се израђују стругањем, а завршна обрада је везана за брушење грудних и леђних углова као и оштрење истих. Више о овоме биће речи у поглављу (4.2).

У овим примерима биће речи и о термичкој обради која се примењује на свим типовима провлакача, што за циљ има побољшање механичких карактеристика самог челика, као и TiN превлаци која продужава постојаност самог алата (провлакача).

4.1 Технологија израде provlakacha za spoľashnje provlacheње

На слици 4.1. приказан је призматични провлакач за спољашње провлачење.



Слика 4.1. Провлакач за спољашње
провлачење

Технолошки циклус израде провлакача за спољашње провлачење:

- 10 - Сечење машинско;
- 20 - Стабилизација – жарење;
- 30 - Глодање;
- 40 - Брушење мерно, у 90° са додатком $+ 0.7 \text{ mm}$;
- 50 - Еродирање (са додатком за брушење);
- 60 - Контрола (контрола мера и квалитета израде);
- 70 - Термичка обрада (по напоменама са цртежа);
- 80 - Контрола термичке обраде;
- 90 - Оштрење грубо грудног угла са међузубљем, строго тачан корак, користити мерну летву;
- 100- Брушење мерно, комплетно по захтеву цртежа. Задовољити тражену равност, паралелност, симетричност. Што бољи квалитет обрађене површине;
- 110 - Оштрење, завршно, грудног угла, строго тачан корак, користити мерну летву;
- 120 - Оштрење завршно леђног угла. Леђни угао по напомени са детаља профила зуба;
- 130 - Контрола;
- 140 - TiN превлака;
- 150 - Оштрење грудног угла после TiN превлаке;
- 160 - Контрола и обележавање.

Операција 10) Полазни материјал је призматичног облика, одсеца се на одговарајуће димензије са технолошким додацима ($+5 \text{ mm}$) који се касније скидају прво грубом обрадом, затим фином. Конкретно, димензије полазног материјала за овај провлакач призматичног облика су $13 \times 23 \times 1255 \text{ mm}$.

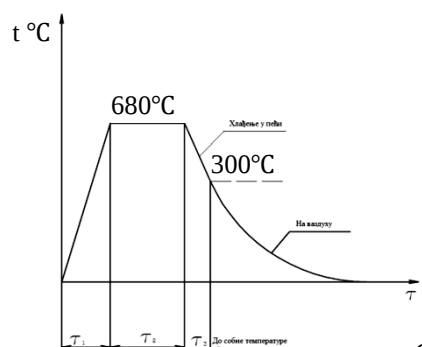
Овај материјал је брзорезни челик HS6-5-2.



Слика 4.2. Полазни материјал

Операција 20) Врши се стабилизација материјала радног комада. Приступа се жарењу које за циљ има уклањање заосталих напона који се дефинишу као напони који су присутни унутар неког материјала радног комада који није изложен дејству спољашњег оптерећења.

Када се такав материјал оптерети приликом процеса резања, заостали напони се сабирају са спољашњим оптерећењем чиме се смањује вредност корисног оптерећења.



Пречник	Време у мин.		
	t ₁	t ₂	t ₃
10-40	25	120	240
40-60	30	150	

Слика 4.3. Дијаграм – ток операције жарења

Операција 30) Након стабилизације материјала радног комада, приступа се операцији обраде глодањем, где се врши грубо скидање вишка материјала, затим фино скидање материјала и на крају се оставља додаток који се скида равним брушењем. Ова операција се изводи чеоним глодањем, где алат (глодало) врши главно обртно кретање, као и помоћно праволинијско кретање.



Слика 4.4. Операција уздужног глодања

Операција 40) У овој операцији врши се равно брушење радног комада, скидају се додаци за обраду који су остављени у претходној операцији глодања, површине радног комада се доводе у нормалан положај (у 90°) у односу једна на другу и препрема се комад за следећу операцију еродирањем, што значи да је неопходно дефинисати полаз.



Слика 4.5. Операција равного брушења

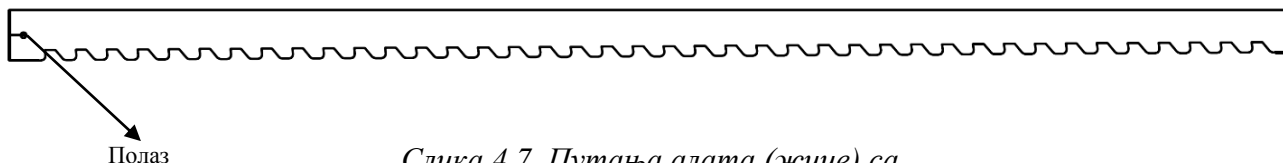
Операција 50) Операцијом еродирања се израђује резни део провлакача и у зависности од величине корака међузубља и дужине провлакача могуће је ову операцију спровести и на глодалици. Обзиром на димензије провлакача, одлучено је да се резни део изради на ерозимату са жицом.



Слика 4.6. Еродирање са жицом

Електроерозна обрада обухвата поступке обраде метала код којих се уклањање вишка материјала остварује серијом електричних пражњења периодичног карактера, насталих између алата (катоде 1) и предмета обраде (анодe 2). При одговарајућем растојању алата и предмета обраде (0.005 – 0.5 mm) успоставља се електрични лук или искра. Појава лука или искре доводи до јонизације радне течности (диелектрикума), формирања стуба пражњења (јонизујућег стуба), топљења и испаравање честица материјала предмета обраде.

Прекидом пражњења (прекидом струјног кола) долази до пуцања јонизујућег стуба, избацивања растопљеног материјала и његовог одношења из зоне обраде. Хлађење растопљеног материјала о одношење се остварује диелектрикумом (дејонизована вода, петролеј, минерално уље и тд.) који циркулише. Наизменично импулсно пражњење обезбеђује разарање материјала, продирање алата и формирање жељеног профила [2].

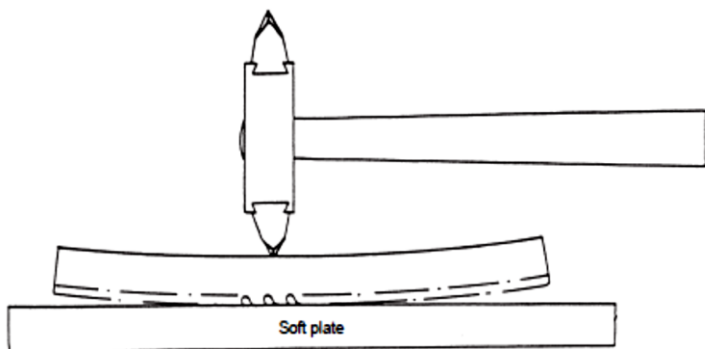


Слика 4.7. Путања алата (жице) са дефинисаним полазом

Смер кретања алата (жице) је у смеру супротном од казаљке на сату. Програмер је дужан да опслужиоцу машине јасно дефинише полаз, тако што ће одредити координате тачке полаза у односу на радни комад.

Операција 60) Након операција грубог скидања материјала врши се контрола радног комада, самих димензија као и квалитета израде, у циљу откривања раних грешака ако их има.

Операција 70) Овом операцијом се приступа термичкој обради, где се врши каљење у циљу повећања тврдоће на 63-65 HRC. Карактеристично за ову операцију је појава деформација (искривљеност) радног комада, па је потребно приступити исправљању. Исправљање врши добро обучени радник, са великим искуством, јер је потребно препознати тачку на коју треба вршити оптерећење.



Слика 4.8. Исправљање радног комада [4]

Операција 80) Врши се контрола термичке обраде, контролишу се праметри и комад се шаље на следећу операцију.

Операција 90) Овом операцијом се међузубље припрема за завршно оштрење, скида се додаток међузубља који је остављен приликом израде програма за ерозимат. Алат (тоцило) је постављено под углом од 15° (грудни угао).



Слика 4.9. Грубо
оштрење грудног
угла

Операција 100) Затим следи операција брушења свих површина по захтеву цртежа (довођење димензија радног комада на меру). Ово је операција финог равног брушења, где се отклања само 20 % од укупног додатка за брушење. Осталих 80 % је скинуто грубим брушењем.

Брушење је једна од најважнијих операција завршне обраде и обезбеђује високу тачност мере и висок квалитет обрађене површине. Изводи се након термичке обраде тако да остварује и уклањање грешака насталих услед топлотних деформација при термичкој обради.



Слика 4.10. Мерно брушење

Операција 110) Завршно оштрење грудног угла је идентично операцији 90, с тим што је овде скидање струготине минимално, и након овога на израду међузубља је стављена тачка.

Операција 120) Приступа се операцији завршног оштрења леђног угла. Шема оштрења је приказана на слици 4.11.

Операција 130) Након тога радни комад иде на детаљну контролу како би се утврдило да ли има неких неправилности, затим се шаље на израду TiN превлаке.



Слика 4.11. Оштрење
леђног угла

Операција 140) Овом операцијом се површина радног комада (провлакача) пресвлачи TiN превлаком – титанијум-нитрид.

TiN превлака је изузетно тврди керамички материјал, који се користи као тврда заштна превлака која штити површину алата од трошења. Дебљина слоја превлаке је мања од 0.005 mm.



Слика 4.12. TiN превлака

Операција 150) Понавља се *операција 110*, врх зуба се треба поново наоштрити јер се приликом наношења TiN превлаке формирало заобљење које смањује резне карактеристике зуба.

Операција 160) Затим се врши контрола мера свих елемената провлакача као и квалитет израде, обележава се и складишти у магацин.

Технолошки циклус израде провлакача за унутрашње провлачење :

- 10 - Сечење;
- 20 - Стабилизација – жарење;
- 30 - Стругање (Стругање габарита са додатком за брушење од 0.6 – 0.8 mm);
- 40 - Стругање зуба са додатком за брушење на CNC strugu – izrada programa;
- 50 - Стругање вучног и прихватног дела са додатком за брушење од 0.6 – 0.8 mm;
- 60 - Контрола мера и квалитета израде;
- 70 - Термичка обрада, према захтеву документације;
- 80 - Контрола термичке обраде;
- 90 - Брушење средњих гнезда и места за линете;
- 100- Оштрење грубо грудног угла, строго тачан корак, користити мерну летву;
- 110 - Брушење округло комплетно са међузубљем, по захтеву цртежа и таблица;
- 120 - Контрола мера и квалитета израде операције брушења округлог;
- 130 - Оштрење завршно грудног угла;
- 140 - Глодање профила;
- 150 - Брушење мерно профила по захтеву цртежа, користећи паус;
- 160 - TiN превлака;
- 170 - Оштрење завршно грудног угла после TiN превлаке;
- 180 - Контрола и обележавање.

Операција 10) Полазни материјал је цилиндричног облика, одсеца се на одговарајуће димензије са технолошким додацима (5 mm) који се касније скидају прво грубом обрадом, затим фином. Конкретно, димензије полазног материјала за овај провлакач цилиндричног облика су $\phi 50 \times 1255$ mm.

Овај материјал је брзорезни челик HS6-5-2.



Сл.4.14. Полазни материјал, цилиндричног облика

Операција 20) После сечења, материјал одлази на стабилизацију, односно примењује се процес жарења. О овој операцији је било речи у претходном примеру, поглављу 4.1, операцији 20.

Операција 30) Након стабилизације, радни комад иде на стругање и то на грубу уздужну обраду где се скида највећи део материјала и продукта жарења из претходне операције.

Остварује се тако што предмет обраде изводи главно обртно кретање, а алат (стругарски нож) помоћно праволинијско кретање.



Слика 4.15. Стругање габарита на универзалном стругу

Операција 40) Након грубог стругања и одклањања већег дела материјала, следи израда зуба и међузубља. Програмер пише програм за CNC струг, притом водећи рачуна о скраћењу материјала које се дешава приликом термичке обраде, додатку за брушење по страни на зубима, као и порасту по зубу и сегментима резних елемената.



Слика 4.16. Стругање, израда зуба на CNC стругу

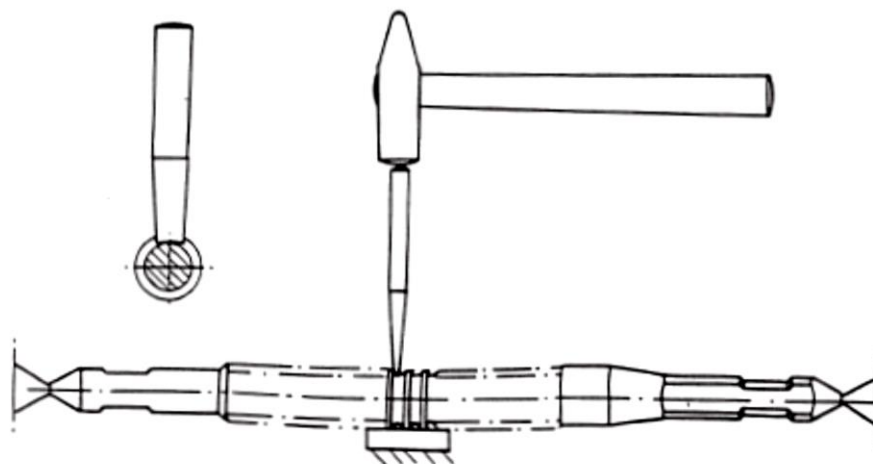
Операција 50) Стругање вучног и прихватног дела се углавном врши на универзалним струговима остављајући додатак за брушење од 0.6 - 0.8 mm.

Слика 4.17. Израда вучног и прихватног дела.



Операција 60) Контрола мера и квалитета саме израде након стругања, тј. грубог одклањања вишка материјала врши се да би се утврдила тачност израде и што раније препознавање грешака.

Операција 70) Термичка обрада материјала предмета обраде, се врши процесом каљења у циљу повећања тврдоће на 63-65 HRC. Карактеристично за ову операцију је појава деформација (искривљеност) радног комада, па је потребно приступити исправљању. Исправљање врши добро обучени радник, са великим искуством, јер је потребно препознати тачку на коју треба вршити оптерећење.

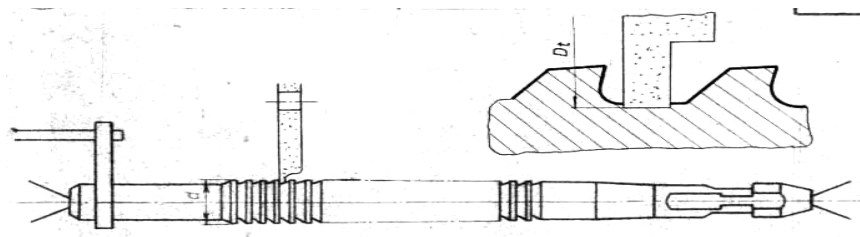


Слика 4.18. Исправљање након термичке обраде

Операција 80) Вршењем контроле термичке обраде проверава се квалитет обраде, радни комад се шаље на дораду или се приступа следећој операцији из циклуса.

Операција 90) Брушење средњег гнезда се врши ради што бољег центрирања и полаза приликом округлог брушења.

Места за линете се израђију код дугачких провлакача на дну међузубља и њихова улога је да спрече савијање провлакача прив дејству тоцила приликом округлог брушења. Место за линету је дефинисано цртежом.



Слика 4.19. Израда места за линету

Операција 100) Приступа се операцији грубог оштрења грудног угла. Алат (тоцило) је искошено за вредност тог угла и врши обртно кретање као и праволинијско кретање за вредност корака, док предмет обраде врши само обртно кретање.



Слика 4.20. Грубо оштрење грудног угла

Операција 110) Округлим брушењем читавог радног комада са међузубљем се финализује процес израде, мере се доводе на већ унапред одређене као и квалитет површине. Конструктор треба да обезбеди таблицу са параметрима који карактеришу зубе (пораст по зубу, леђни угао), како би олакшао рад самом извршиоцу.



Слика 4.21. Округло брушење

Операција 120) Након мерног брушења радни комад (провлакач) иде на контролу где се проверавају мере, као и квалитет израде.

Операција 130) Завршно оштрење грудног угла се поистовећује са операцијом 100, разлика је у томе што се овде скида минимална количина струготине.

Операција 140) Уздужним глодањем профила провлакача се скида вишак материјала и ослобађа се профил. Затим следи мерно брушење профила.



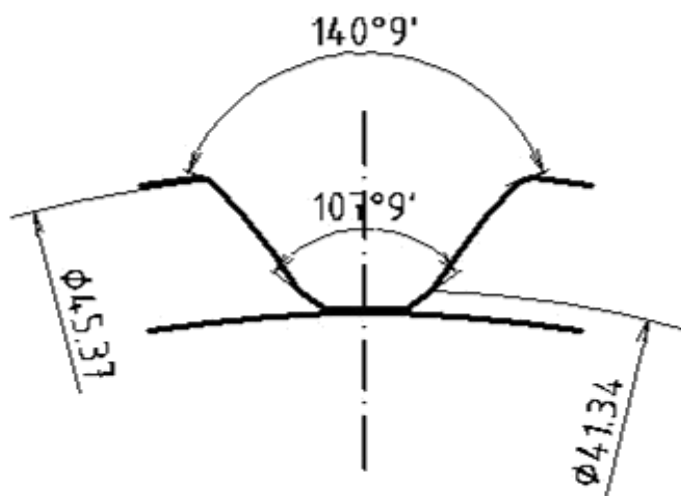
Слика 4.22. Уздужно глодање профила

Операција 150) Ова операција спада у фину обраду профила. Тоцило има облик профила (слика 4.24.) које уздужним пролазима врши дату функцију.

Након одређеног броја пролаза, тоцило се троши и потребно га је обрадити и довести у првобитни положај. То машина сама препознаје и ради, јер је све аутоматизовано.

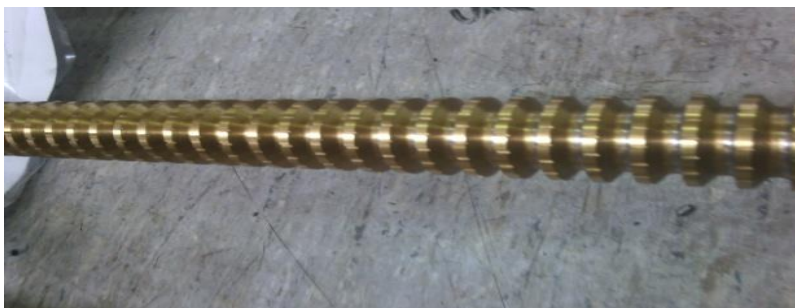


Слика 4.23. Брушење мерно профила



Слика 4.24. Профил тоцила - паус

Операција 160) Након израде профила израђује се TiN превлака.



Слика 4.25. TiN превлака

Операција 170) Затим је потребно поново поновити процес оштрења грудног угла.

Операција 180) Потом се врши контрола, обележавање и складиштење у магацин.

5. Закључак

На основу примењених технологија за израду провлакача може се закључити да су то врло комплекси алати, сложене геометрије али и високе тачности, па након провлачења није потребно вршити накнадну обраду.

Процес резања се остварује само једним кретањем и то праволинијским кретањем алата, док предмет обраде мирује. Разликујемо процес унутрашњег и спољашњег провлачења које се реализује на машинама провлакачицама. Примену налазе у серијској и масовној производњи. Треба се осврнути и на шеме резања и запамтити да постоје профилна, слојевита или генераторска и прогресивна шема резања .

Садржај трећег поглавља нам омогућава да сагледамо ширу слику о провлакачима као алатима за обраду, њихову основну поделу на провлакаче за спољашње и унутрашње провлачење, геометрије самих провлакача као и конструктивним елементима који директно утичу на избор технологије коју треба применити. То су предњи и задњи прихватни део, резни елементи – зуби и међузубље. Треба нагласити да су дршке стандардизоване и зависе од самих димензија провлакача, машине на којој се изводи провлачење и осталих параметара. Поменут је и материјал за израду провлакача, то су углавном брзорезни челици који се разликују по хемијском саставу.

Пут од улазног материјала до готовог производа (провлакача) је описан у четвртом поглављу. Треба поменути обрадне процесе који се користе за израду призматичних провлакача за спољашње провлачење, а то су пре свега, операција глодањем, којом се врши грубо скидање материјала, затим равно брушење, израда зуба и међузубља еродирањем на ерозимату са жицом, оштрење грудних углова и тд.

На примеру цилиндричног провлакача за унутрашње провлачење поменути су обрадни процеси који се односе на обраду цилиндричних површи, то су стругање, округло брушење, оштрење резних елемената провлакача и тд.

6. Литература

- [1] Klimov V. I., Lerner A. S., Pekarski M. D., Smirnov N. L., Sleimović M. A., Приручник за конструкцију резног алата, *Грађевинска књига, Београд, 1964.*
- [2] Лазић Миодраг, Производне технологије II, скрипта, *Машински факултет, Крагујевцац, 2001.*
- [3] Павловић Иван, Дипломски рад на тему: Обрада провлачењем, геометрија, прорачун конструкције провлакача, *Машински факултет, Крагујевац 2001.*
- [4] Forst Oswald, *Taschenbuch (Hinweise für das Räumen und für hydraulische Antriebe)*, GMBH Solingen 1962.
- [5] Др Богдан Недић, др Миодраг Лази, Обрада метала резањем, *Машински факултет, Крагујевац, 2007.*