

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 106/2011

Александар Ч. Радовић

ТЕХНОЛОГИЈА ИЗРАДЕ НАВОЈА

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Богдан Недић, ред. проф.

2. _____

3. _____

Датум одбране:

Оцена: _____

У оквиру завршног рада кандидат треба да изврши систематизацију и на одговарајући начин презентацију података везаних за израду делова са навојем свим поступцима обраде. Такође, потребно је прикупити податке о савременим обрадним системима (ЦНЦ машинама) за израду навоја. Упоредо са одговарајућим текстом дати и видео презентације добијене коришћењем интернет технологија.

Препоручена литература:

- [1] Лазић, М., Обрада метала резањем (поглавља о навојима)
- [2] АЛАТНИЧАР, Стручно информативни часопис, бројеви 5 и 8

Крагујевац, септембар 2015.

Ментор:

Професор др Богдан Недић

REZIME

У раду су дати подаци о изради навоја, карактеристикама навоја (пречник, корак, профил, војност), врсте навоја (стругање, ваљање, глодање, бушење, нарезивање, брушење). Дате су предности и недостаци начина израде навоја. Приликом сваке обраде могућа је појава грешака, које је важно препознати уз помоћ знања и искуства уклонити у што краћем временском року да се избегну застоји и појава шкарта. Приказани су и подаци о новијим, CNC машинама за израду навоја.

Кључне речи:

- Навоја
- Обрада
- Програмирање
- Управљање

ABSTRACT

The paper presents data on the development of the thread, the thread characteristics (diameter, pitch, profile, evolutionary), thread types (turning, rolling, milling, drilling, threading, grinding). The advantages and disadvantages of ways to create threads. During each treatment may be associated with errors, it is important to recognize that with the help of knowledge and experience to remove as soon as possible to avoid delays and the occurrence of waste. Shown are data on the newer CNC machines Chaser.

Key words:

- Thread
- Processing
- Programming
- Management

С А Д Р Ж А Ј:

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА	5
2. ОПШТЕ О НАВОЈУ	7
3. ВРСТЕ НАВОЈА	10
4. ПОСТУПАК ИЗРАДЕ НАВОЈА СТРУГАЊЕМ, МАШИНЕ И АЛАТИ.....	15
4.1 Поступак израде навоја стругањем	15
4.2 Машине у обради стругањем	17
4.3 Алати за израду навоја у обради стругањем.....	19
4.4 Препоруке за израду навоја на стругу	24
5. ПОСТУПАК ИЗРАДЕ НАВОЈА БУШЕЊЕМ, МАШИНЕ И АЛАТИ.....	26
5.1 Машине у обради бушењем	27
5.2 Алати за израду навоја бушењем.....	27
6. ПОСТУПАК ИЗРАДЕ НАВОЈА ГЛОДАЊЕМ, МАШИНЕ И АЛАТИ.....	33
6.1 Машине за израду навоја глодањем	35
6.2 Алати за израду навоја глодањем	36
7. ПОСТУПЦИ ИЗРАДЕ НАВОЈА ВАЉАЊЕМ, МАШИНЕ И АЛАТИ	38
7.1 Машине и алати за израду навоја у обради ваљањем.....	39
8. ОСТАЛИ ПОСТУПЦИ ИЗРАДЕ НАВОЈА , МАШИНЕ И АЛАТИ	42
8.1 Ручно нарезивање навоја	42
8.2 Израда навоја брушењем	43
8.3 Ексцентрично нарезивање навоја	44
8.4 Резање навоја на специјалним алатним машинама.....	45
9. ПРОБЛЕМИ КОД ИЗРАДЕ НАВОЈА	46
9.1 Појава вибрација приликом израде навоја.....	46
9.2 Грешке код израде навоја на стругу	47
9.3 Грешке код израде навоја урезницом.....	49
10. ЗАКЉУЧАК	52
ЛИТЕРАТУРА	53

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

У другом поглављу речено је пар речи о навоју, који се врло често користи у разним деловима, направама и конструкцијама. Има врло широку примену у свакодневном животу. Стандардни навој је десновојан, док се левовојан користи само за посебне намене. Може имати више почетака па тако, осим једновојног навоја, постоје двовојни, тровојни, односно вишевојни навој који имају примену код разних вретена где је од посебног значаја већи успон навоја.

У трећем поглављу види се подела навоја, а основна разлика је у профилу, па тако постоји метрички, трапезни, коси, Витвортов, обли и остале врсте навоја. Навој се може изградити на више начина, а сваки од њих има предности и недостатке.

Израда навоја стругањем, приказана у четвртом поглављу, који је најчешћи начин израде, врло је једноставан и продуктиван, а што је најбитније покрива широк спектар цевних профила и погодан је за израду и спољног и унутрашњег навоја. Улаз резног алата у материјал предмета обраде код стругања навоја може се извести на различите начине. Избор начина улаза алата у материјал предмета обраде утиче на квалитет површине навоја, трошење резног алата, унос топлоте у предмет обраде и вибрације, а бира се на основу материјала предмета обраде, материјала резне плочице и успона навоја. Тако постоји заузимање дубине са стране, постепен улаз и најчешће коришћени, ау неким обрадама и једини могући, радијални улаз. Код радијалног улаза резна плочица улази по средини профила тако да се подједнако троши са сваке стране, а недостатак је могућност појаве вибрација и лошија контрола код израде грубих навоја. Такође, код стругања навоја постоје два начина заузимања радијалне дубине резања. Први начин је стална вредност одвојене честице који позитивно утиче на век трајања алата, а други начин је стална вредност радијалне дубине израде. За стругање навоја, постоји више облика плочица. Постоји резна плочица за пуни профил која у потпуности израђује профил навоја, односно спољашњи и унутрашњи радијус, па тада није потребно претходно стругање. Постоји и резна плочица за V-профил која не обликује радијус на врху профила па је потребно претходно стругање Сировци на тачну димензију, а предност ове врсте плочица је да се једна резна плочица може користити за израду навоја различитих корака, али истог профила. Постоје и резне плочице са више зуба који су сви истовремено у захвату са материјалом предмета обраде, а користе се у великосеријској производњи. Њихова предност је вишеструко повећање продуктивности, а недостатак им је што су доступне за израду само најчешћих цевних профила.

Унутрашњи навој се може изградити и урезивањем, а за то се користе урезнице, што је приказано у петом поглављу. Облик им се мења с обзиром на тип отвора,

пролазан или непролазан; с обзиром на погон урезнице, дужину потребног навоја и осталих параметара. Главна подела урезника је на ручна и машинска урезнице.

У шестом поглављу се види израда навоја глодањем које има велик број предности у односу на друге начине израде. Једним алатом - глодалом се може изградити десновојни и левовојни, унутрашњи и спољашњи навој различитог отвора. Глодањем је могуће изградити навој на неротирајућим предметима, а струготина је кратка па не долази до наматања око резног алата или оштећивања површине навоја.

Навој се може изградити и ваљањем, најчешће ваљањем на хладно, такав начин приказан је у седмом поглављу. То је најбржи и најјефтинији начин израде, површина навоја је високог квалитета, а навој има добра механичка својства због непрекинутости тока силница. Значајна је уштеда материјала код овог поступка па се примењује у масовној производњи због високе продуктивности. Главни алат код ваљања на хладно су стандардизовани ваљци високе цене који се израђују само за најчешће стандардне навоје. Велико ограничење код израде навоја ваљањем на хладно је нефлексибилност система, односно један сет ваљака могуће је користити за израду само једне врсте навоја, истог профила и корака.

У осмом поглављу приказана је израда навоја брушењем, па тако постоји завршно брушење и дубоко брушење до дубине од приближно 1 мм. Код поступка брушења користе се брусне плоче које могу има један профил или више једнаких профила који су истовремено у захвату са материјалом обратка. Брушење се користи када је потребна висока квалитета површине навоја код делова који се уграђују у посебно прецизне машине или мерене уређаје.

Као и код било које друге обраде, тако и код израде навоја, могућа је појава разних проблема. Ти проблеми су приказани у деветом поглављу. Потребно их је уз помоћ знања и искуства препознати, поправити и спречити њихову појаву у будућности како би производња текла без непотребних застоја и са што мање погрешно израђених делова. Могућност израде одређеног навоја као и његова квалитета зависи о начину израде, стога је важно познавати све поступке израде како би се изабрао онај најпогоднији. Уз толико врста навоја, широке примене и могућих начина израде, навој је занимљив, важан и незаменљив елемент у свим гранама индустрије, али и у свакодневном животу.

Уз сваки начин израде вежу се и грешке које је потребно исправити и спречити њихово поново појављивање како би производња текла глатко и без непотребних застоја са што мање шкарта.

2. ОПШТЕ О НАВОЈУ

Машински елементи с навојем имају широку примену у свим гранама индустрије, како за чврсте тако и за покретне спојеве. У неким случајевима навојни спој служи за остваривање изузетно тачних померања (навојна вретена). По неким проценама близу 70% машинских делова у индустрији има навој. Овако широка примена делова са навојем обавезује на добро познавање конструкцијских елемената навоја и опредељивање на такве производне процесе који ће омогућити минимум производних трошкова. Треба напоменути да су сви елементи навоја стандардизовани.

Навој је тело, ограничено с једне стране завојном површином, а са друге цилиндром, уписаним у завојну површину или описану навојне површине. Навој се такође дефинише као тело добијено кретањем површине, ограничене геометријском сликом, по завојници.

Оса навоја је заједничка оса свих завојница које сачињавају завојну површину навоја.

Завојница је просторна крива линија која настаје када тачка равномерно кружи око једне непомичне осе, а истовремено се равномерно помера паралелно са том осом. Завојница лежи на омотачу једног замишљеног цилиндра чија је основица идентична са пројекцијом завојнице на раван управну на њену осу.

Завојнице могу бити:

- Десна завојница – завојница која настаје када тачка кружи у смеру обртања казаљке на сату и при томе се удаљава од посматрача
- Лева завојница – завојница која настаје када тачка кружи супротно од казаљке на сату и при томе се удаљава од посматрача

Завојак је део завојнице који лежи између два суседна пресека завојнице са произвољном правом, паралелном са осом завојнице.

Корак завојнице је аксијално растојање крајњих тачака једног завојка.

Угао завојнице ϕ је угао који затвара тангента произвољне тачке завојнице са тангентом у истој тачки њене пројекције на раван управну на њену осу.

Конична завојница је просторна крива линија која настаје када тачка кружи око једне непомичне осе, а истовремено се равномерно помера ка једној тачки те осе с тим, да сваком пуном обрту тачке око осе одговара исти пут у смеру осе.

Завојна површина је површина у простору, коју описује геомтријска слика ако се све њене тачке крећу по завојницама са заједничком осом и истим кораком. Завојна површина лежи у простору између омотача замишљена два коаксијална цилиндра, од којих један додирује завојницу најближе осе (уписани цилиндар), а други завојницу најудаљенију од осе (описани цилиндар).

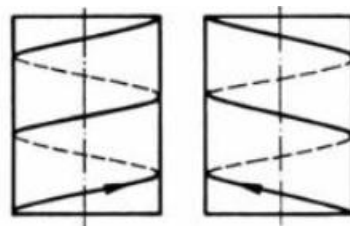
Спољни навој је навој ограничен омотачем цилиндра уписаног у завојну површину.

Унутрашњи навој је навој ограничен омотачем цилиндра описаног око завојне површине.

Навојак је део навоја који одговара једном завојку.

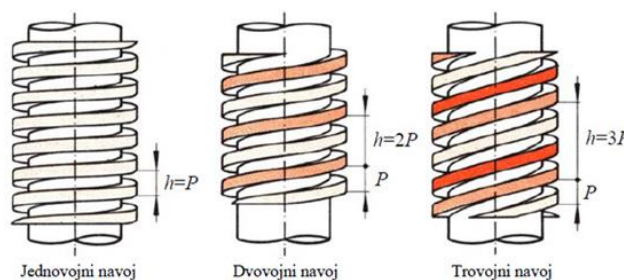
У зависности од смера завојнице, навој може бити:

- Десни навој – навој чију завојну површину сачињавају десне завојнице
- Леви навој – навој чију завојну површину сачињавају леве завојнице



Слика 1. Разлика десног и левог навој [7]

Ако се око вијка обавијају две или више завојица, навој тада постаје двовојни и вишевојни, тј. тада има више почетака. Као што слика 2 приказује војност навоја, такође се може видети да тровојни навој има успон h три пута већи од корака навоја P .



Слика 2. Војност навоја [7]

Профил навоја је стварна геометријска слика која се добије пресеком произвољне равни, положене кроз осу навоја, са завојном површином навоја.

Теоријски профил навоја је основна геометријска слика из које је изведена стварна геометријска слика профила навоја.

Корак навоја P је аксијални размак две произвољне тачке на два суседна профила навоја које леже на истој завојници и имају у односу на профил исти положај. Корак навоја је идентичан са кораком завојница које сачињавају завојну површину навоја.

Угао профила навоја α је угао који затварају бочне стране теоријског профила навоја.

Бочни угао профила навоја α_1, α_2 је угао који затвара једна бочна страница теоријског профила навоја у односу на осу навоја.

Теоријска дубина навоја H је радијални размак између најудаљеније и најближе тачке теоријског профила навоја у односу на осу навоја. Теоријска дубина навоја једнака је висини теоријског профила навоја, мерена управно на осу навоја.

Дубина спољног навоја h_1 односно унутарњег навоја h_2 , је размак најудаљеније и најближе тачке стварне геометријске слике која представља профил навоја.

Велики пречник навоја је пречник замишљеног цилиндра који додирује тачке профила навоја, најудаљеније од осе навоја. Велики пречник спољног навоја означава се са d , а унутарњег навоја са D .

Мали пречник навоја је пречник замишљеног цилиндра који додирује тачке профила навоја, најближе ка осе навоја. Мали пречник спољног навоја означава се са d_1 , а унутарњег навоја са D_1 .

Средњи пречник навоја је пречник замишљеног цилиндра који полови висину теоријског профила навоја. Средњи пречник спољног навоја означава се са d_2 , а унутарњег навоја са D_2 .

Називни пречник навоја је онај пречник који означава величину навоја.

Врх навоја је најужи, односно најистуренији, део профила навоја. Врхови спољног навоја одређује велики пречник спољнег навоја, а врхови унутарњег навоја мали пречник унутарњег навоја.

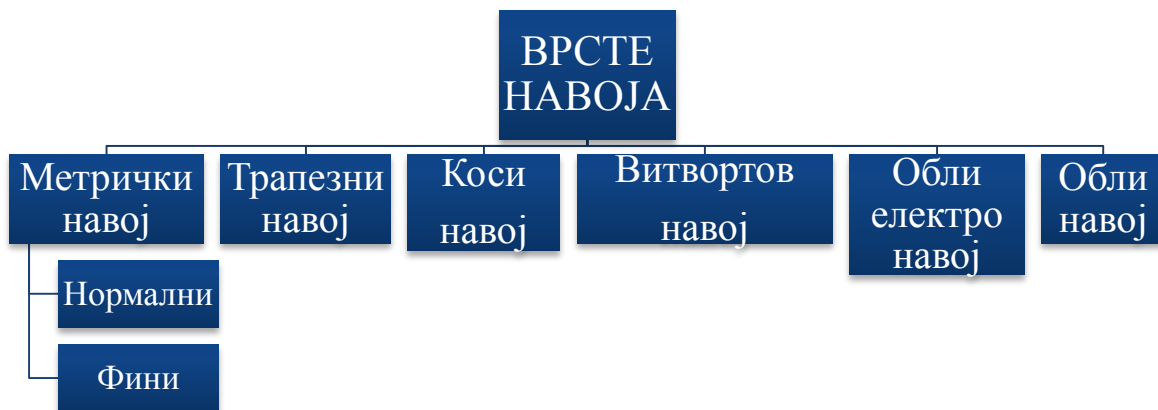
Корен навоја је најшири део профила навоја.

Дно навоја је најуже место између два суседна навојка (на коме се додирују њихови корени).

Бокови навоја су завојне површине које образују бочне стране профила навоја при кружењу око осе навоја по завојници.

3. ВРСТЕ НАВОЈА

Према облику профила навоја разликујемо:



Слика 3. Врсте навоја

Метрички навој

Ова врста навоја се најчешће користи. Има теоријски профил једнакостраничног троугла с угловима профила навоја од 60° . Постоји нормални метрички навој који се користе где год је могуће. Фини метрички навој се користи у специјалним случајевима када је потребна велика сигурност од одвијања, код кратких вијака или прецизних помака вијака у аксијалном смеру. Слика 3 приказује профил метричког навоја.

Према величини корака P за исти називни пречник, метрички навоји су подељени на:

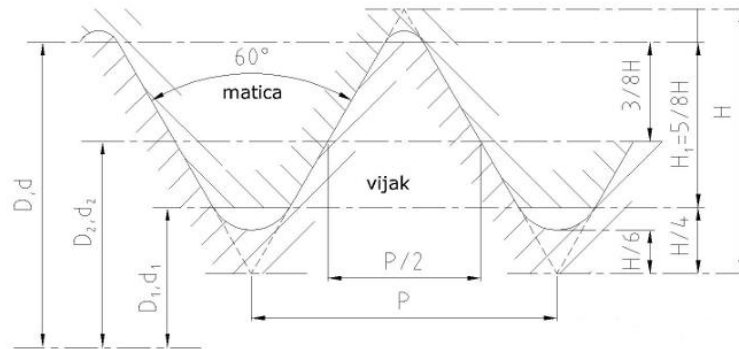
- Метричке навоје крупног корака (груби навој)
- Метричке навоје ситног корака (фини навој)

Метричке навоје крупног корака (груби навој) стандардизовани су за пречнике од 1 до 68 мм. Означавају се словом M и називним пречником $d=D$ у мм.

Метричке навоје ситног корака (фини навој) примењује се када се тражи већа сигурност од самоодвртања и када је мала дужина навојног споја. Означавају се словом M и називним пречником $d=D$ у мм и кораком P у мм.

Када се од навојног споја захтева херметичност примењује се метрички конусни навој са нагибом 1:16. Означава се са словом M , називним пречником $d=D$ у мм, кораком и скраћеницом кон.

И треба напоменути да је по правилу навој десни. Ако је навој леви, ознакама треба додати реч леви.



Слика 4. Метрички навој [2]

Елементи метричког навоја су:

d – велики промер навоја, мм

d_2 – средњи промер, мм

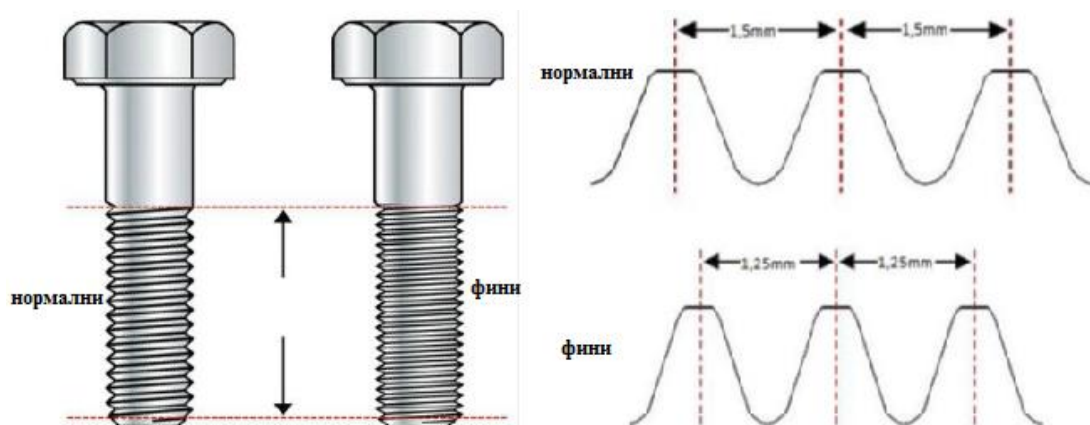
d_3 – промер језгра, мм

P – корак навоја, мм

H – теоретска дубина навоја

H_1 – носива дубина навоја, мм

Разлика између нормалног и финог метричког навоја приказана је на слици



Слика 5. Разлика метричког навоја [2]

Трапезни навој

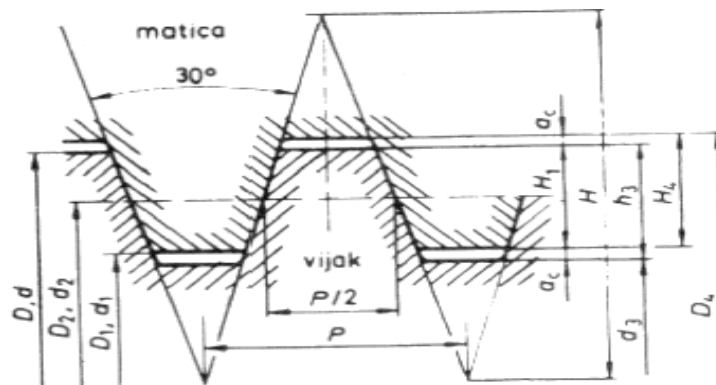
Трапезни навој има основицу једнакокраког троугла са углом профила од 30° , а теоријски му је профил трапез што се види на приказаној слици 6. Овај навој има мање трење од метричког навоја па се користи за покретне спојеве као што су вретена за дизала, алатне стројеве, итд. Замењује квадратни навој јер се вијак лакше помиче.

Трапезни навоји могу бити нормалног, ситног или крупног корака.

Означавања:

Трапезни једноструки навој: **Tr d x P** (Tr 36 x 6)

Трапезни вишеструки навој: **Tr dx Ph(Tr 36 x 12P6)** $d=36$ mm, Корак $P=6$ mm и двовојни са ходом **Ph=12** mm.



Слика 6. Трапезни навој [2]

Коси навој

Основица косог навоја је правоугли троугао с углом профила 30° који је приказан на слици 7. Користи се за вретена јер је трење мање него код трапезног навоја, али мана је то што подноси оптерећења само у једном смеру.

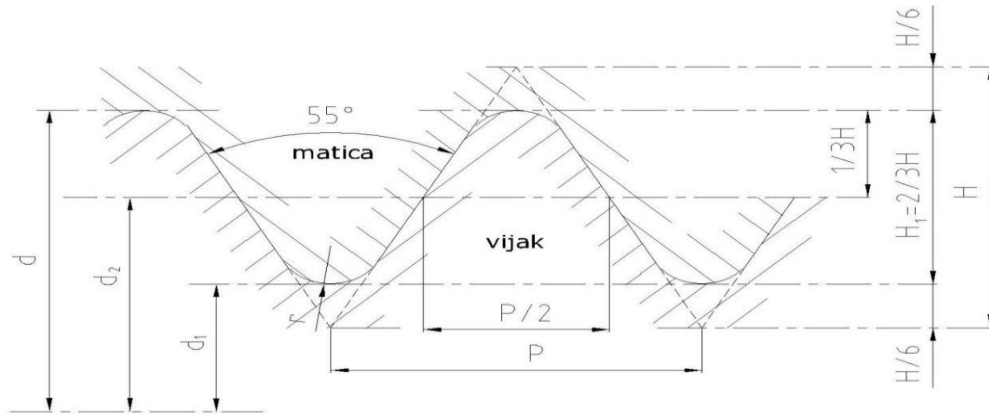


Слика 7. Коси навој [2]

Витвортов навој

Теоријски профил му је једнакокраког троугао с углом профила 55° , слика 8. Порекло вуче из Велике Британије па је основна димензија изражена у инчима. Примењује се у области спајања цеви за водовод, канализацију и централно грејање.

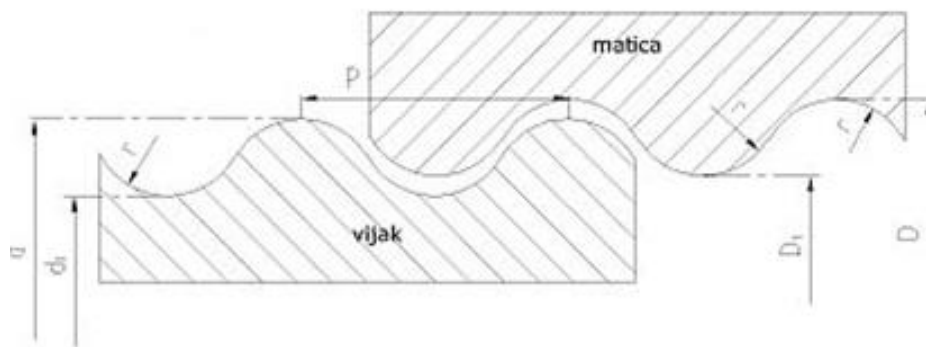
Овај навој се означава са словом R и унутрашњим пречником цеви у инчима.



Слика 8. Витвортов навој [2]

Обли електро навој

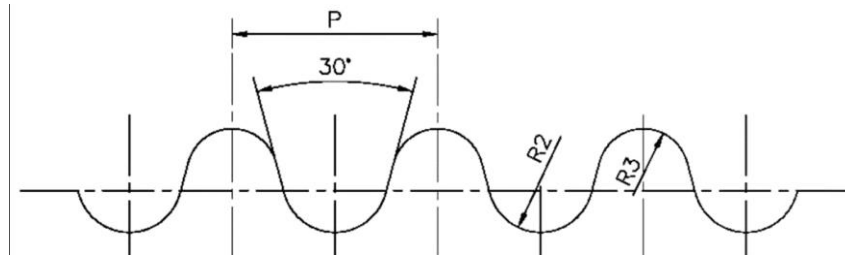
Назива се још и Едисоном навој. Овај навој има уску подручје примене те се користи само на струјним осигурачима и жаруљама.



Слика 9. Обли електро навој [2]

Обли навој

Овај навој је значајан због тога што му не сметају оштећења и стране честице, односно прљавштина. Користи се код спојева изложених различитим временским утицајима, као што су вагонски вијци на арматурама, где долази до честог растављања.



Слика 10. Обли навој [2]

Елементи облог навоја су:

P – корак навоја, мм

R2 – радијус унутарњег заобљења, мм

R3 – радијус спољњег заобљења, мм

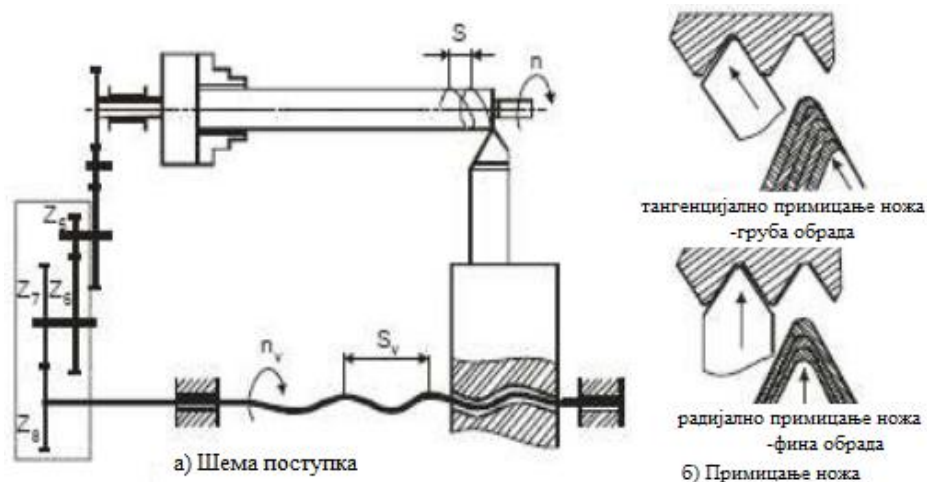
4. ПОСТУПАК ИЗРАДЕ НАВОЈА СТРУГАЊЕМ, МАШИНЕ И АЛАТИ

4.1 Поступак израде навоја стругањем

Стругање навоја је најчешћи начин израде навоја, врло је продуктиван, а што је најбитније покрива широк спектар цевних профила. Једноставан је процес који даје добру квалитет површине, а једна од предности је што може радити и спољни и дубоки унутрашњи навој.

Данас велик број ЦНЦ машина има програм за стругање навоја што доприноси једноставности израде и краћем припремно -завршном времену. Исто тако, велики произвођачи алата имају своје програме који омогућавају да се са лакоћом и минималним бројем информација изабере оптимални алат, држач алата и израчунају сви параметри потребни за израду као што су максимална дубина, брзина, потребни број пролаза те време потребно за израду једног комада . Сви држачи алата и резне плочице су означене према одређеним правилима па је тако олакшан њихов избор према потребама потрошача, односно параметрима самог поступка као што је то на пример врста материја обратка и његова тврдоћа.

Израда навоја на стругу се користи у појединачној и малосеријској производњи. Остварује се на универзалним струговима или струговима са водећим вretenом струговима који обезбеђују строгу зависност главног обртног и помоћног праволинијског кретања.



Слика 11. Шема поступка израде навоја на стругу [1]

Суштина израде навоја на стругу је да се за један обрт предмета обраде ($n = 1$) носач алата, заједно са алатом, аксијално помери за корак једнак кораку навоја који се израђује (S). То значи да је основни услов једнакост брзина помоћног кретања:

$$S \cdot n = S_v \cdot n_v$$

где су:

n , о/мин - број обрта предмета обраде;

S , мм - корак навоја који се израђује; n_v ,

о/мин - број обрта водећег вретена и ,

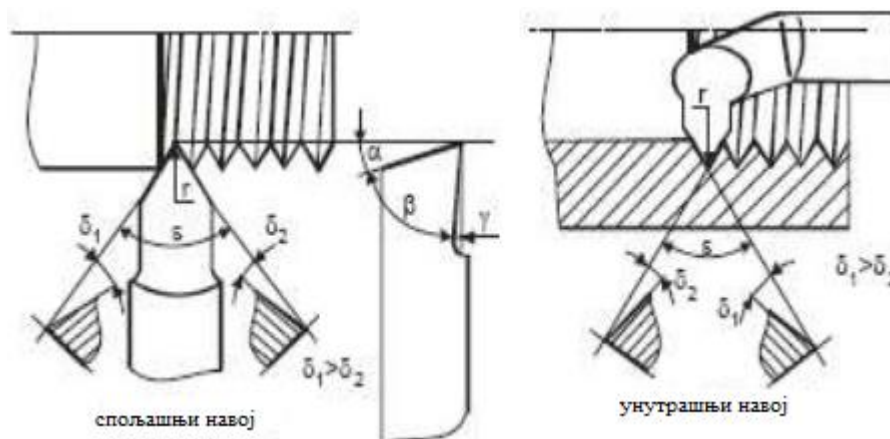
S_v , мм - корак водећег вретена.

Из брзина помоћног кретања произилази број обрта водећег вретена:

$$n_v = \frac{S}{S_v} \cdot n = K \cdot n$$

где је K - преносни однос измењиве групе зупчаника $Z_5 - Z_8$.

Да би се на стругу познатог корака навојног вретена S_v урадио навој корака S потребно је, на бази преносног односа, изабрати и поставити измењиву групу зупчаника $Z_5 - Z_8$, која обезбеђује потребну зависност главног и помоћног кретања.



Слика 12. Стандардни стругарски ножеви за навој [1]

Као алат за израду навоја на стругу користе се стандардни стругарски ножеви за спољашњи и унутрашњи навој једно и вишепрофилни кружни ножеви, специјални ножеви за израду трапезног навоја, итд.

Режим израде навоја на стругу је дефинисан: кораком S , мм/о и бројем обрта предмета обраде n , о/мин.

Корак је одређен кораком навоја који се израђује.

Број обрта предмета обрадесе дефинише на бази брзине резања V :

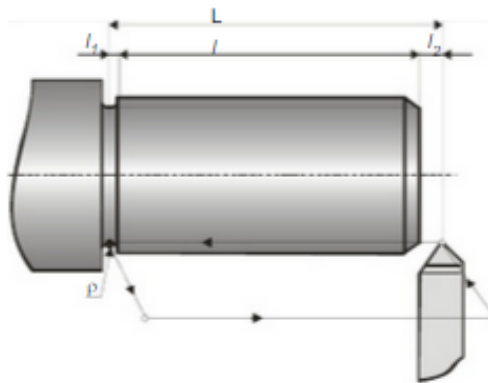
$$n = \frac{1000 \cdot V}{d \cdot \pi}$$

где је d , мм - номинални пречник навоја који се израђује.

Главно време израде је дефинисано релацијом:

$$t_g = i \cdot Z \cdot \frac{L}{n \cdot S}, \text{ min}$$

којој су: $L = l + l_1 + l_2$, мм – ход алата; $l_1 = (0,5 - 1) S$ – прилаз алата; $l_2 = \rho/2$ – излаз алата; $i = i_I + i_{II}$ – укупан број пролаза; i_I – број пролаза грубе обраде; i_{II} – број пролаза завршне обраде и Z – број ходова навоја.



Слика 13. Основни елементи за прорачун главног времена обраде [8]

4.2 Машине у обради стругањем

Постоје стругови веома различитих конструкција и карактеристика па се по томе могу поделити на више начина. Једна подела је према облику и врсти производње и разликују се следећи стругови:

- стругови за појединачну производњу
- стругови за серијску производњу
- стругови за масовну производњу

Стругови за појединачну производњу: универзални стругови, стругови са вучним вretenом (продукциони стругови), стругови за леђно стругање итд. На струговима за појединачну производњу могу се израђивати навоји.

Стругови за серијску производњу једна од основних карактеристика овог струга је сте то што је могуће позиционирање већег броја алата на машини и због тога долази до смањења помоћног времена уз повећање припремног времена. То су стругови са више носача алата: вишесечни струг, копирни струг, вертикални струг, револверски струг са вертикалном револверском главом и са хоризонталном револверском главом. Као на предходним и на струговима за серијску производњу могу се израђивати навоји.

Стругови за масовну производњу код њих су аутоматизована сва кретања, према начину довођења припремка разликују се стругови са магацинем и припремак у виду шипке. Према томе разликују се једновретене и вишевретене аутоматске стругове. На њима се не могу израђивати навоји.

Према намени стругови се могу поделити на:

- универзалне и
- специјалне

Према начину управљања:

- са ручним управљањем
- са аутоматским управљањем
- са нумеричким управљањем

У изради навоја на стругу, у данашње време користи се новија технологија у виду CNC стругова. Њихова главна одлика је нумеричко управљање, мање време израде навоја и висок ниво тачности.

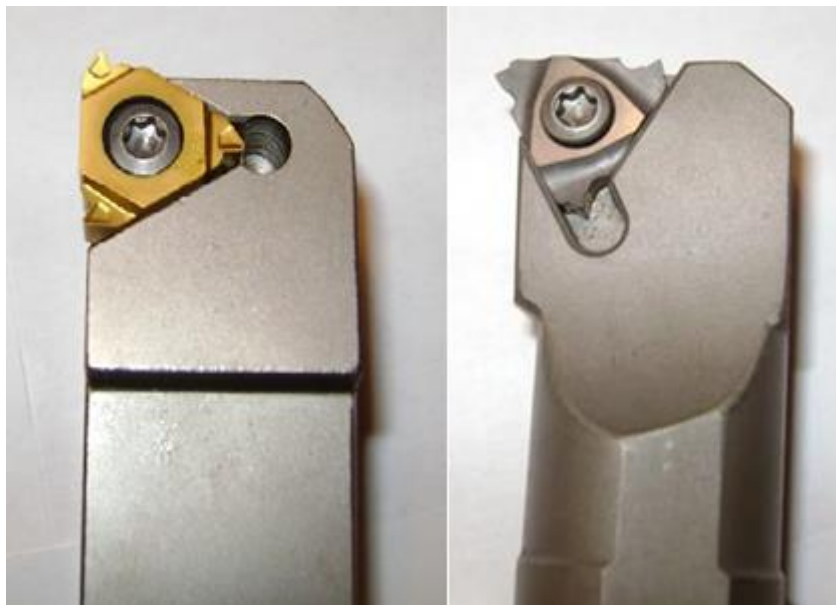


Слика 14. CNC струг [10]

4.3 Алати за израду навоја у обради стругањем

Стругарски ножеви су разноврсни по облику, димензијама, начину израде и врсти алатног материјала.

- Према врсти обраде разликују се стругарски ножеви за спољашњу обраду (уздуžну и попречну), унутрашњу обраду, усецање и одсецање, израду навоја и сл.
- Према квалитету обрађене површине стругарски ножеви се разврставају на стругарске ножеве за грубу (prethodnu) и завршну (finu) обраду.
- Према облику стругарски ножеви могу бити: прави, савијени и крстасти, а према облику попречног пресека дршке: правougаони, квадратни и кружни.
- Према начину израде могу се поделити на ножеве од брзореzних челика, са лемљеним плочицама од тврдог метала и механички прицвршћеним плочицама.



Слика 15. Стругарски ножеви за спољашњи и унутрашњи навој са променљивим (окретним) резним плочицама [13]

Обрада спољашњих навоја поступком стругања може се вршити и чешљастим (вишепрофилним) ножевима призматичног или округлог облика. Овде се обрада врши истовремено са више профила чиме је скраћен укупан ход алата а тиме повећана продуктивност.

Резне ивице профила ових ножеви су смакнуте једна у односу на другу у радијалном правцу за величину појединачних дубина резања чиме се укупан пресек резаног слоја материјала дели на више појединачних. Овим се постиже равномерна

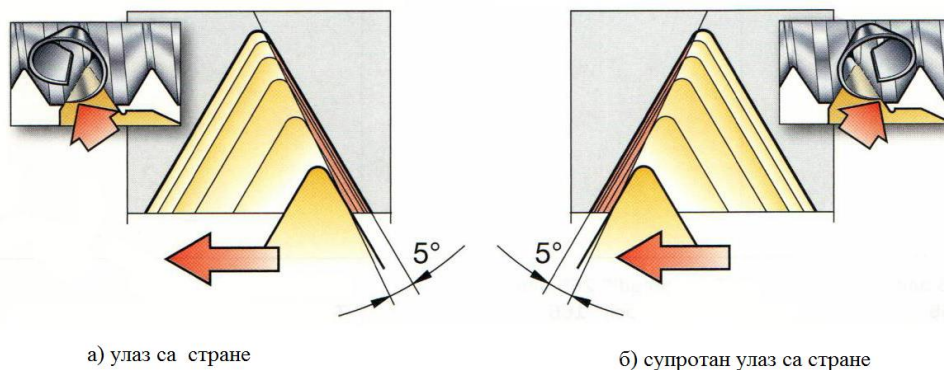
расподела укупне силе сечења што значи да је овде равномерно оптерећење и трошење ножа. Оштрење ових ножеви се врши брушењем само грудне површине са грудним углом $\gamma = 0^\circ$ чиме се овај поступак поједностављује с обзиром да нема пребрушавања профила ножа. Све наведено важи и за кружни чешљасти нож.

Начини уласка алата у материјал радног предмета код стругања навоја

Улаз резног алата у материјал обратка код стругања навоја може се извести на различите начине. Иако се на крају добије тражени облик навоја, начин на који је израђен утиче на његов квалитет, као и на хабање алата, унос топлоте у материјал и интензитет вибрација које се могу појавити током обраде. На основу материјала радног предмета, алата, резне плочице и успона навоја се одређује оптимални начин уласка алата, односно кретање резне плочице.

- Заузимање дубине са стране

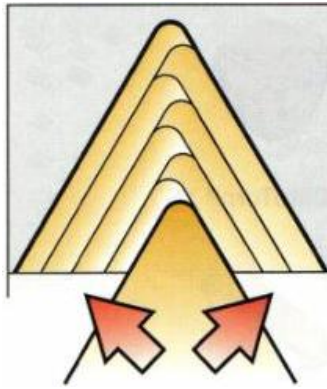
Начин који је сличан обичном стругању. Улази се с једне стране профила навоја, прати се његов угао, према средини као што је то видљиво на датој слици. На тај начин се смањују вибрације које се јављају приликом стругања грубих навоја и смањен је унос топлоте у предмет обраде.



Слика 16. Заузимање дубине са стране [2]

- Постепен улаз

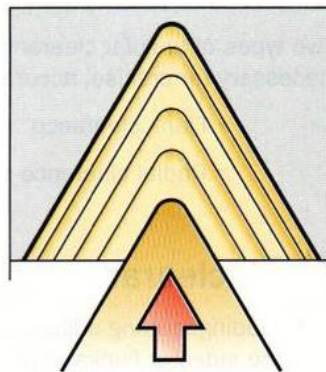
Резна плочица улази у материјал радног предмета различитим прирастом. Овај начин израде се користи углавном код стругања великих профила. Предност је подједнако трошење резне плочице па је са тим повезан продужени животног века алата. Лоша страна овог начина израде навоја је захтевно специјално програмирање и прецизно намештање. Слика 17. приказује постепени улаз односно начин на који резна плочица улази у профил навоја.



Слика 17. Постепени улаз резне плочице [2]

- Радијалан улаз

Ово је најчешћи начин, а неретко и једини могући у неким обрадама. Улаз је по средини профила, као што се види на слици 18., тако да се резна плочица троши подједнако са сваке стране. Овај начин се користи за мање кораке до 1.5 мм, те за очврснуте материјале као што је аустенитни нерђајући челик. Мана овог начина улаза алата код стругања навоја је могућност појаве вибрација и лоша контрола приликом израде грубих навоја.



Слика 18. Радијални улаз [2]

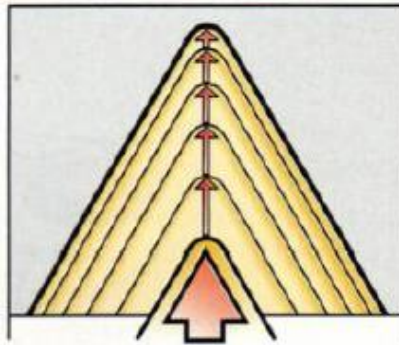
- Заузимање дубине резања

Приликом стругања навоја, навој је потребно изградити у неколико пролаза. Коју радијалну дубину ће заузети резна плочица при сваком пролазу одређује програмер без обзира на начин улаза који користи. Постоје два начина заузимања радијалне дубине резања, а од њих зависи век трајања алата, комплексност програмирања и број потребних пролаза.

- Стална вредност пресека одвојене честице

Начин који се највише користи на модерним CNC машинама као најпродуктивнији. Позитивно утиче на трајање алата јер у сваком пролазу оштрица подноси подједнако оптерећење. Зато је први пролаз доста дубок и узак, док је радијална дубина задњег пролаза најмања, а ширина највећа, што се јасно види на

слици 19. Овим начином заузимања дубине резања постигнуто је подједнако оптерећење резне плочице.



Слика 19. Стална вредност пресека одвојене честице [2]

Када би се одредио потребан број пролаза, постоји израз помоћу кога се рачуна дубина сваког следећег пролаза и гласи:

$$\Delta_{арх} = \frac{a_p}{\sqrt{n_{ар}-1}} * \sqrt{\varphi}$$

где је:

$\Delta_{арх}$ – радијална дубина резања, мм

x – редни број пролаза

a_p – укупна радијална дубина навоја, мм

$n_{ар}$ – број пролаза

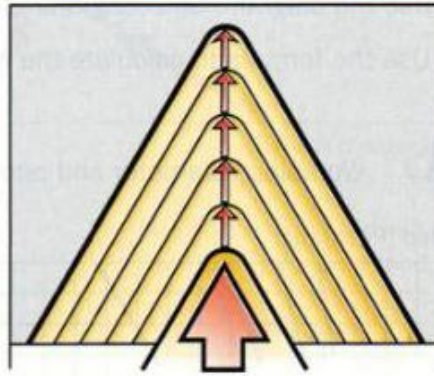
φ – коефицијент (за први пролаз) = 0,3

(за други пролаз) = 1

(трећи и више пролаза) = $x-1$

- Стална вредност радијалне дубине израде

Овим начином израде се не постиже равномерно оптерећење на резну прочицу по сваком пролазу, али је повећање радијалне дубине израде у сваком пролазу једнако као што је то приказано на доле наведеној слици. Овај начин израде навоја захтева више пролаза од претходног начина.



Слика 20. Стална вредност радијалне дубине израде [2]

Резне плочице

Постоји неколико облика плочица за израду навоја. Њихова набавка зависи од неколико фактора техничке природе, али у обзир се узимају и економски параметри.

- Резна плочица за пуни профил

Пуни профил је најчешће коришћен за израду навоја. У потпуности израђује профил, укључујући и спољашњи и унутрашњи радијус који обезбеђују чврстоћу самог навоја. Мана ове врсте плочица је да су за различите профиле и кораке потребне различите плочице па њихово коришћење зависи о економским приликама компаније и жељеној ефикасности.

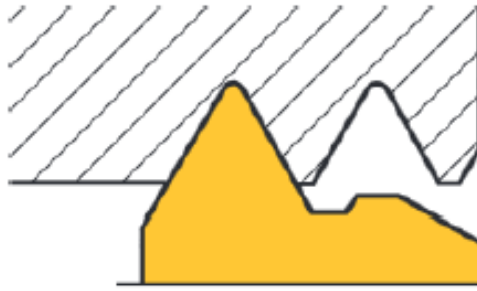


Слика 21. Разне плочице за пуни профил [2]

- Плочица за V-профил

На Слици 22 . је приказана резна плочица за израду навоја V-профила. Будући да та врста плочице не обликује радијус на врху профила, потребно је претходно стругање предмета обраде на тачну димензију. Једна плочица се користи за израду навоја различитих корака, али притом угао профила мора бити увек исти. Није потребно куповати различите плочице за различите кораке навоја, па се на тај начин смањују трошкови и број потребних врста плочица. Слаба тачка ових плочица је

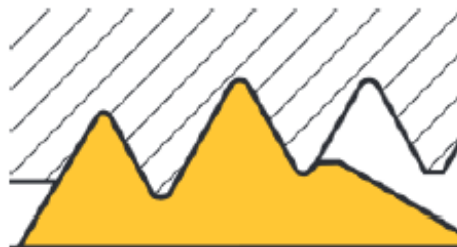
радијус врха плочице који је прилагођен најмањем кораку навоја што негативно утиче на век трајања јер се лако оштети приликом израде навоја већих корака.



Слика 22. Резне плочице за V-профил [2]

- Плочице са више зуба

То су плочице које имају два или више зуба који су у истовременом захвату са материјалом, а једна таква приказана је на слици 23. Користе се за масовну производњу јер скраћују број пролаза, а самим тиме и време потребно за обраду навоја. Повећавају продуктивност онолико пута колико имају зуба, те им је продужен век трајања. Доступне су само за израду најчешћих цевних профила и корака, а конструкција машине мора бити посебно стабилна због дуге резне оштрице и великих оптерећења услед обраде.



Слика 23. Плочице са више зуба [2]

4.4 Препоруке за израду навоја на стругу

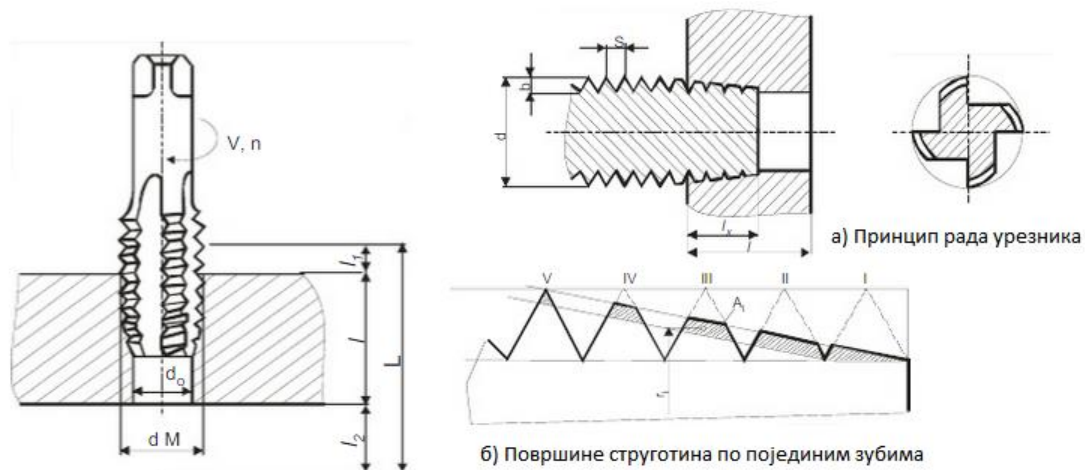
Препоруке за израду навоја на стругу су сличне за унутрашње и спољашње стругање. Прва препорука је логична сама по себи, а то је да помоћно кретање мора бити једнако кораку навоја. Потребно је одредити адекватну дубину резања и са тиме повезати потребан број пролаза за постизање доброг квалитета површине навоја и дужи век трајања алата. Треба припазити на дужину алата јер се предугим алатом ризикује појава вибрација и лош квалитет. Код израде навоја на стругу је исто тако битно пазити на одвођене струготине, да се избегне намотавање око алата, а посебно је битно обратити пажњу на струготину уколико се ради о унутрашњем навоју зато јер је важно да она излази из отвора да се избегну оштећења навоја и могући проблеми

приликом израде навоја. Исто тако је битно обратити пажњу на карактеристике струга, да задовољава потребне услове као што су снага машине и максималне димензије предмета обраде. Треба добро познавати могућности и програмске способности машине којим се управља ради што лакшег програмирања и избегавања проблема

5. ПОСТУПАК ИЗРАДЕ НАВОЈА БУШЕЊЕМ, МАШИНЕ И АЛАТИ

На бушилици стандардне или специјалне конструкције је могућа израда унутрашњег или спољашњег навоја применом урезника или нарезница.

Машине за израду навоја обезбеђују праволинијско помоћно кретање и промену смера обртања алата у циљу остваривања брзог повратног хода алата. Израда унутрашњег навоја, мањих номиналних пречника, урезницима је један од најједноставнијих, најтачнијих и најекономичнијих поступака.



Слика 24. Израда навоја на бушилици [1]

На бушилици стандардне или специјалне конструкције је могућа израда унутрашњег или спољашњег навоја применом урезника или нарезница

Урезник има облик завојнице прекинуте жљебовима за одвођење струготине и формирање резног клина алата.

Број жљебова је обично 3 - 4, причему се код израде навоја већег пречника користе урезници са 4 жљеба. Урезници се разликују по дужини и коничности почетног дела. За израду навоја у рупама или код израде навоја на тврдим материјалима користи се два урезника (претходни и завршни). Почетни део урезника је конично сужен, што значи да су резни елементи на почетном делу са непотпуним профилем. Тиме је обезбеђена равномернија расподела укупног попречног пресека струготине на поједине резне елементе урезника.

Режим израде навоја на бушилици је дефинисан, као и при изради навоја настругу, кораком S , мм/о и бројем обрта алата n , о/мин.

Главно време израде је дефинисано релацијом:

$$t_g = i \cdot Z \cdot \frac{L}{n \cdot S}, \text{min}$$

у којој су: i – број пролаза; $L = l + l_1 + l_2$, мм – ход алата; $-l_1$ – прилаз алата; l_2 – излаз алата и Z – број ходова навоја.

5.1 Машине у обради бушењем

Машине у обради бушењем – бушилице се могу разврстати на различите начине. Према положају глевног вретена на: хоризонталне и вертикалне бушилице, а према броју вретена на: једновретене и вишевретене бушилице.

Једновретене бушилице су намењене појединачној и серијској производњи. Овој групи бушилица припадају: стоне, стубне, радијалне, универзалне радијалне и координатне бушилице.

Стубна бушилица је бушилица које се на носећем стубу налазе конзола стола и конзола погонског агрегата, састављеног од електромотора и преносника за главно и помоћно кретање. Посредством ручице се обезбеђује аутоматско или ручно праволинијско кретање радног вретена са алатом. Радни предмет се поставља на радни сто машине.

5.2 Алати за израду навоја бушењем

Стезне главе бушилица могу бити проклизавајуће, јер када, при резању навоја код непролазних отвора, урезница дође до дна рупе мора престати са окретањем т.ј. почети да прокизава. Након тога урезница мења смер окретања и смер помоћног праволинијског кретања и излази из предмета обраде.



Слика 25. Брзоизмењива проклизавајућа глава бушилице [13]

Пре самог почетка израде унутрашњег навоја, потребно је јасно дефинисати отвор са одређеним димензијама које служе као основица за израду навоја. Потребно је то урадити јер облик алата без обзира на то да ли се ради о ручном или машинском урезивању, не допушта израду навоја из пуног профила, односно без унапред израђеног отвора. И зато се према стандарду дефинисане потребне димензије почетног отвора за сваку врсту навоја. У табели 1. можемо видети дефинисане димензије отвора код израде најчешће коришћеног метричког навоја.

Навој ISO M	Пречник $d=D$ mm	Корак P mm	Величина отвора mm
1,00	1,00	0,25	0,75
1,10	1,10	0,25	0,85
1,20	1,20	0,25	0,95
1,40	1,40	0,30	1,10
1,60	1,60	0,35	1,25
1,80	1,80	0,35	1,45
2,00	2,00	0,40	1,60
2,20	2,20	0,45	1,75
2,50	2,50	0,45	2,05
3,00	3,00	0,50	2,50
3,50	3,50	0,60	2,90
4,00	4,00	0,70	3,30
4,50	4,50	0,75	3,80
5,00	5,00	0,80	4,20
6,00	6,00	1,00	5,00
7,00	7,00	1,00	6,00
8,00	8,00	1,25	6,80
9,00	9,00	1,25	7,80

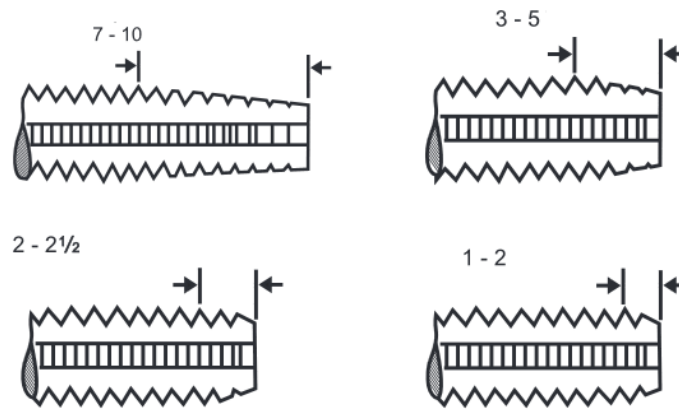
10,00	10,00	1,50	8,50
11,00	11,00	1,50	9,50
12,00	12,00	1,75	10,20
14,00	14,00	2,00	12,00
16,00	16,00	2,00	14,00
18,00	18,00	2,50	15,50
20,00	20,00	2,50	17,50
22,00	22,00	2,50	19,50
24,00	24,00	3,00	21,00
27,00	27,00	3,00	24,00
30,00	30,00	3,50	26,50

Табела 1. Зависност пречника навоја и потребне величине отвора

Постоји неколико типова урезница. Облик им се мења у односу на тип отвора, пролазни или непролазни; с обзиром на погон урезнице, дужину потребног навоја и осталих параметара. Главна подела дели урезнике према намени на ручне и машинске урезнице.

- Урезнице за ручну обраду

Корисна су за појединачну и малосеријску производњу, а карактеристична су због ниске продуктивности и једноставности коришћења. Може се рећи да је сваки производ уникат будући да се не ради о машинској обради и препоручљиво је сваки израђени комад проверити пре испоруке или одласка на идућу операцију израде. Овај начин израде навоја можда је врло једноставан, али ипак треба пазити да урезна бургија улази вертикално у пре израђен отвор како би се избегло додатно напрезање урезника и његово пуцање. Такође имају добру контролу струготине јер се не ради све од једном, већ се урезна бургија окрене у једном смеру па се мало врати у супротном смеру и на тај начин се ломи струготина и спречава оштећења и урезника и површине навоја. То је одлична техника ако се ради са непролазним отворима, а посебно је добра код дубоких навоја где настаје влакнаста струготина. Препоручује се употреба средства за хлађење и подмазивање како би се продужио животни век алата и олакшао сам поступак израде урезивања навоја.

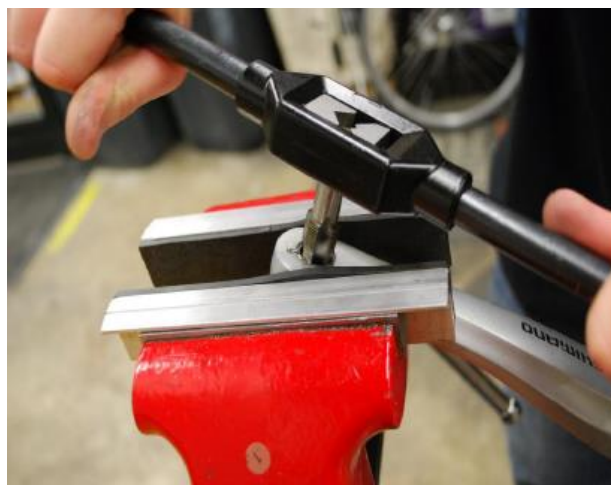


Слика 26. Врсте урезница [9]

На овој слици виде се урезнице које имају различите углове косина, односно различити број почетних корака који претходе стварном пречнику навоја. Тако да урезница који има 7 -10 почетних корака има и најмањи угао почетне косине, а тиме се одмах смањује потребан обртни момент за израду навоја. Тај отвор свакако мора бити пролазан због дужине почетне косине. Са том косином је олакшан улаз у отвор и одржавање правог угла приликом израде навоја.

Урезница са 3 - 5 почетних корака је најчешће коришћена урезница за ручну и машинску примену због своје ефикасности. Користи се и за пролазне и непролазне отворе.

Урезница са 2 – 2,5 почетних корака омогућава израду навоја при самом дну непролазног отвора. Има нешто дужу почетну косину него урезница са 1-2 корака па је самим тиме и ефикаснији, а захтева више момента и снаге него урезница са дужом почетном косином.



Слика 27. Ручно урезивања навоја [2]

На слици 27. приказано је на који начин се помоћу урезнице ручно може изградити унутрашњи навој. Држач урезнице се држи са две руке како би радник могао искористити што више снаге и постигао што већу контролу над алатом.



Слика 28. Сет урезница за ручну обраду [11]

На слици 28. приказан је сет урезница за израду једног унутрашњег навоја. Различито су означена цртицама које представљају редослед њиховог коришћења. Прво се користи урезница са једним цртицом које има најдужу почетну косину и лакше улази у отвор те се лакше одржава нормала алата на површину и започиње израда навоја. Следећи се користи урезница са две цртице па на крају урезница без икакве ознаке односно цртице. Са том се урезницом завршава израда навоја и осигурава тачна димензија и квалитета навоја.

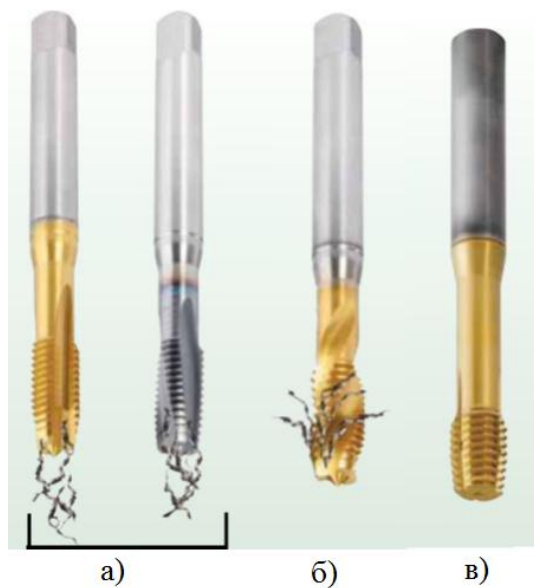
Урезнице за машинску обраду

То су урезници који се користе за машинску обраду унутрашњег навоја, а облик им зависи од пролазности отвора, облику струготине и осталим параметрима. Сличне су ручним урезницама, али су предвиђене за веће силе сечења и момент који остварује машина.

Урезница са равним жлебовима је димензијски слична урезници за ручну обраду са 3 - 5 почетних корака, али је резна површина обликована тако да гура струготину у смеру израде навоја. Из тог разлога отвор мора бити пролазан, а урезница је идеална за материјале чија је стругодина дугачка и влакнаста. Такође је погодна и за проток средства за хлађење и подмазивање кроз отвор. Овом урезницом је омогућена контрола кретања струготине, тако да се иста не мора ломити као што је то био случај код ручних поступака.

Урезница са спиралним жлебовима има кратку почетну косину, па се користи за израду навоја при самом дну непролазног отвора. Дизајниран је тако да извлачи струготину из отвора. Стога је идеална за материјале чија је стругодина дугачка и излази у једном комаду ван отвора.

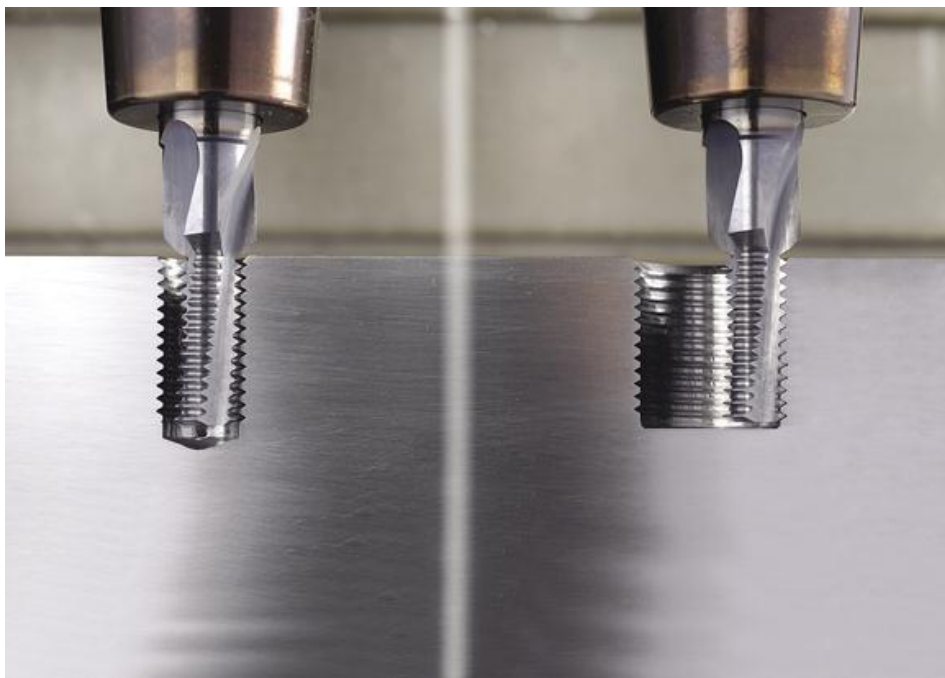
Урезница за деформисање се користи за израду навоја код дуктилних материјала као што су алуминијум, месинг и бакар. Не настаје стругодина тако да је идеалан за све отворе, непролазне и пролазне. У просеку има дужи век трајања и мање ломова него остале врсте урезница. Будући да нема сечења материјала него само долази до деформисања, могућност израде превеликог навоја је минимална. Урезнице су чвршће и имају дужи век трајања јер не настаје стругодина па нема потребе да урезнице имају канале за одвођење исте, што резултира одличном јачином и издржљивошћу урезнице.



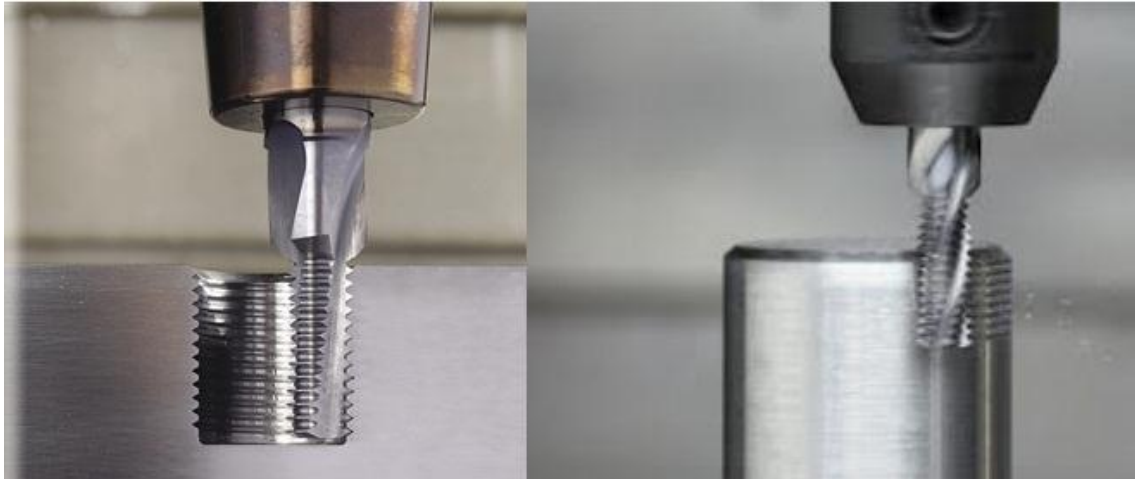
Слика 29. Врсте урезница за машинску обраду [2]

6. ПОСТУПАК ИЗРАДЕ НАВОЈА ГЛОДАЊЕМ, МАШИНЕ И АЛАТИ

Глодање навоја је поступак који има велики број предности у односу на друге начине израде навоја. Велика предност је могућност израде левовојног и десновојног навоја истим алатом. То аутоматски смањује потребан број алата и штеди новац приликом куповине алата. Још једна добра страна овог начина израде је што се једним алатом може израдити више пречника навоја, али се при том не мења ни профил ни корак навоја. Глодање се може користити и за израду спољног и унутрашњег навоја, а претходно је потребно обрадити отвор или цилиндрични ваљак одговарајућих димензија. У задње време, глодање је постало алтернатива урезни бургијама, па чак и другим начинима израде навоја.



Слика 30. Глодање различитих промена навоја истим алатом [2]

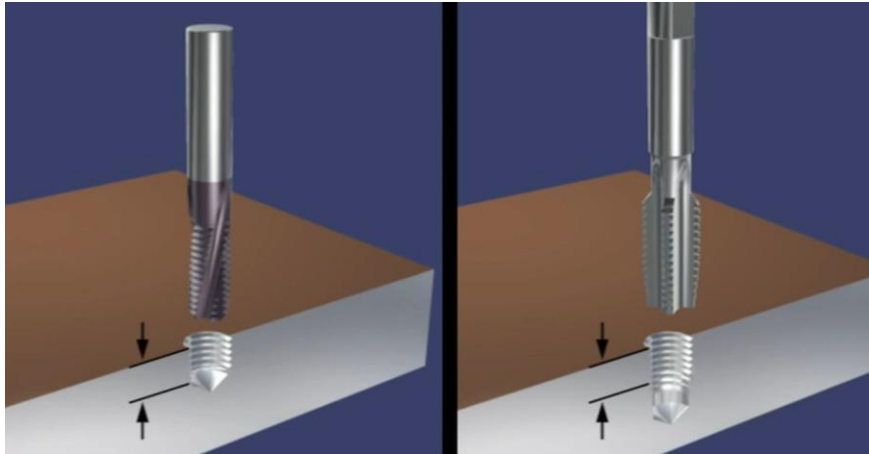


Слика 31. Израда унутрашњег и спољашњег навоја глодањем [2]

Приликом коришћења овог начина не мора се водити рачуна о одвојеној парцели као што је то био случај код урезних сврдала, зато што је код глодања она кратка и не долази до наматања око алата или оштећивања саме површине навоја. Исто тако, може бити обрађивана цела потребна дужина навоја, чак и код претходно очврснутих материјала, без претеране бриге за тачност и квалитет обрађене површине.

Код унутрашњих отвора глодало се намести на средину рупе, довољно дубоко да се произведе цела потребна дужина навоја одједном. Глодало за навој се помера са средине отвора према једном боку и почиње урезивати навој на том месту. Тада глодало почиње кружно кретање за 360° , односно пун круг, а за то време се мора померити у смеру Z -осе (осе отвора) за један корак навоја. Гибање за један корак по оси отвора се заједно са кружним кретањем назива спирална интерполација, а алатне машине мора имати интерполациони програм како би било могуће израдити жељени навој. Након направљеног пуног круга, глодало за израду навоја се враћа у средину отвора, односно одмиче од површине обратка и излази напоље.

Узевши у обзир ефикасност, урезни бургије боља су до пречника 10 мм и то само под условом да се израђује иста врста навоја. У свим осталим случајевима исплатљивије је применити глодање навоја. Глодањем се навој може израдити и на неротирајућим предметима те до дна отвора, као што је то видљиво на Слици 39., што аутоматски значи да је потребни почетни отвор плићи. Силе сечења су мање, а квалитет израде је веома висока. Ако дође до грешке која резултира пукнућем алата, алат неће остати заглављен у провртите као што би то био случај са урезни сврдлом.



Слика 32. Разлика дубине израђеног навоја код глодања и урезивања [2]

У поређењу са стругањем навоја, глодање је бржи поступак. Посебни алати додатно убрзавају поступак израде навоја тако да одмах и заглађују улаз, као што је приказано на слици. Тада почетна операција скошење ивице отвора није уопште потребна.



Слика 33 Разлика између обичног и заглађеног улаза [2]

6.1 Машине за израду навоја глодањем

Глодалице се деле са обзиром на оријентацију главног обртног алата односно вретена на: вертикалне и хоризонталне. По величини глодалице се производе од малих машина који могу се подесити на сто, до машине величине веће собе.

Глодалице се могу управљати: ручно и аутоматски. Аутоматско управљање може бити механичко или дигитално (CNC). Глодалице су алатне машине за машинску обраду одвајањем честица помоћу којих се резањем обрађују делови претежно равног

облика (поравнавања, слотови, жлебови), профили, навој, зуби. Главно кретање је увек ротационо, док је помоћно вертикално или под неким углом на осу ротације.

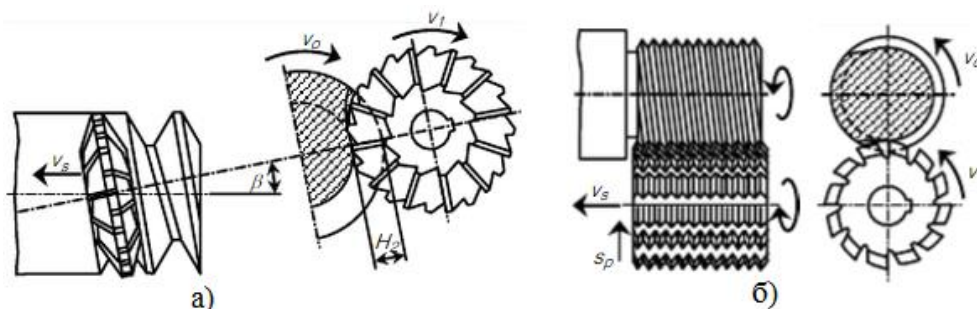
Глодање је након стругања најважнији поступак обраде метала скидањем струготине. Тим поступком можемо обрадити равне плоче, призматичне жлебове зупчанике, навоје, уздужно и просторно профилисане површине. Алат обавља главно кретање. Глодало служи за разнолику употребу обраде материјала одвајањем струготине, нпр. за поравнавање, израду призматичних рубова, израду чепова, џепова, исецање, урезивање, пререзивање, израду различитих жлебова на осовинама, израду зубаца зупчаника, за резање навоја итд.

6.2 Алати за израду навоја глодањем

Постоје два главна начина израде навоја глодањем који зависе од геометријских карактеристика навоја као и облика профила навоја. За навоје и завојнице корака већег од 3 мм са троугластим и трапезним обликом профила користи се котурасто глодало које има облик зуба који одговара облику профила навоја. За навоје корака 1-3 мм са троугластим обликом профила користи се ваљкасто (вишепрофилно) глодало.

Принцип настанка струготине потпуно је исти као код било ког другог поступка глодања. У поређењу са израдом навоја урезника и нарезница, а нарочито гребањем ножем, глодање навоја има две главне предности; тачност навоја и квалитет обрађене површине и продуктивност поступка.

Код глодања навоја котурастим глодалом, оса глодала је закренута за угао завојнице навоја. Пре почетка обраде глодало се доводи у почетни положај са заузимањем дубине резања којој одговара укупна висина профила навоја, тако да се навој израђује само са једним пролазом глодала (у правцу осе предмета обраде). Обрада се врши на тај начин што се глодало обрће обимном брзином (брзина резања) и помера уздужном брзином (посмична брзина која одговара величини корака навоја). Предмет обраде врши помоћно обртно кретање брзином. Кинематику алатне машине је омогућено да се за један обртај обратка глодало помери дуж осе обратка за величину корака навоја.



Слика 34. Шематски приказ а) глодања навоја котурастим глодалом, б) глодања навоја вретенастим (вишепрофилним глодалом) [9]

Код глодања навоја вретенастим вишепрофилним глодалом, глодало се може сматрати као сет више котурастих глодала (ширина глодала је обично за величину три корака већа од дужине навоја који се израђује), која су састављана у једно компактно вишепрофилно глодало. С обзиром да свако елементарно једнопрофилно глодало може, за један обртај обратка и померајући се аксијално за величину корака и израдити један завојак навоја, то вишепрофилно глодало може, дакле, за један обртај обратка, израдити навој по читавој својој ширини, односно дужини обратка. Заправо, предмет обраде направи 1,1 - 1,2 обртаја, а за то време се вишепрофилним глодалом изради навој по целој дужини предмета обраде. Глодање навоја почиње радијалним примицањем глодала које се обрће обимном брзином док предмет обраде мирује. Ова фаза глодања се завршава када се формирају пуни профили навоја. Након тога, предмет обраде се почиње обртати, а глодало настављајући са обртањем се још помера у уздужном смеру.

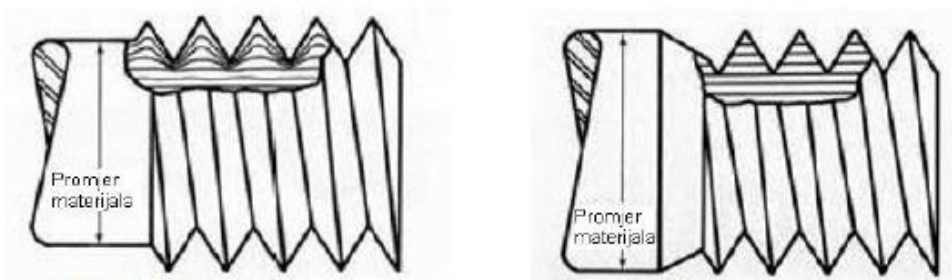
При изради навоја вишепрофилним глодалом на конадима који због свог облика немају могућност обртног кретања, глодало врши, осим обртног главног и праволинијског кретања, још и кружно (планетарно) кретање, обилазећи око предмета обраде. Глодање вишепрофилним глодалима је применљиво и за унутрашње навоје.

7. ПОСТУПЦИ ИЗРАДЕ НАВОЈА ВАЉАЊЕМ, МАШИНЕ И АЛАТИ

Ваљање навоја спада у израду навоја пластичном деформацијом. Изводи се истовремено копирањем профила навоја ваљка на предмет обраде путем пластичне деформације материјала предмета обраде.

Ваљање навоја у односу на остале поступке израде навоја има више предности:

- Код резања навоја влакна материјала обраде се пресецају, а код ваљања навоја влакна материјала предмета обраде се не пресецају, па се физичко-механичка својства површинског слоја побољшавају. Влакна навоја се савијају у профил навоја и постају згуснута према површини.



Слика 35. Разлика у влакнима материјала при обради резањем и ваљањем [9]

- Постиге се већа производност него код осталих поступака израде навоја;
- Боље механичке особине – чврстоћа, тврдоћа, отпорност на хабање
- Већи квалитет површине навоја и др.

Квалитет добијеног навоја ваљањем огледа се у квалитету добијене површине профила навоја и тачности израде мера навоја уз низак проценат квара. Уштеда у материјалу због мањег пречника обраде креће се и до 25%.

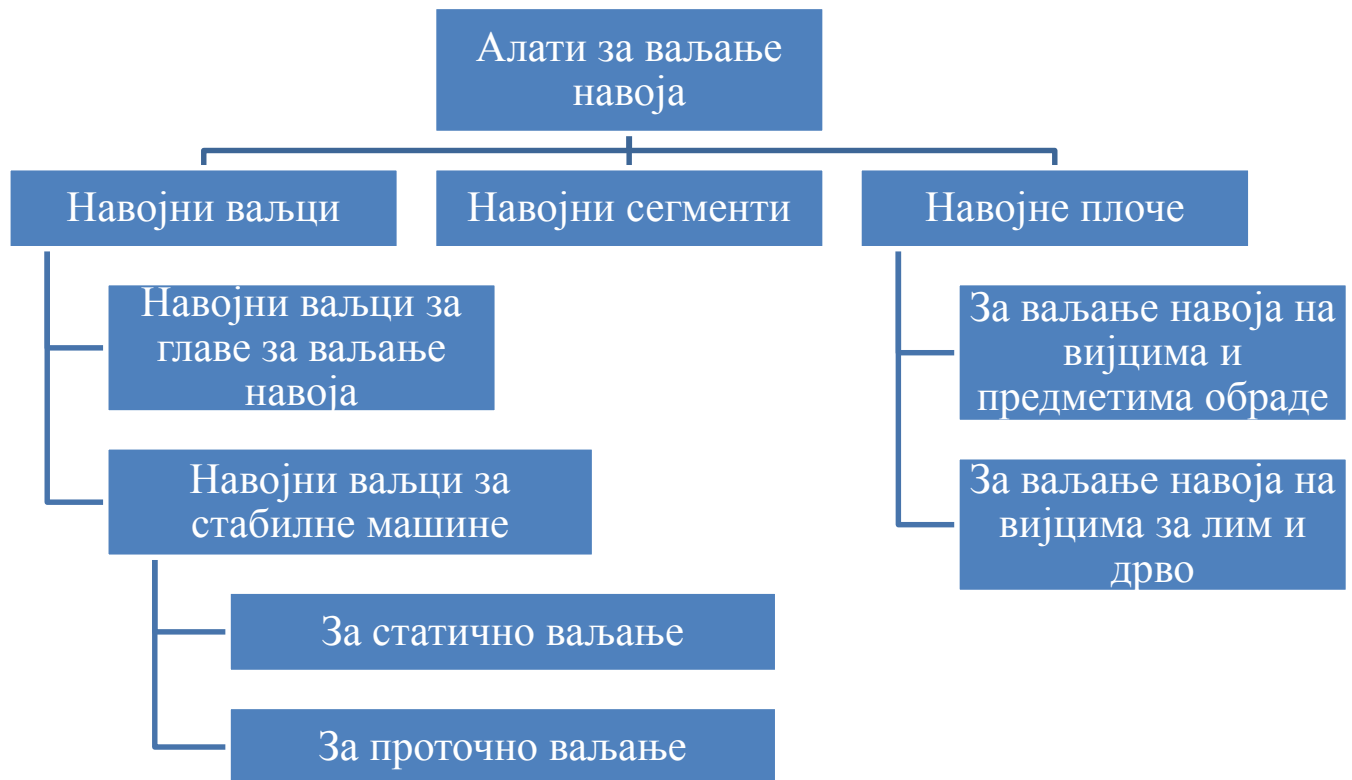
При ваљању навоја материјал предмета обраде се при великим брзинама ваљања доводи до развлачења у радијалном смеру и деформише се према профилу навоја.

Ваљање навоја изводи се на више начина. Све ове начине можемо сврстати у три основне групе, и то:

- са радијалним помоћним кретањем
- са аксијалним помоћним кретањем
- са тангенцијалним помоћним кретањем

7.1 Машине и алати за израду навоја у обради ваљањем

Алати за ваљање навоја везани су за типове машина и глава за ваљање навоја. У зависности од произвођача машина односно глава за ваљање навоја, ови алати се могу поделити према:



Дијаграм 1. Алати за ваљање навоја

Основни типови алата за ваљање навоја

Израда спољашњег навоја на предмету обраде ваљањем изводи се на тај начин што се предмет обраде обрће између две паралелне, на одређеном растојању, постављене навојне плоче или између цилиндричних ваљака који се обрћу. У новије време за ваљање навоја употребљавају се навојни сегменти, који се састоје из непокретног сегмента и покретног навојног ваљка.

Навојни ваљци се производе са углом успона и без угла успона у виду паралелних прстенова. Навојни ваљци раде се за статично и проточно ваљање навоја.

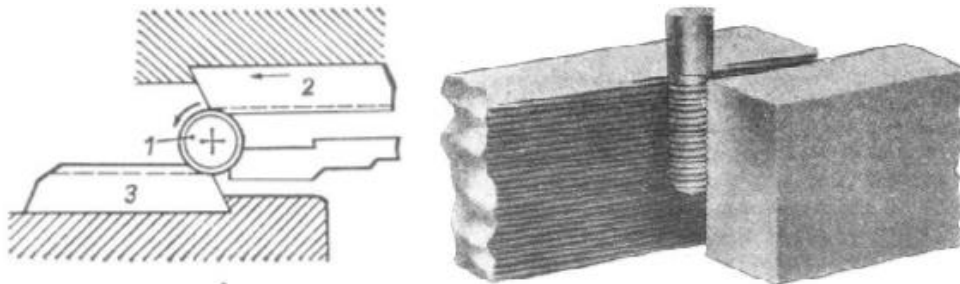
Код навојних ваљака за статично ваљање навоја угао успона навоја ваљка мора бити једнак углу успона предмета обраде.

Навојни ваљци за проточни ваљање производе се са углом и без угла успона. Код навојних ваљака за проточно ваљање са углом успона, угао успона навоја ваљка није једнак углу успона предмета обраде. Ако је угао успона навојног ваљка већи од угао успона предмета обраде, долази до извлачења предмета обраде, а у супротном настаје увлачење предмета обраде. Навојни ваљци за проточно ваљање без угла успона употребљавају се на стабилним машинама и главама за ваљање навоја. Код ових машина постоји могућност закретања навојних ваљака за угао успона. Главе за ваљање навоја производе се као стабилне и самоотварајуће. На главама за ваљање десног или левог навоја користе се исти ваљци са istim коракom навоја.



Слика 36. Навојни ваљци [2]

Навојне плоче израђују се у гарнитури од два комада, од којих је један непокретна, а друга покретна и креће се тангенцијално у односу на предмет обраде. На плочама за навој, профил навоја је урађен са одговарајућим углом успона навоја предмета обраде на ком се ваља навој.



Слика 37. Навојне плоче [2]

Сви ови алати за ваљање навоја дају отисак своје спојне површине на предмет обраде на ком се ваља навој. Профил навоја на алату за ваљање навоја мора бити супротан од оног који ће се добити на предмету обраде.

Главе за ваљање навоја превиђене су за рад на машинама које раде са скидањем струготине (стругови, бушилице...).

За главе нису потребне специјалне машине за израду навоја. Предности глава за ваљање навоја у односу на класичне начине резања навоја су вишеструке. Примена ових глава је двојака. Глава за ваљање навоја при раду може да стоји, а да се предмет обраде обрће без ичега или да предмет обраде стоји, а да се глава обрће. Кад глава стоји, стегне се на сто бушилице или се постави на главу струга, коњић, носач ножа и томе слично. Предност овог решења је у томе што је ваљање могуће извести као једно од операција на револвер стругу или аутомату на коме се изводе ове операције од стезања до одсецања готовог комада. Када се глава обрће она се постави на вретено машине (бушилице, струга и сл.). Предмети обраде на којима се треба ваљати навој урађени су на другим машинама.



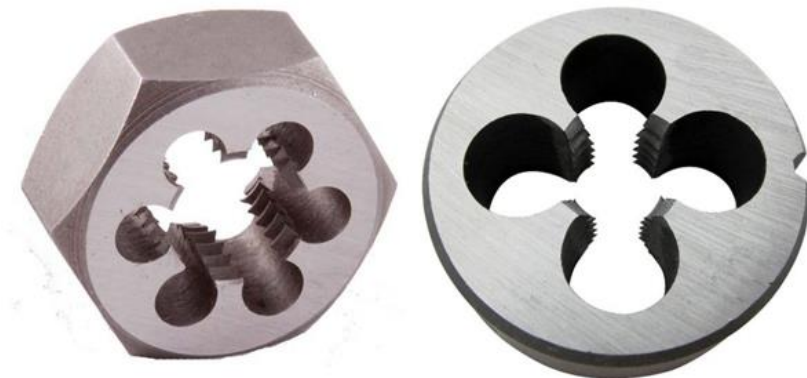
Слика 38. Глава за ваљање навоја [14]

8. ОСТАЛИ ПОСТУПЦИ ИЗРАДЕ НАВОЈА , МАШИНЕ И АЛАТИ

8.1 Ручно нарезивање навоја

Нарезнице служе најчешће за ручну израду спољашњег навоја. Округле нарезнице, у комбинацији са одговарајућим држачем служе за израду спољашњег навоја на цилиндричним профилима. Шестоугаоне нарезнице, служе за поправку већ израђеног навоја, а окретање се врши уз помоћ виљушког или окастог кључа.

Такође, као и код урезница, на једној страни постоји почетна косина за лакши почетак израде навоја, тако да свака нарезница има означену страну која је окренута у смеру израде навоја. Исто тако, свака нарезница израђује само одређену врсту и корак навоја.



Слика 39. Шестоугаона и округла нарезница [2]

Као и код ручних урезница, држач нарезнице је дизајниран тако да га корисник може држати са две руке и остварити максималан момент и потребну прецизност и контролу за одржавање нормале на осу округлог профила. С обзиром на облик и димензије нарезнице, постоји и више одговарајућих врста припадајућих држача нарезница.



Слика 40. Држач и округла нарезница [2]

8.2 Израда навоја брушењем

Брушење навоја се може поделити на два поступка различите намене:

- Завршно брушење

Завршно брушење се ради када је потребан висок квалитет површине и тачност самог завртња који се уграђује у посебно прецизне машине или мерне уређаје. Обично су такви делови очврснути и не могу се више машински обрадити или ваљати због велике површинске тврдоће.

- Дубоко брушење

Овим начином се из одређеног округлог профила израђује навој који се истовремено бруси па је квалитет површине без накнадне обраде веома висок. Примењује се углавном за фине навоје мањег корака до дубине од приближно 1 мм.

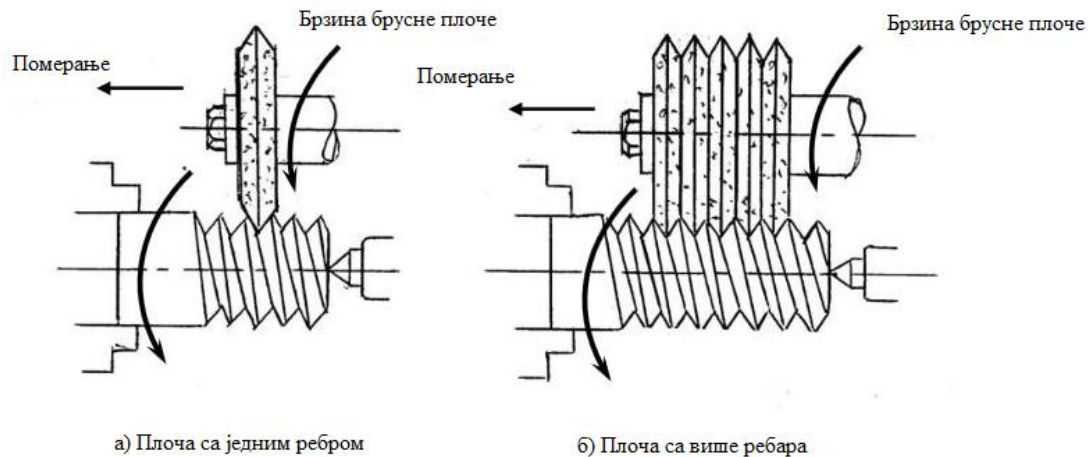
Такође, брушење се може поделити према брусној плочи која се користи:

- Брусна плоча са једним профилем

Може се користити за израду унутрашњих и спољашњих навоја. Таква брусна плоча се често користи у цилиндричној брусилници, а може се користити и на стругу.

- Брусна плоча са више једнаких профила

То је брусна плоча која има више једнаких профила и већу површину у захвату са предметом обраде. Време израде је скраћено, али је цена такве брусне плоче виша па се у питање доводи економичност и исплативост.

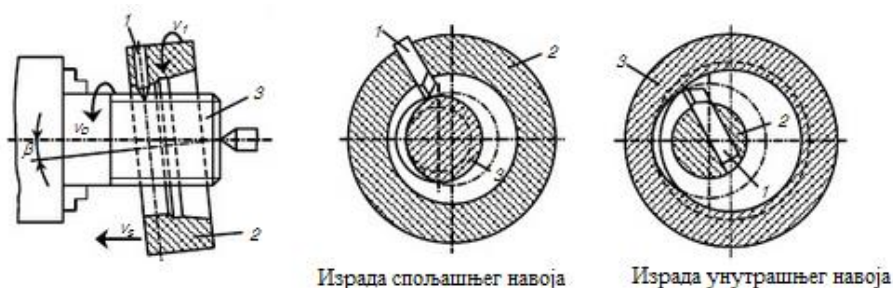


Слика 41. Брусне плоче [5]

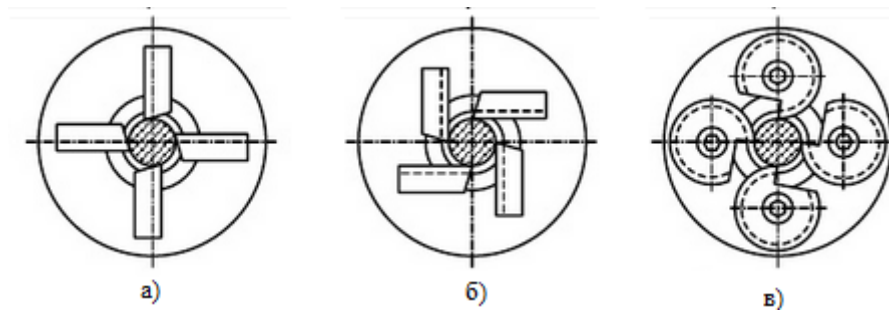
На слици 41. приказују се две различите брусне плоче у захвату са предметом обраде и кретања која се морају остварити како би дошло до правилне обраде навоја.

8.3 Ексцентрично нарезивање навоја

Ексцентрично резање навоја одликује велика продуктивност с обзиром да се обрада врши брзинама од 100 до 500 м/мин са алатима од брзорезног челика и од 250 до 600 м/мин са алатима од тврдог метала. Принцип овог поступка је приказан на слици 45. Стругарски профилни нож 1 стегнут је у глави 2 која је постављена ексцентрично у односу на предмет обраде 3. Осим тога, глава је заокренута за угао завојнице навоја β у односу на осу предмета обраде. Глава 2 која има посебан погон и која је постављена на носач алата на стругу врши два кретања: главно ротационо великом брзином и праволинијско, док предмет обраде врши лагано ротационо кретање. При одабиру брзине обртног кретања предмета обраде треба водити рачуна да максимална дубина струготине буде у границама од 0,05 до 0,15 мм.



Слика 42. Принцип израде навоја ексцентричним резањем [9]

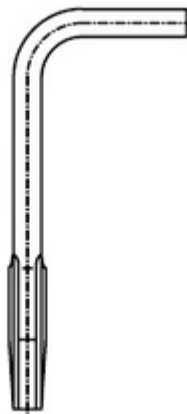


Слика 43. Главе за резање спољашњег навоја: а) са радијалним ножевима, б) са тангенцијалним ножевима, и в) са кружним ножевима [9]

8.4 Резање навоја на специјалним алатним машинама

Оваква израда навоја намењена је за масовну производњу навртки. Поступак израде навоја на овим машинама је следећи.

Урезник који има савијен облик стоји у исто тако савијеној цеви. Унутрашњи пречник те цеви, која служи да води навртке, је нешто већи од спољашњег пречника навртке. Погонском главом се наврћу припремци на урезник и то један за другим. Проласком ових припремака кроз радни део урезника, наврткама се урезају навоји и оне се даље потискују од наредних и премештају закривљеним делом урезника према излазу.



Слика 44. Урезник за урезивање навоја у навртке на специјалним алатним машинама [9]

9. ПРОБЛЕМИ КОД ИЗРАДЕ НАВОЈА

Избор начина израде навоја зависи о много техничких и не техничких фактора, почевши од облика навоја, преко величине серије, па све до финансијских могућности. Како би се правилно започело са израдом навоја, потребно је размотрити следећа три елемента:

- **Анализа навоја**
 - унутрашњи или спољашњи навој; левовојни или десновојни
 - потребно је одредити димензије и захтеван квалитет
 - одредити профил навоја
 - одредити корак и војност навоја
 - толеранције профила и позиције
- **Анализа предмета обратка**
 - може ли се предмет обраде сигурно стегнути
 - ток струготине, односно облик струготине
 - величина серије, односно избор продуктивнијег алата или поступка
- **Избор машина**
 - стабилност машине о којој зависи квалитет навоја
 - снага машине и потребан момент што је важно при већим пречником навоја
 - позиција алата што има утицај на излазак струготине
 - начин стезања предмета обратка
 - једноставност програмирања машине
 - могућност примене средства за хлађење и подмазивање

9.1 Појава вибрација прликом израде навоја

Као и код сваке друге обраде, па тако и код обраде навоја може доћи до појаве вибрација. Вибрације имају негативан утицај на машине јер убрзавају замор материјала, трошење лежајева, савијања осовине и кућишта које доводе до додатних ударних оптерећења, па коначно до лома делова машине и алата. Вибрације штетно утичу и на људе јер повећавају замор и смањују концентрацију поготово ако су пропраћене звуковима.

За квалитет површине предмета обраде, у овом случају израде навоја на стругу, важно је спречити појаву вибрација, а за то су дани неки од следећих савета:

- Потребно је смањити дужину држача алата на минимум
- Променили начин улаза, односно користити улаз постранице
- Користити држаче алата који елиминишу вибрације
- Израчунати и користити добар број пролаза
- Користити мекше стезне чељуст
- Повећати брзину резања, а ако то не помаже значајно је смањити
- Центрирати предмет обраде
- Проверити истрошеност делова машина и алата
- Испробати алат другачије геометрије

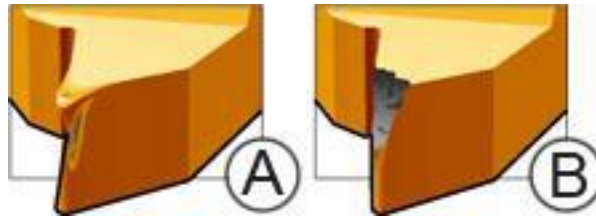
Важно је знати да постоји више извора вибрација и да можда није проблем у самом поступку. Вибрације може изазвати страно тело, одломљени део, други машине који су и близини, па тако треба обратити пажњу на добро темељење машине и елиминисање свих могућих извора ове појаве.

9.2 Грешке код израде навоја на стругу

Код сваке обраде материјала, било да је реч о изради навоја или других облика, увек може доћи до грешке. Често се грешке не могу предвидети, као што је то случај са вибрацијама, па се откривају пробном обрадом. Постоје разни типови грешака које оштећују резну плочицу па се према облику оштећења може препознати врста грешке и у складу са тиме деловати и решити проблем и спречити његово поновно појављивање.

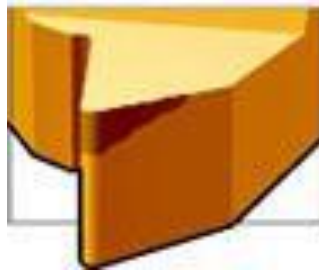
Код слике 45.(А) приказује се пластична деформација резне плочице која касније узрокује и пластичан лом као што је то приказано на слици 45. (В) Разлог томе је превелика температура резања па је потребно предузети неке од следећих корака:

- Смањити брзину резања
- Смањити највећу радијалну дубину улаза и повећати број улаза у материјал
- Проверити радијус пре израде навоја
- Повећати довод расхладне течности
- Користити плочицу бољих карактеристика и већом отпорношћу на пластичну деформацију



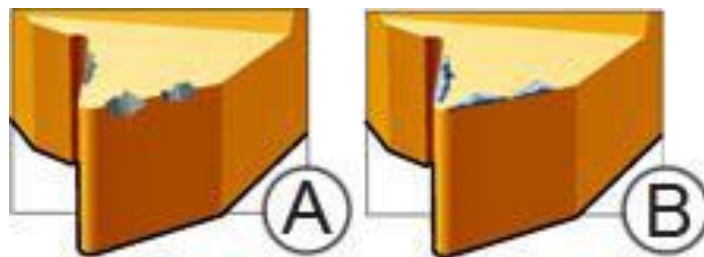
Слика 45. Пластична деформација резне плочице [2]

Претерано трошење ивице резне плочице је приказано на слици 46. Такво трошење може изазвати обрада високо абразивног материјала или превелика брзина резања. Зависно у чему је проблем, потребно је или променити врсту плочице или смањити брзину и повећати дубину улаза.



Слика 46. Претерано трошење ивице резне плочице [2]

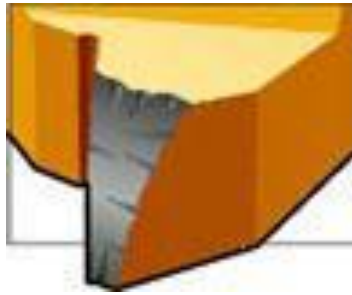
До оштећења и љуштења ивице резне плочице, као што је то приказано на Сlici 47, долази због тога јер је температура резања премала, што је честа појава приликом обраде нерђајућих и ниско угљеничних челика. Два су могућа решења; прво је повећање брзине сечења и не коришћење средства за хлађење, а друго је одабрати резне плочице боље жилавости по могућности са PDV превлаком која штити плочицу.



Слика 47. Оштећење и пуцање ивице резне плочице [2]

Код слике 48. приказан је лом резне плочице до којег може доћи због више разлога. Могуће је да је дубина улаза превелика и да то резна плочица не може поднети, зато је потребно смањити дубину најдубљег улаза и повећати број пролаза. Постоји могућност одабира погрешне плочице, па је потребно одабрати жилаве плочицу друге врсте. Лом резне плочице може узроковати и струготина која због лоше контроле долази у контакт

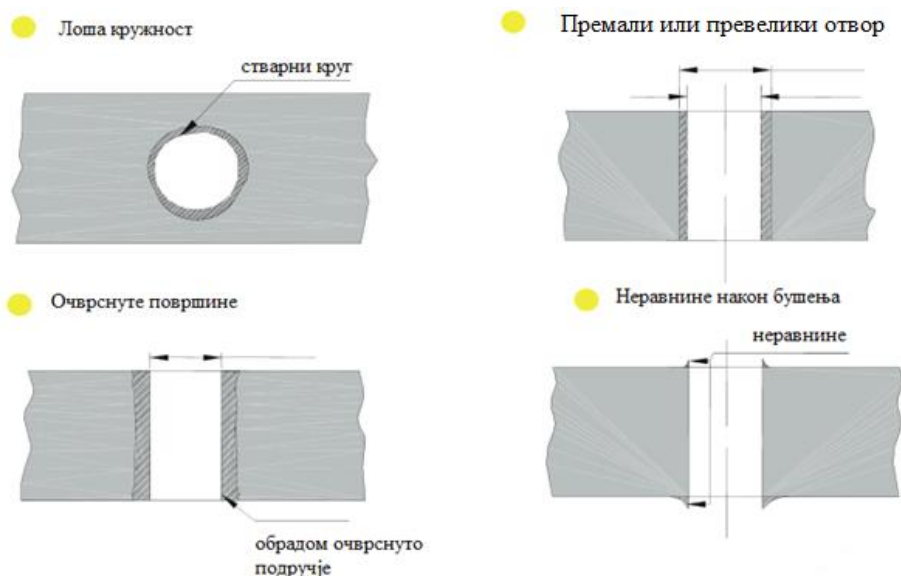
са сечивом алатом, па је потребно користити начин улаза бочно и другачију геометрију саме плочице.



Слика 48. Лом резне плочице [2]

9.3 Грешке код израде навоја урезницом

Као и код стругања, могућа је појава грешака приликом израде навоја овим начином израде. Проблеми могу настати и пре почетка коришћења урезнице, а то су грешке везане уз почетни отвор. Постоје четири основне могуће грешке, а то су: лоша кружности/цилиндричност отвора, нетачна димензија отвора, предходном обрадом очврснута површина отвора те могуће неравнине и бразде после бушења почетног отвора. Слика 98. приказује све до сада набројане грешке које се односе на почетни отвор.



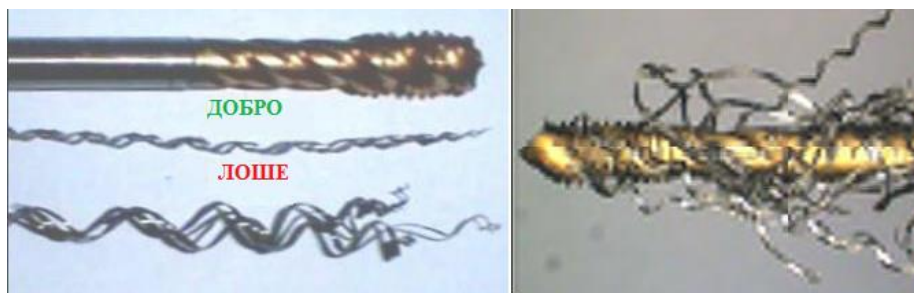
Слика 49. Грешке почетног пречника [9]

Ако је димензија отвора премала, тада урезница обрађује материјал са својим радијусом корена, а то је потребно избећи да не дође до оштећења или чак пуцања урезнице. Правилан однос величине отвора и урезнице је приказан на слици 50.



Слика 50. Правилна димензија отвора [2]

Следећа грешка код израде навоја урзнице је гомилање и петљање струготине. То је последица недовољне контроле и лошег формирања струготине током израде, а узрокује повремена повећања обртног момента због попуњености отвора струготине, прекомерно трошење урзнице и пуцања на малим радијусима урзнице. Како би се то избегло потребно је смањити дужину почетне косине урзнице, угао резања и број канала за одвођење струготине. Слика 51. приказује изглед добре и лоше струготине, затим стварање гнезда, односно гомилања струготине око алата. Узрок тог гомилања око алата је лоша струготина, односно њен неповољни облик.



Слика 51. Струготина, добра и лоша [2]

До пуцања урзнице може доћи из неколико разлога. Први разлог може бити гомилање одвојене парцеле на дну непролазног отвора или у каналима за одвођење. Да би се то избегло потребно је користити урзницу са спиралним жљебовима која имају бољу контролу над струготином. Други разлог може бити превелики момент на урзници па је зато потребно повећати почетни отвор, смањити дужину навоја, повећати резни угао и/или користити урзницу са равним жљебовима. Један од разлога пуцања урзнице исто тако може бити и погрешно намештени параметри и услови обраде. У том случају пожељно је смањити брзину резања, користити држаче алата који имају прилагођавање обртног момента и избећи ударање урзнице у дно рупе, односно остављање довољне светлости. До пуцања може доћи и због самог стања резног алата, па је зато потребно

одржавање и правилна употреба, а под тиме се сматра чешће брушење, избегавање дна и преуских отвора.

10. ЗАКЉУЧАК

Израда навоја, у данашњој индустрији, има широку примену. Могло би се рећи да се било какав склоп неби се могао направити без употребе навојних спојева.

Постоји много технологија за израду навоја, а већину од њих смо описали у овом завршном раду.

У данашње време све се више прелази на модерније технологије израде навоја. То су CNC технологије. CNC машине, иначе, представљају светску будућност и нешто што ће човеку олакшати сам живот и рад.

Програм израде дела на CNC машини алатки представља запис наредби које она треба да изведе да би се добио радни предмет дефинисане геометрије. Програм у одговарајућем облику садржи све неопходне положаје покретних елемената машине попут наредби укључивања (искључивања), средстава за хлађење и подмазивање, наредби промене смера обртања главног вретена са прецизно дефинисаним бројем обртаја, наредби промене алата, заустављање програма, програмске паузе и сл.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лазић, М., Обрада метала резањем (поглавља о навојима)
- [2] Или ја Шимповић, Поступци израде навоја, Завршни рад, Факултет Стојарства и Бродоградње, Загреб
- [3] АЛАТНИЧАР, Стручно информативни часопис, бројеви 5 и 8
- [4] Блажевић, З., Програмирање ЦНЦ стругања и глодалице
- [5] Стевановић, М., Израда навоја и зупчаника, Техничка школа Смедерево
- [6] <https://nastavamasinstva.wordpress.com/2011/11/15/врсте-навоја-и-њихово-означавање/> 01/10/2015
- [7] <http://www.chikaasistent.com/навојне-везе> 02/10/2015
- [8] http://www.vizijadanas.com/strugarska_obrada.html 30/09/2015
- [9] <https://bs.scribd.com/doc/199238600/30/Izrada-navoja-struganjem> 05/10/2015
- [10] <https://nexhatqehaja.files.wordpress.com/2010/01/programiranje-cnc-tokarilice-i-glodalice-m-blazevic.pdf> 03/10/2015
- [11] http://www.alati.co.rs/rrucna_navojna_ureznica 04/10/2015
- [12] http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/dokumenti/katedra0155/MERENJE_NAVOJA 01/10/2015
- [13] <https://www.surplex.com/hr/home.html> 04/10/2015
- [14] http://www.trgostal-lubenjak.hr/alati_za_valjanje_navoja 02/10/2015