

Производња и одржавање рударске опреме на примеру предузећа Колубара метал

Вања Миловановић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Производња и одржавање рударске опреме на примеру предузећа Колубара метал | Вања Миловановић || 2024 ||

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0009091>

Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет



Завршни рад

Основне академске студије

**ПРОИЗВОДЊА И ОДРЖАВАЊЕ РУДАРСКЕ ОПРЕМЕ НА
ПРИМЕРУ ПРЕДУЗЕЋА КОЛУБАРА МЕТАЛ**

Студент:

Вања Миловановић

P90/19

Ментор:

доц. др Филип Милетић

Београд, 2024.

Комисија:

1. доц. др Филип Милетић, ментор

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

2. проф. др Дејан Ивезић, члан комисије

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

3. проф. др Милош Танасијевић, члан комисије

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Датум одбране: _____

Сажетак: У раду је извршено пројектовање технолошког процеса израде вратила на стругу. Кроз теоријску анализу, дати су основни постулати обраде стругањем, стругови као машине алатке, врсте стругова, начини стругања и примењени алати. У практичном делу, дефинисани су редоследи операција и захвата, режими обраде, изабрана машина алатка и алати за све захвате и одређено укупно време обраде потребно да се направи финални производ. Вратило из студије случаја представља компоненту редуктора погона за копање роторног багера SRs.1200.24/4+VR.

Кључне речи: производно машинство, обрада метала резањем, израда вратила на стругу.

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
2. СИСТЕМИ И ПРОЦЕСИ У ПРЕДУЗЕЋУ КОЛУБАРА МЕТАЛ.....	2
2.1. УЛОГА И ПОСТУПЦИ ОДРЖАВАЊА ПРОИЗВОДНИХ СИСТЕМА	3
2.2. ПРИМЕЊЕНЕ МАШИНЕ АЛАТКЕ У ПРЕДУЗЕЋУ КОЛУБАРА МЕТАЛ.....	7
2.3. ПРИМЕЊЕНЕ МАШИНЕ НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА У КОЛУБАРИ.....	13
3. РОТОРНИ БАГЕРИ	14
3.1. КОНСТРУКЦИЈА РОТОРНИХ БАГЕРА.....	15
3.2. ПОГОН РОТОРНОГ ТОЧКА РОТОРНОГ БАГЕРА	16
3.2.1. Вратио роторног точка	17
3.2.2. Редуктор роторног точка	18
3.3. РОТОРНИ БАГЕР SRS1200.24/4+VR.....	19
4. ПОСТУПЦИ ОБРАДЕ МЕТАЛА РЕЗАЊЕМ	21
4.1. ОБРАДА МЕТАЛА СТРУГАЊЕМ.....	22
4.1.1. Стварање и врсте струготине	23
4.1.1.1. Машине алатке	25
4.1.1.1.1. Струг.....	26
5. АЛГОРИТАМ ИЗРАДЕ МАШИНСКИХ ДЕЛОВА СТРУГАЊЕМ	35
5.1. ИЗБОР ПРИПРЕМКА	37
5.1.1. Додатак за обраду.....	37
5.2. ОТПОР И СНАГА РЕЗАЊА.....	39
5.3. ИЗБОР ОПЕРАЦИЈА И ЗАХВАТА	40
5.4. ИЗБОР АЛАТА.....	41
5.5. РЕЖИМИ ОБРАДЕ У ОБРАДИ СТРУГАЊЕМ.....	43
6. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА ИЗРАДЕ ВРАТИЛА НА СТРУГУ	45

6.1. ИЗБОР МАТЕРИЈАЛА.....	46
6.2. ИЗБОР ДОДАТАКА ЗА ГРУБУ, ФИНУ И ПОПРЕЧНУ ОБРАДУ	46
6.3. РАЧУНСКЕ МЕРЕ ПРИПРЕМКА	47
6.4. ПРЕЧНИК ПОЛУФАБРИКАТА И МЕРЕ ПРИПРЕМКА	47
6.5. РЕДОСЛЕД СТЕЗАЊА И ЗАХВАТА.....	47
6.5. ИЗБОР ОБРАДНОГ СИСТЕМА	50
6.5.1. Избор машине алатке	50
6.6. ИЗБОР АЛАТА.....	51
6.7. ИЗБОР РЕЖИМА ОБРАДЕ - ПРЕПОРУЧЕНЕ ВРЕДНОСТИ.....	51
6.7.1. Захват 01 Спољашња попречна груба обрада чеоне површине Ø 150..	51
6.8.2. Захват 02 Израда средишњег гнезда	53
6.8.3. Захват 03 Уздужна груба обрада на пречник Ø 135.....	53
6.8.4. Захват 04 Уздужна груба обрада на пречник Ø 125.....	54
6.8.5. Захват 05 Уздужна груба обрада на пречник Ø 121,9.....	55
6.8.6. Захват 06 Уздужна груба обрада на пречник Ø 115.....	57
6.8.7. Захват 07 Уздужна груба обрада на пречник Ø 111,6.....	58
6.8.8. Захват 08 Уздужна фина обрада на пречник Ø 110.....	59
6.8.9. Захват 09 Уздужна фина обрада на пречник Ø 120.....	60
6.8.10. Захват 010 Одсецање на пречнику Ø 110.....	61
6.8.11. Захват 011 Спољашња попречна груба обрада на пречнику Ø 110	62
6.8.12. Захват 012 Обарање ивице 2/45⁰ на пречнику Ø 110	63
6.8.13. Захват 013 Спољашња попречна груба обрада чеоне површине Ø 150....	64
.....	
6.8.14. Захват 014 Уздужна спољашња груба обрада на пречник Ø 125... 	65
6.8.15. Захват 015 Уздужна спољашња груба обрада на пречник Ø 115... 	66
6.8.16. Захват 016 Уздужна спољашња груба обрада на пречник Ø 111,6 	68
6.8.17. Захват 017 Уздужна спољашња груба обрада на пречник Ø 101,9 	69
6.8.18. Захват 018 Уздужна спољашња фина обрада на пречник Ø 100... 	70

6.8.19. Захват 019 Уздужна спољашња фина обрада на пречник \emptyset 110...	71
6.8.20. Захват 020 Одсецање на пречнику \emptyset 100.....	72
6.8.21. Захват 21 Спољашња груба обрада чеоне површине на пречнику \emptyset .. 100.....	73
6.8.22. Захват 022 Обарање ивице $2/45^0$ на пречнику \emptyset 100	74
7. ЗАКЉУЧАК.....	77
8. ЛИТЕРАТУРА.....	78
9. ПРИЛОЗИ	80
П.1. СТАНДАРДНЕ МЕРЕ ПОЛУФАБРИКАТА.....	80
<i>П.1.1. Шипке од вруће ваљаног челика</i>	<i>80</i>
П.2. ДОДАЦИ ЗА ОБРАДУ	81
П.3. ИЗБОР МАШИНЕ АЛАТКЕ	82
П.4. ФАКТОР ГЕОМЕТРИЈСКЕ ПРОМЕНЕ ПРЕНОСНИКА ЗА ГЛАВНО КРЕТАЊЕ .	83
П.5. ИЗБОР ДРЖАЧА И ОБЛИК ИЗМЕЊИВЕ ПЛОЧИЦЕ.....	85
П.6. ИЗБОР БРЗИНЕ, КОРАКА И ДУБИНЕ РЕЗАЊА.....	85
П.7. ИЗБОР СПЕЦИФИЧНЕ СНАГЕ РЕЗАЊА	86
П.8. ПОСТОЈАНОСТ РЕЗНОГ АЛАТА	86
П.9. ВРЕДНОСТ КОРАКА s И R_z ЗА СТАНДАРДНУ ВРЕДНОСТ R_A И ПОЗНАТУ ГЕОМЕТРИЈУ АЛАТА.....	87
П.10. ПРОРАЧУН СНАГЕ ПРИ СТРУГАЊУ	88

1. УВОД

У савременој индустрији, рударство представља виталну компоненту глобалне економије, обезбеђујући сировине неопходне за производњу широког спектра производа. У том контексту, ефикасност и поузданост рударских машина имају кључну улогу у процесу експлоатације минералних сировина и њиховог претварања у финалне производе.

Кроз детаљно истраживање, рад има за циљ да пружи разумевање улоге производног машинства у рударској индустрији и његовог утицаја на производне процесе. У студији случаја, пројектован је технолошког процеса израде улазног вратила редуктора за копање роторног багера SRs1200.24/4+VR. Извршен је избор резних алата, дефинисани су параметри обраде и фактори који утичу на квалитет обрађене површине и продуктивност. Кроз теоријску анализу представљени су основни принципи стругања, типови стругова и различите врсте обраде вратила, као што су уздужно и попречно стругање.

Обрада вратила на стругу представља један од најчешћих и најважнијих технолошких процеса у машинској индустрији. Вратило као машински елемент има битну улогу у преносу снаге и обртног момента у механичким преносницима. Због његовог значаја, неопходно је да се изради на одговарајућем нивоу тачности и квалитета површине, како би се обезбедила потребна поузданост и дуготрајност у раду.

Поред технолошког процеса обраде на стругу, посебна пажња је усмерена ка анализи фактора који утичу на ефикасност и квалитет производње, као што су брзина обраде, снага резања, типови резних алата и параметри стругања. Истакнуто је како адекватно дефинисање ових параметара утиче на храпавост површине, тачност димензија и укупну продуктивност. Кроз анализу поменутих фактора добија се шири увид у оптимизацију технолошких процеса и постизање бољих резултата у изради машинских делова.

2. СИСТЕМИ И ПРОЦЕСИ У ПРЕДУЗЕЋУ КОЛУБАРА МЕТАЛ

Развој и унапређење индустријских предузећа кључни су фактори за одржив раст и економски развој једне државе. У том контексту, предузеће "Колубара Метал" представља пример успешне компаније која се истиче својом посвећеношћу квалитету производа и континуираним иновацијама. [1]

Један од кључних фактора успеха "Колубаре Метал" јесте константно улагање у технолошки развој и модернизацију производних процеса. Кроз имплементацију најсавременијих технологија и машина алатки, компанија успешно унапређује ефикасност производње и осигурава висок стандард квалитета својих производа. [1]

Производни процеси којима се "Колубара Метал" бави укључују: [1]

Ливење метала - представља технологију обликовања металних предмета ливењем растопљеног метала у израђене калупе помоћу модела, да би се тако, после хлађења добио одливак. Финални производ у компанији Колубара Метал је клизни лежај, формиран ливењем бронзе у песку. [1]

Обрада метала - механичка и хемијска обрада метала за постизање жељених димензија, форми и површинских својстава. [1]

Заваривање - процес спајања два или више материјала применом топлотне и механичке енергије. Представља један од најважнијих технолошких процеса у савременој индустрији, посебно у машиноградњи, грађевинарству, бродоградњи и процесној индустрији. Најчешћа примена заваривања је за израду носећих металних конструкција спајањем појединих делова – лимова и профила и за поправку поломљених или истрошених металних делова. [1]

Чишћење и обрађивање површина - уклањање нечистоћа и обрада површина делова ради заштите од корозије. [1]

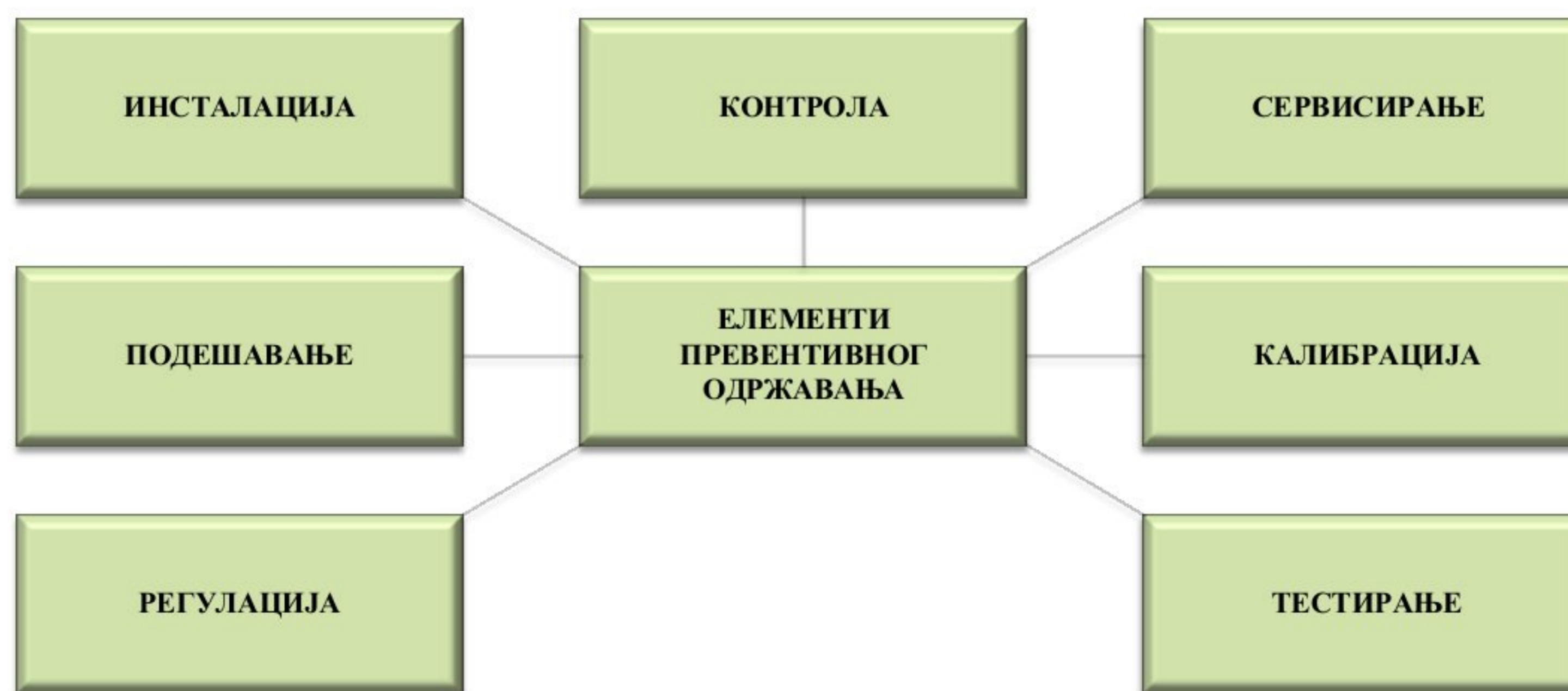
Контрола квалитета - процес провере димензија, тачности и квалитета производа ради осигуравања исправности и задовољавања стандарда квалитета. [1]

2.1. Улога и поступци одржавања производних система

Одржавање представља скуп активности које се спроводе ради обезбеђивања функционалности и исправности машинских и других техничких система, опреме и постројења у привредним и другим објектима. Ове активности укључују рутинско прегледање, одржавање, поправке, замене делова и поправке неправилности које се јављају у току експлоатације. Главни циљ одржавања је осигуравање да су системи, опрема и постројења увек доступни, функционални и безбедни за коришћење. Одржавање може бити предвидљиво (планирано) или непредвидљиво (непланирано), а обично се обавља од стране специјализованих техничара или техничких тимова. Основне активности у одржавању укључују редовно сервисирање, планиране интервенције, рутинско проверавање стања, поправке и унапређења. [2]

У процесу одржавања техничких система разликују се два основна типа: *превентивно* и *корективно*. [2]

Превентивно одржавање (слика 2.1.) се примењује пре него што дође до отказа или неисправности у систему или опреми. Циљ је спречавање настанка дефекта применом редовних провера, сервисирања и поправки. Овакав приступ укључује планиране активности одржавања, које се извршавају по распореду, на основу претходно одређених интервала или критеријума [2]



Слика 2.1. Елементи превентивног одржавања [2]

Контрола. Периодична инспекција ради утврђивања исправности техничког система, упоређујући његове физичке, електричне, механичке и друге карактеристике прихваћеног стандарда. [2]

Сервисирање. Периодично чишћење, подмазивање, пуњење, чување, ради спречавања почетних, основних кварова[2]

Калибрација. Повремено утврђивање карактеристичних вредности и поређење са стандардним, на основу поређења два система, од којих је један са сертификованом стандардном тачношћу. Врши се откривање и подешавање параметара у односу на успостављену стандардну вредност. [2]

Тестирање. Периодично испитивање или провера ради утврђивања исправности стања и откривања повезаних елетро-механичких деградација. [2]

Регулација. У циљу постизања оптималних перформанси, врши се промена и регулација одређених параметара и елемената. [2]

Подешавање. Периодично подешавање променљивих параметара и елемената у циљу постизања оптималних перформанси система. [2]

Инсталација. Периодичне замене одређених елемената ограниченог века на основу деградације услед похабаности, ради одржавања одређеног система толеранције. [2]

Корективно одржавање се примењује након што се већ десила неисправност или квар у систему или опреми. Циљ је да се реши постојећи проблем и врати систем или опрема у функционално стање. Овај приступ обухвата реактивне активности одржавања, као што су поправке и замене делова који су већ неисправни. [2]

Корективно одржавање, како је већ поменуто, је приступ у одржавању који се примењује када је већ дошло до квара или неисправности у систему, опреми или постројењу. Овај вид одржавања фокусира се на решавање постојећих проблема и поправку неисправности како би се обновила функционалност и исправност. [2]

Главна карактеристика корективног одржавања је његова реактивна природа. Уместо да се планирају редовни интервали одржавања, корективно одржавање се примењује када се квар или неисправност већ догодили и то на захтев. Ово значи да реакција на неисправност обично следи након што се примети проблем или када систем више не функционише на прописан начин. [2]

У процесу корективног одржавања, први корак је дијагностиковање проблема. Ово може укључити испитивање и анализу неисправности како би се утврдило шта је тачно узроковало квар на систему. Након тога, следи планирање и извршење акција за поправку. Ове акције могу укључивати поправке, замене делова, подешавања или друге мере које су потребне да се квар санира. [2]

Једна од предности корективног одржавања је што се техничари могу фокусирати на специфичне проблеме који се јављају у току експлоатације, што омогућава ефикасно решавање конкретних проблема. Овај приступ може довести до недостатака као што су неочекивани застоји у производњи и виши трошкови одржавања у случају већих проблема који захтевају већи обим радова на поправци или замени опреме. [2]

Дијагностика проблема: први корак у ремонту је дијагностика проблема. Процес укључује преглед елемената система, идентификацију неисправности и утврђивање узрока проблема. То може укључивати визуелни преглед, испитивање функционалности, анализу података сензора или употребу дијагностичке опреме. [2]

Планирање ремонта: након што се идентификује квар, следећи корак је планирање ремонтних активности. Ово укључује одређивање потребних ресурса, алата, делова и радне снаге за извршење ремонта. Дефинише се временски период ремонта и планирају додатне активности као што су безбедносне мере и процедуре. [2]

Демонтажа и одлагање дефектних делова: након што је план састављен, следећи корак је демонтажа опреме и одлагање дефектних делова. [2]

Поправка или замена делова: када су дефектни делови уклоњени, следећи корак је њихова поправка или замена. [2]

Склапање и тестирање: након што су поправљени или замењени делови, опрема се склапа назад и подвргава се тестирању. Ово укључује преглед функционалности и процесе испитивања, како би се осигурало да је опрема исправна и спремна за рад.

Табела 2.1. Кораци корективног [2]

Препознавање квара	Препознавање постојања квара
Локализација	Локализација квара у систему за одређене елементе опреме
Дијагноза	Дијагноза опреме у циљу идентификације компоненте
Поправка	Замена или поправка елемента или компоненте
Провера	Провера перформанси опреме након интервенција и враћање система у превентивно одржавање

Постоји неколико типова корективног одржавања. Корективно одржавање се може сврстати у пет главних категорија, како је приказано на слици 2.2.



Слика 2.2. Типови корективног одржавања [2]

Поправка квара. Овај тип корективног одржавања након поправки, враћа елемент (систем) у претходно, оперативно стање.

Ликвидација. Одстрањивање елемената који се не могу поправити и њихова замена са елементима који се могу поправљати. [2]

Обнављање. Враћање елемента (који је у квару), што ближе оригиналним перформансама, животном веку, изгледу. Ово се постиже потпуном демонтажом, испитивањем свих компоненти, поправкама и заменама дотрајалих, некорисних делова по оригиналним спецификацијама и производним толеранцијама. [2]

Ремонт. Ремонт је један од најважнијих типова корективног одржавања који се примењује када дође до неисправности или оштећења на појединачним елементима, системима или постројењима. Овај тип корективног одржавања укључује широк спектар активности које се примењују како би се настали кварови што пре отклонили и вратила функционалност елемента или система. [2]

Ремонт може обухватити различите активности, укључујући демонтажу и монтажу делова, замену оштећених компоненти, поправку или варење металних конструкција, примену специјалних технологија или постројења. [2]

Изводи се у фабрици, радионици или на терену, у зависности од типа опреме и проблема који се решава. Представља ефикасан начин за решавање проблема и обнову исправности опреме, што је од суштинског значаја за непрекидни ток рада и остварење планиране производње. [2]

Сервисирање. Може бити потребно због одређених активности корективног одржавања. Обухвата различите активности, као што су замена делова, подмазивање, чишћење. [2]

2.2. Примењене машине алатке у предузећу Колубара Метал

„Колубара Метал” се бави пројектовањем, производњом, монтажом, ремонтом и одржавањем рударске опреме, ревитализацијом и модернизацијом основне рударске опреме, производњом и регенерацијом резервних делова. [3]

Посао је подељен по организационим јединицама: *Дирекција* и *Одржавање*. Организовани су у четири погона: *Производња*, *Ремонт*, *Монтажа* и *„Елмонт”*.

Запослени се баве пројектовањем, производњом, монтажом, одржавањем основне рударске опреме и механизације на површинским коповима, опреме за прераду угља и друге процесне опреме. Оспособљени су за производњу и регенерацију резервних делова, чиме се обезбеђују поуздан рад рударских машина и континуирана производња угља и откривке у случају непредвиђених застоја и отказа. [3]

Поред рударске опреме, „Колубара Метал” изводи и одржава термотехничке инсталације, термо и хидроенергетску опрему. Ремонтује електричне машине и средства за шинску вучу. Изводи радове и одржава телекомуникационе објекте. Организована је серијска производња делова који се користе у рударској опреми и железничком саобраћају. Поседује широк асортиман машина алатки: [1]

- стругове,
- брусилице,
- хоризонтално-вертикалне бушилице-глодалице,
- бушилице,
- глодалице,
- рендисаљке,
- машине алатке за озубљење,
- пресе,
- тестере и маказе,
- машине за савијање лима.

Модел и бројно стање машина алатки су приказани у следећим табелама.

Табела 2.2. Списак стругова [1]

Назив машине алатке	Количина
СТРУГ	
Чеони струг DP-3/10500	1
Чеони струг DP-2.5/5000	1
Чеони струг DP-2/6000	1
Карусел струг JVS-16 CNC	1
Карусел струг CNC 1540-T	1
Универзални струг PA-25/1500	3
Универзални струг POTISJE USA 200	1
Универзални струг PA-30/3000	3
Универзални струг PA 631P/4000	3
Универзални струг TES-4/3000	1
Универзални струг PA-45/8000	1
Универзални струг PA 50/8000	1
Универзални струг PA-1000/4000	2
Универзални струг PA-1000M/6000	2

Струг као машина алатка је детаљно описан у глави 4.1.1.1.1.

Табела 2.3. Списак бруслица [1]

Назив машине алатке	Количина
БРУСИЛИЦА	
Бруслица за округло брушење UFD-630	2
Бруслица за брушење зуба зупчаника 5А-841	1
Велика бруслица 3М-197	1
Бруслица за унутрашње брушење 3А-230	1
Бруслица за равно брушење 3D-722	1

Бруснице се користе за завршну обраду са циљем добијања делова са високом тачношћу и високим квалитетом обрађене површине. Обрада на брусницама се изводи после стругања, глодања, рендисања, мада постоје високо производне бруснице које изводе и претходне и завршне обраде. [4]

Табела 2.4. Списак хоризонтално-вертикалних бушилица-глодалица [1]

Назив машине алатке	Количина
БОРВЕРК	
Борверк 2Е-656R	1
Борверк 2А-620	1
Борверк В-130	3
Борверк В-180	1
Шкода W-250Н	2

Хоризонтална-вертикална бушилица-глодалица (борверк) представља комбиновану машину алатку намењену за појединачну и серијску производњу кућишта, машина са више равних површина и основних и помоћних отвора и рупа. [4]

Табела 2.5. Списак бушилица [1]

Назив машине алатке	Количина
БУШИЛИЦА	
Бушилица ВD-4	1
Бушилица ВК-4	1
Бушилица WR-50	2
Бушилица TRB-8	2
Магнетна бушилица за разбушивање отвора	1

Бушилице се користе за израду и обраду рупа и отвора. Могу бити хоризонталне и вертикалне, према положају вретена, једно и вишевретне, према броју вретена, радијалне, бушилице за дубоко брушење, итд. [4]

Табела 2.6. Списак глодалица [1]

Назив машине алатке	Количина
ГЛОДАЛИЦА	
Универзална глодалица ALG-200	1
Универзална глодалица GHK-3P	2
Портална глодалица 6625 Y	1
Обрадни центар 65A 90 PF 4	1

Глодалицама се обрађују делови са равним површинама, делови са сложеним просторним површинама (копирно глодање), жлебови за клин. Глодањем се обрађују и завојне површине различитих профила, врши се израда цилиндричних и конусних зупчаника, као и обрада спољашњег и унутрашњег навоја. [4]

Табела 2.7. Списак рендисаљки [1]

Назив машине алатке	Количина
РЕНДИСАЉКА	
Вертикална рендисаљка 7D-450	1
Вертикална рендисаљка 7410	1
Дугоходна рендисаљка 7216G	1
Хоризонтална краткоходна рендисаљка KB-500	1
Хоризонтална краткоходна рендисаљка KB-700	1

Рендисаљке се користе првенствено за обраду равних површина и то хоризонталних, вертикалних или косих. Могу се обрађивати и жлебови различитих профила као и полигонални отвори који су претходно избушени; обрађују се такође, и спољашње полигоналне контуре. [4]

Табела 2.8. Списак тестера [1]

Назив машине алатке	Количина
ТЕСТЕРА	
Машинска тестера UD-210	2
Машинска тестера HT-250	2
Машинска тестера HT-350	1
Машинска тестера OPTOTAJ 300	1
Машинска тестера AUT.500	1
Машинска тестера 8G-663	1
Машинска тестера 8G-681	1

Тестере служе за сечење шипкастих полуфабриката различитих профила, као и за сечење различитих контура. Могу бити са кружном, тракастом и оквирном тестером, као вишесечним резним алатом. [4]

Табела 2.9. Списак машина за озубљење [1]

Назив машине алатке	Количина
ОЗУБЉЕЊЕ	
Машина за озубљ. конусних зупч. са прав. зуб. 5А-250	1
Машина за контролу конусних зупчаника 5А-725	1
Полуаутоматска глодалица за зупчанике 528-С	1
Полуаутоматска глодалица за зупчанике 5А-342	2
Полуаутоматска глодалица за зупчанике 5К-32Р	2
Полуаутоматска глодалица за зупчанике ZVFZ-3150-3	1
Хоризонтално одвална глодалица 5V-373 F	1

Табела 2.10. Списак преса [1]

Назив машине алатке	Количина
ПРЕСА	
Преса снаге до 110 [t]	1
Преса снаге преко 110 [t]	1
Хоризонтална хидраулична преса	1

Хидрауличне пресе су машине статичког дејства у којих се потенцијална енергија течности под притиском претвара у механички рад. Њихова главна карактеристика је сила, чијим достизањем престаје процес деформисања. Номинална сила машине дефинисана је притиском радне течности (P) и површином цилиндра (A). [7]

Табела 2.11. Списак маказа [1]

Назив машине алатке	Количина
МАКАЗЕ	
Маказе за лим NG-8	1
Маказе за лим NG-16	1
Маказе за лим NG-20	1

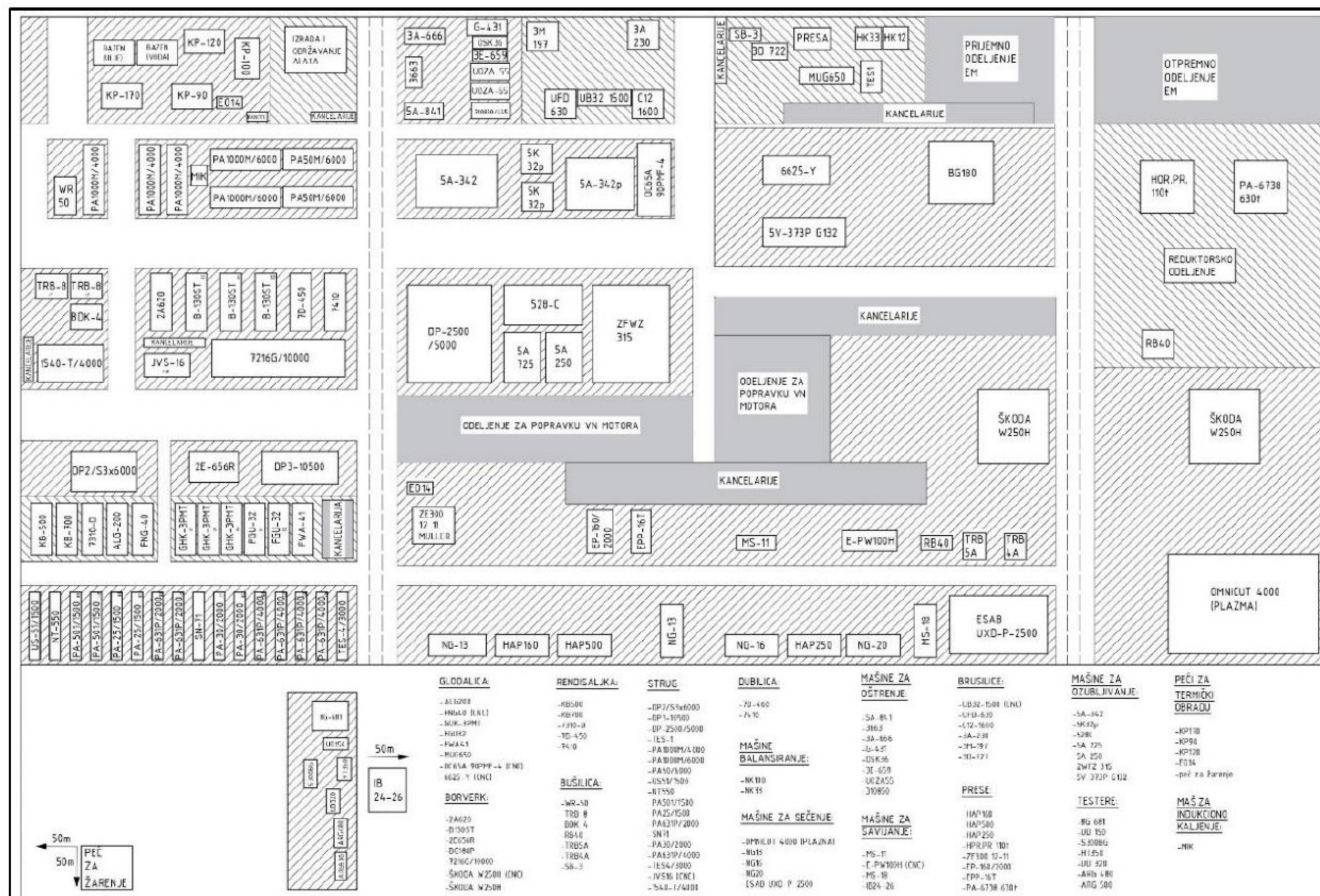
Процес раздвајања материјала - сечење на маказама, остварује се смицањем по површинама које одређује геометрија алата. Одсецањем се најчешће обрађују лимови различитих дебљина. Постоје три врсте маказа: са правим паралелним ножевима, са правим нагнутих ножевима и са кружним ножевима. [5]

Табела 2.12. Списак машина за савијање лима [1]

Назив машине алатке	Количина
МАШИНЕ ЗА САВИЈАЊЕ ЛИМА	
Машина за савијање лима MS-11	1
Машина за савијање лима MS-18	1
Машина за савијање лима HAP-160	1
Машина за савијање лима MULLER 300	1

Савијање је метода пластичног деформисања која налази широку примену у пракси, како у условима серијске и масовне, тако и у условима појединачне производње. Овом методом обрађује се лим, жица, профили, цеви, итд. Димензије радног комада код савијања крећу се од реда величине неколико милиметара до неколико метара. Савијање се често изводи у комбинацији са другим обрадама пластичног деформисања као што су раздвајање, просецање и пробијање. [3]

На слици 2.3 је приказан просторни распоред машина алатки у производном погону предузећа „Колубара Метал“.



Слика 2.3. Распоред машина алатки у предузећу „Колубара Метал“ [1]

2.3. Примењене машине на површинским коповима у Колубари

На површинским коповима у колубарском басену, за експлоатацију корисне минералне сировине примењене су следеће машине: [8]

- роторни багери,
- багери ведричари,
- багери дреглајни и
- багери кашикари.

Поред откопне механизације, у примени су и помоћне машине које омогућавају извођење основног технолошког процеса. Пре свих:

- дозери,
- цевополагачи,
- грејдери,
- ваљци,
- утоварачи, итд.

Откопана минерална сировине или откривка се, системом транспортера са траком одвози на прераду (БТД или БТС систем) или на одлагач (БТО систем), који откопану масу одлаже на формирано одлагалиште.

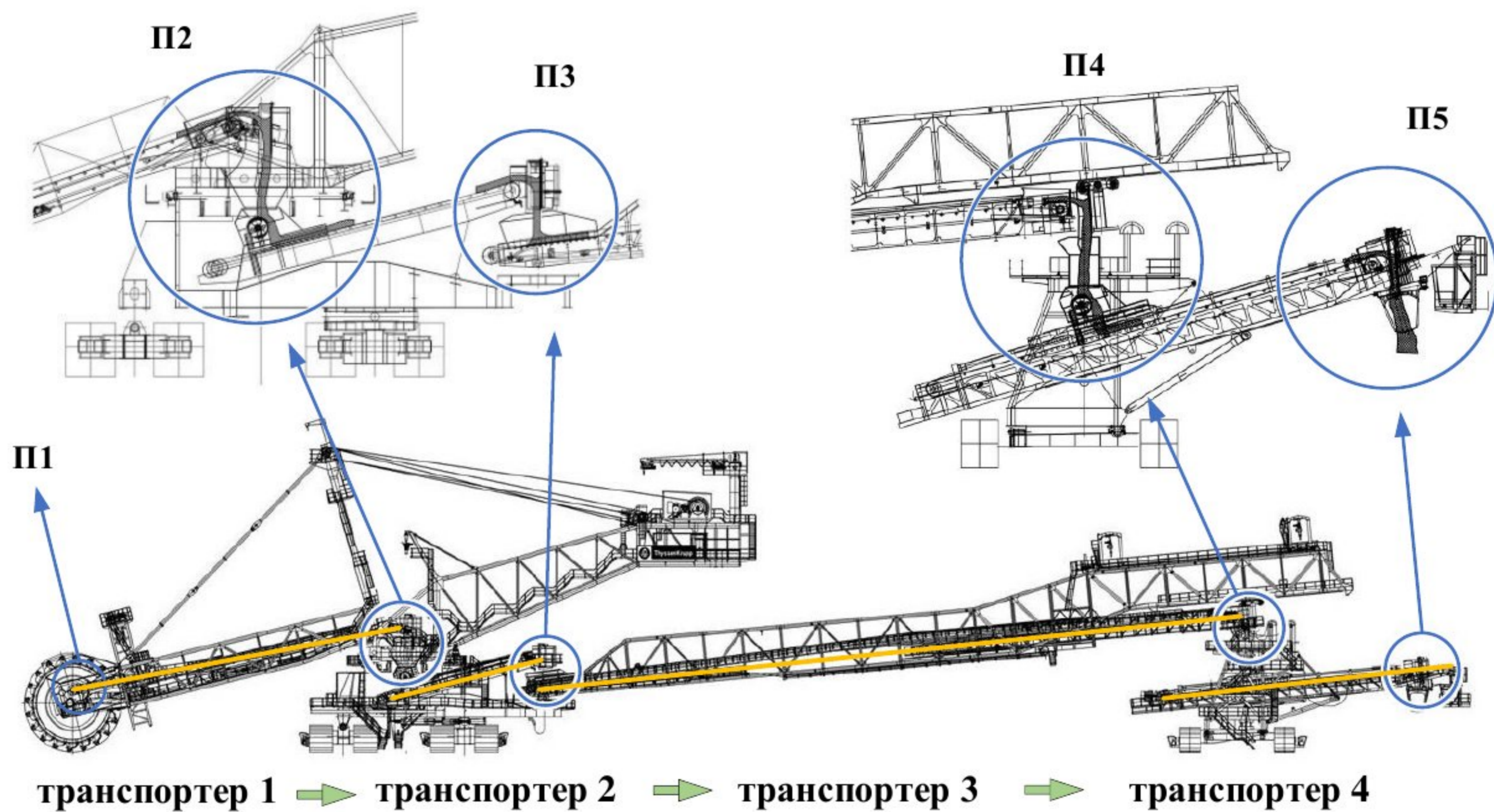
Основна подела багера на површинским коповима је на багере са једним радним елементом и са више радних елемената. [8]

Основна карактеристика багера са једним радним органом је цикличност извођења операција у оквиру технолошког процеса по одређеном редоследу: откопавање, окретање горње градње багера са пуном кашиком до места истовара, истовар и окретање горње градње багера са празном кашиком до места поновног утовара. Багери са више радних елемената остварују непрекидно откопавање стенске масе помоћу ведрица које су равномерно распоређене на роторном точку (*роторни багер*) или на бесконачном ланцу (*багер ведричар*). [8]

3. РОТОРНИ БАГЕРИ

Роторни багери су самоходне машине континуалног дејства које се на површинским коповима користе за откопавање отривке и корисне минералне сировине. Материјал се откопава ведрницама које су причвршћене на ободу роторног точка. Добијање одреска из масива омогућено је истовременим обртањем роторног точка у вертикалној и стреле роторног точка, заједно са платформом у хоризонталној равни. [9]

Обртањем роторног точка, ведрнице наилазе у зону истоварног сектора, где се материјал празни на пријемни транспортер са гуменом траком. Материјал иде на друго пресипно место у обртној оси и даље редом, зависно од броја пресипних места предаје истоварном транспортеру. Континуалан рад роторних багера огледа се у томе да се са откопавањем материјала истовремено врши његов транспорт и утовар у средства транспорта. На слици 3.1 дата су пресипна места на роторним багерима. [9]



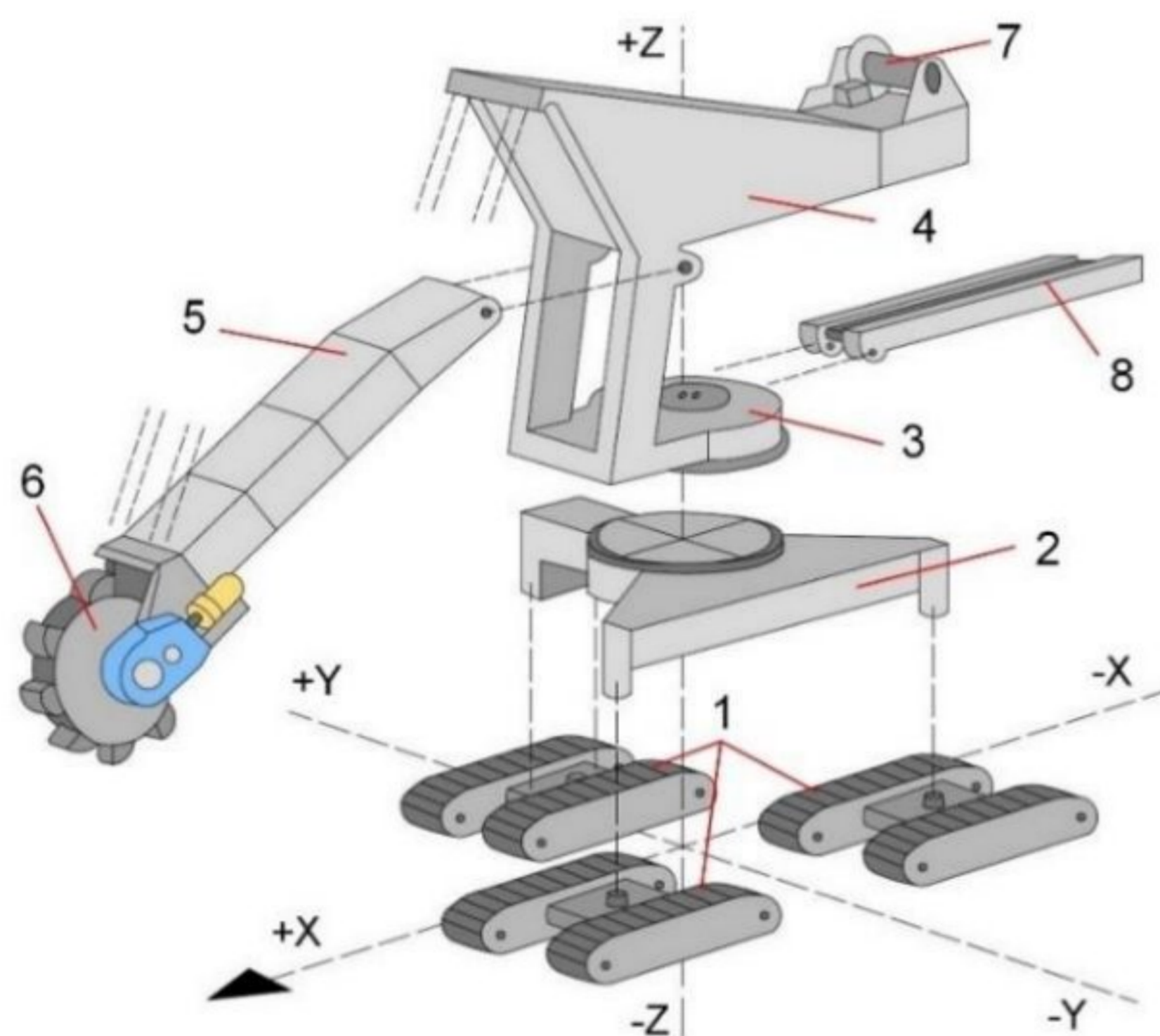
Слика 3.1. Пресипна места на роторним багерима [9], [10]

Роторни багери остварују капацитете који се налазе у широком интервалу. На површинским коповима Електропривреде Србије, теоријски капацитети роторних багера су у распону од 1260-6600 m³/h. [9]

3.1. Конструкција роторних багера

Конструкција роторних багера зависи од захтеваног капацитета, начина утовара материјала и услова рада. Од значаја су и нагиби етажних косина, чврстоћа материјала који се откопава и дозвољени притисак на тло. Облик и конструкција роторних багера морају бити прилагођени условима ефикасног одржавања. [9]

Роторне багере чине *основни* и *помоћни* уређаји. У основне уређаје сврставају се радни, погонски уређај и уређај за управљање. Помоћни уређаји су уређаји за подмазивање, загревање, осветлу, потребе техничког одржавања, ремонта. На слици 3.2 приказане су основне компоненте роторних багера. [9]



- 1 – гусенични транспортни механизам,
- 2 – доња градња,
- 3 – ослоно-обртни део,
- 4 – горња градња са противтегом,
- 5 – стрела роторног точка,
- 6 – роторни точак,
- 7 – систем за дизање и спуштање стреле роторног точка, и
- 8 – истоварна стрела.

Слика 3.2. Основне компоненте роторних багера [9], [10]

Роторни багери су састављени од низа подсистема, при чему сваки извршава одређену функцију. Основни подсистеми су: [9]

- подсистем за копање,
- подсистем за окретање горње градње,
- подсистем за кретање багера,
- подсистем за подизање/спуштање стреле, и
- подсистем транспорта материјала.

3.2. Погон роторног точка роторног багера

Једна од најважнијих карактеристика роторног точка је његова способност да се окреће у свим правцима, што омогућава багеру да лако манипулише материјалом и да га преусмерава према потребама рада на терену. Ово значајно побољшава ефикасност процеса експлоатације. [11]

При избору роторног точка, важно је узети у обзир различите факторе, укључујући капацитет багера, врсту материјала који се откопава, геолошке и друге карактеристике и захтеве за одржавање. [2]

Како би се осигурале оптималне перформансе и трајност, роторни багери захтевају редовно одржавање и сервисирање роторног точка. [2]

Правилно подмазивање је од пресудног значаја за исправно коришћење и стање механичког преносника. У многим случајевима отказ лежаја, зупчаника и осталих елемената произилази из неадекватног или запрљаног (контаминираног) уља. [2]

Може се десити да неадекватно подмазивање изазове директан контакт између површине у кретању и неког абразива у запрљаном уљу.

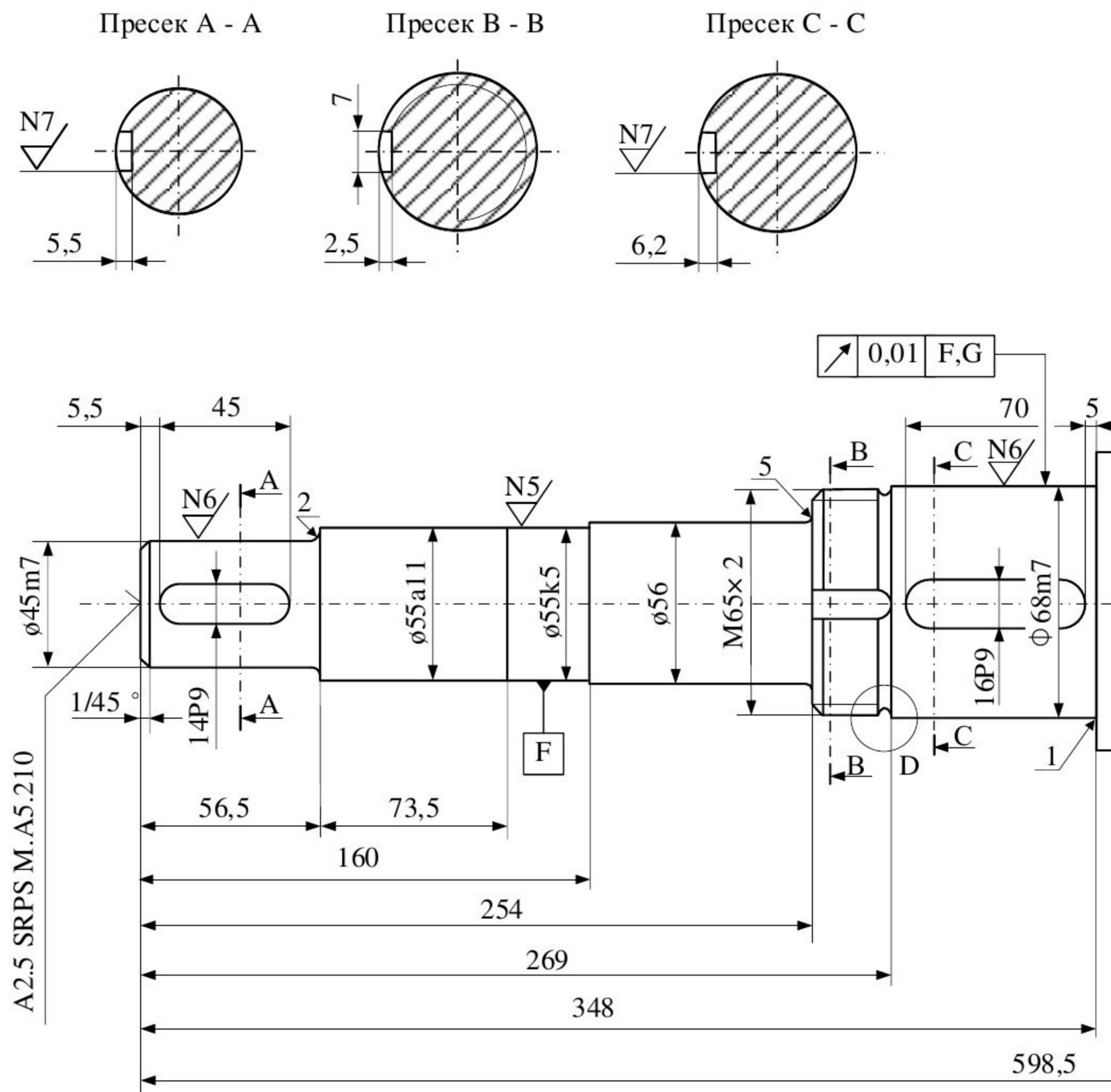
Вратило роторног точка представља елемент који везује погонски агрегат односно стрелу роторног точка са једне стране и роторни точак са друге стране.

Вратило има вишеструку улогу: [11]

- да на стрели роторног точка пренесе оптерећења од сопствене тежине редуктора, вратила роторног точка и ведрнца; и
- да пренесе све силе и моменте који се јављају у процесу копања; и
- да задржи међусобне положаје лежајева и да преко њих пренесе оптерећења, а да при томе омогући обртање роторног точка уз минималне отпоре.

3.2.1. Вратило роторног точка

Вратило роторног точка је улежиштено преко лежајева у носачима стреле роторног точка. Вратило је, статички посматрано, проста греда, или греда са препустима са једним фиксним и једним слободним ослонцем. Слободни лежај прима радијалне силе настале услед тежине склопова и силе настале услед отпора на копање. Фиксни лежај је поред радијалних сила, оптерећен и аксијалним силама које се јављају у процесу рада багера. Покретљивост слободног лежаја у аксијалном правцу вратила обезбеђује се погодним избором зазора између спољашњег пречника лежаја и кућишта, а између бочних поклопаца кућишта и спољашњег прстена лежаја оставља се конструкциони зазор (3 до 5 mm). [11]



Слика 3.3. Детаљ радионичког цртежа вратила [12]

3.2.2. Редуктор роторног точка

Редуктор роторног точка служи за пренос механичке енергије од погонског мотора на вратило роторног точка, при чему врши редукцију броја обртаја и повећање обртног момента. Код погона електромотором, број обртаја улазног вратила је по правилу од 1000 до 1500 [o/min], а број обртаја роторног точка од 6,0 до 7,0 [o/min]. За овако велику редукцију броја обртаја потребни су редуктори са преносним односом $i = 150-350$. [11]

Редуктори за погон роторног точка су дуги низ година прављени у класичној концепцији, односно, као *конусно-цилиндрични редуктори* (редуктор роторног багера из студије случаја). Добре стране ових редуктора се огледају у једноставној конструкцији, једноставном одржавању и ремонту. Недостаци су велика маса и габарити. Због мање тежине и габарита, примена планетних редуктора је све израженија. Мање димензије кућишта омогућавају повољније формирање бочне косине у процесу откопавања. [11]



Слика 3.4. Конусно-цилиндрични редуктор [13]

3.3. Роторни багер SRs1200.24/4+VR

Роторни багер SRs1200.24/4+VR представља један од најефикаснијих багера који се користи на површинским коповима у колубарском басену. Пројектован је за континуирано откопавање материјала. Карактеришу га висока продуктивност и поузданост рада (констатовано увидом у документацију Електропривреде Србије).



Слика 3.5. Роторни багер SRs1200.24/4+VR

Технологија рада багера

Конструктивне карактеристике багера предодређују висину копања. Дубина копања испод нивоа транспортера ограничена је максималним успоном траке роторног точка, тј. висином тачке вешања носача точка. [1]

Роторни багер најчешће ради у блоку. Багер се поставља у почетни положај тако да вратило роторног точка буде у висини горње ивице етажне, да висина откопног реза буде (1/2 до 3/4) пречника роторног точка, а ножеви кашика да додирују стенску масу. Затим се багер помера напред за дебљину реза, а истовремено се стрела роторног точка окреће према утоварној станици. У табели 3.1 приказане су основне димензије роторног багера SRs1200.24/4+VR, док су у табели 3.2 дате карактеристике роторног точка. [1]

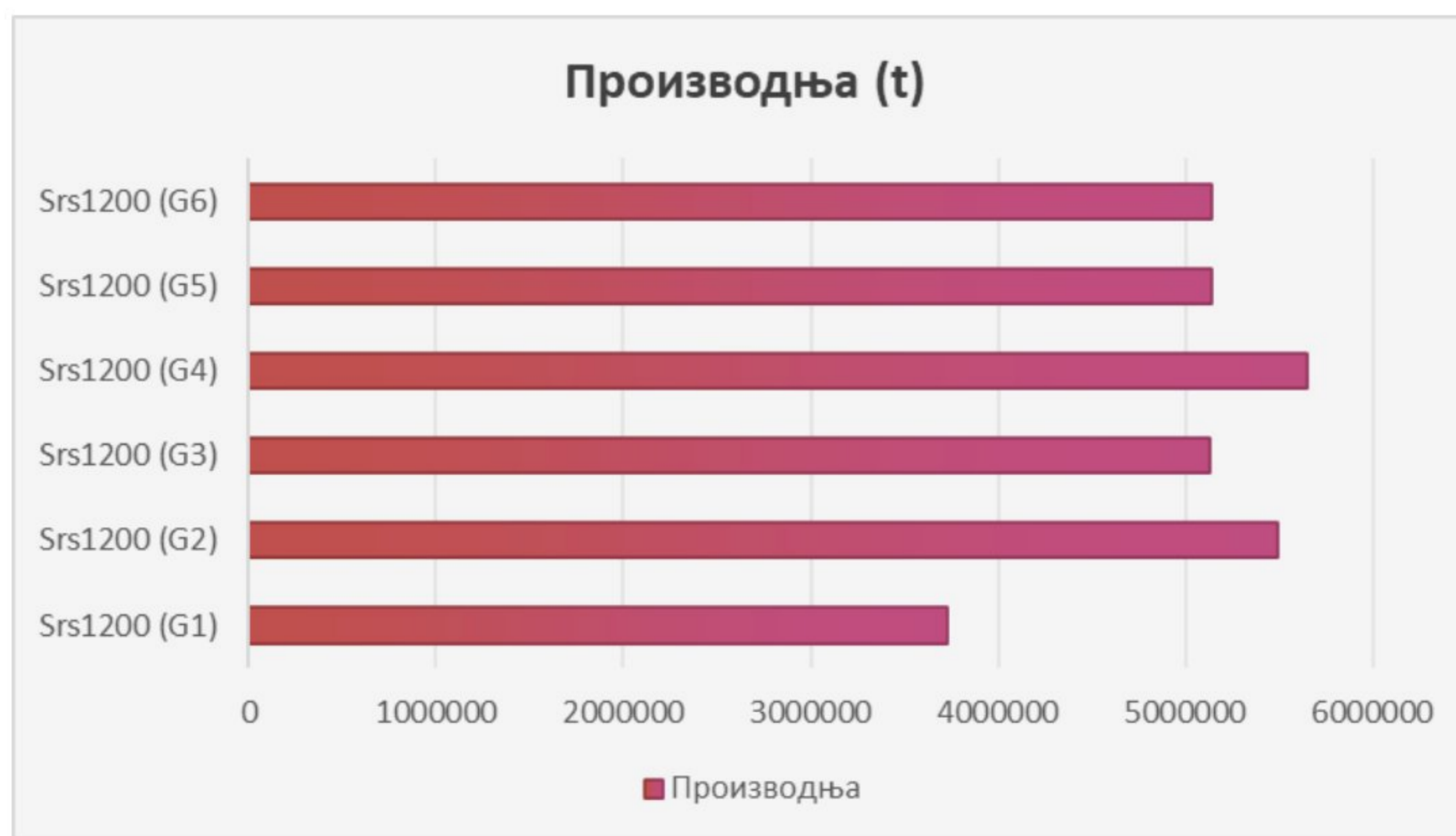
Табела 3.1. Димензије роторног багера SRs1200.24/4+VR [1]

Највећа дужина, [m]	98
Највећа ширина, [m]	24
Највећа висина, [m]	32
Истуреност пријемне стреле, [m]	36,5
Висина копања, [m]	24
Висина копања-изузетно, [m]	26
Дубина копања, [m]	4
Минимални радијус кривине, [m]	60

Табела 3.2. Карактеристике роторног точка [1]

Пречник роторног точка, [m]	8,2
Број ведрица	8
Запремина ведрице, [m ³]	0,8
Пуњење ведрице, [m ³]	1,2
Број истресања, [min ⁻¹]	48
Брзина резања, [m/s]	2,58

Дијаграм средње производње багера класе SRs1200 приказан је на слици 3.6.

**Слика 3.6.** Средња производња багера класе 1200 [14]

4. ПОСТУПЦИ ОБРАДЕ МЕТАЛА РЕЗАЊЕМ

Обрада метала резањем је технолошки поступак којим се материјал уклања са радног комада у облику струготине како би се добио жељени облик, димензије и површинска обрада. Постоји неколико главних поступака обраде метала резањем, укључујући *стругање, глодање, рендисање, бушење и брушење*. [11], [12], [13]

Стругање је процес у коме се материјал уклања са ротирајућег радног комада помоћу стругарског ножа. Главно кретање код стругања је ротационо кретање радног комада, док је помоћно кретање уздужно или попречно кретање алата. Стругање је погодно за обраду цилиндричних и конусних облика, као и за резање навоја. [11], [12], [13]

Глодање је процес у коме се материјал уклања помоћу ротирајућег алата, односно глодала, који има више резних ивица. Глодање се може изводити на различите начине, укључујући равно глодање, и профилно глодање. Овај поступак је погодан за обраду равних и профилисаних површина, као и за израду жлебова и зубаца.

Рендисање се користи за израду хоризонталних, вертикалних, нагнутих и профилисаних површина, израду жлебова у главчини, итд. [11], [12], [13]

Бушење је процес стварања кружних отвора у материјалу помоћу алата који се зове бургија. Бургија се ротира и притиска материјал, чиме се уклања струготина и формира отвор. Бушење може бити праћено проширивањем и развртањем како би се добила прецизнија димензија и боља површина отвора. [11], [12], [13]

Брушење је поступак fine завршне обраде површина помоћу абразивних алата, најчешће брусних точкова. Овај поступак се користи за уклањање малих количина материјала и постизање високе прецизности и квалитета површине. Брушење је посебно погодно за обраду тврдих и жилавих материјала. [11], [12], [13]

Обрада метала резањем је суштински важан процес у машинској индустрији јер омогућава прецизну производњу делова који се користе у различитим применама, од аутомобилске и ваздухопловне индустрије до производње алата и опреме. [11], [12], [13]

4.1. Обрада метала стругањем

Обрада метала стругањем је један од најважнијих технолошких поступака у машиноградњи. Подразумева уклањање слојева материјала са обратка одговарајућим резним алатом, при чему се добија жељени облик, димензије и квалитет површине. Стругање се користи за обраду ротационих делова као што су осовине, вратила, цилиндри, као и за израду навоја и других сложених облика. [15],[16], [17], [18]

Основни принцип стругања: [15],[16], [17], [18]

Основни принцип стругања је ротационо кретање обратка (*главно кретање*) и праволинијско кретање алата (*помоћно кретање*). Главно кретање одређује брзину резања, која је дефинисана као обимна брзина површине обратка (v , [m/min]). Брзина резања зависи од броја обртаја обратка (n , [o/min]) и његовог пречника (D , [mm]). Помоћно кретање одређује корак (s , [mm/o]), што представља растојање које алат пређе за један обрт обратка и брзину помоћног кретања (v_p , [mm/min]).

Параметри обраде стругањем: [15],[16], [17], [18]

Основни параметри који утичу на квалитет и продуктивност стругања су брзина резања (v), корак (s) и дубина резања (a). Брзина резања се бира у зависности од материјала обратка и алата, као и од захтева за квалитетом површине. Обично се креће од 30 до 300 [m/min] за различите врсте челика и других материјала. Корак се бира на основу захтева за продуктивношћу и квалитетом обраде, док дубина резања одређује количину материјала која се уклања у једном пролазу.

Врсте стругања: [15],[16], [17], [18]

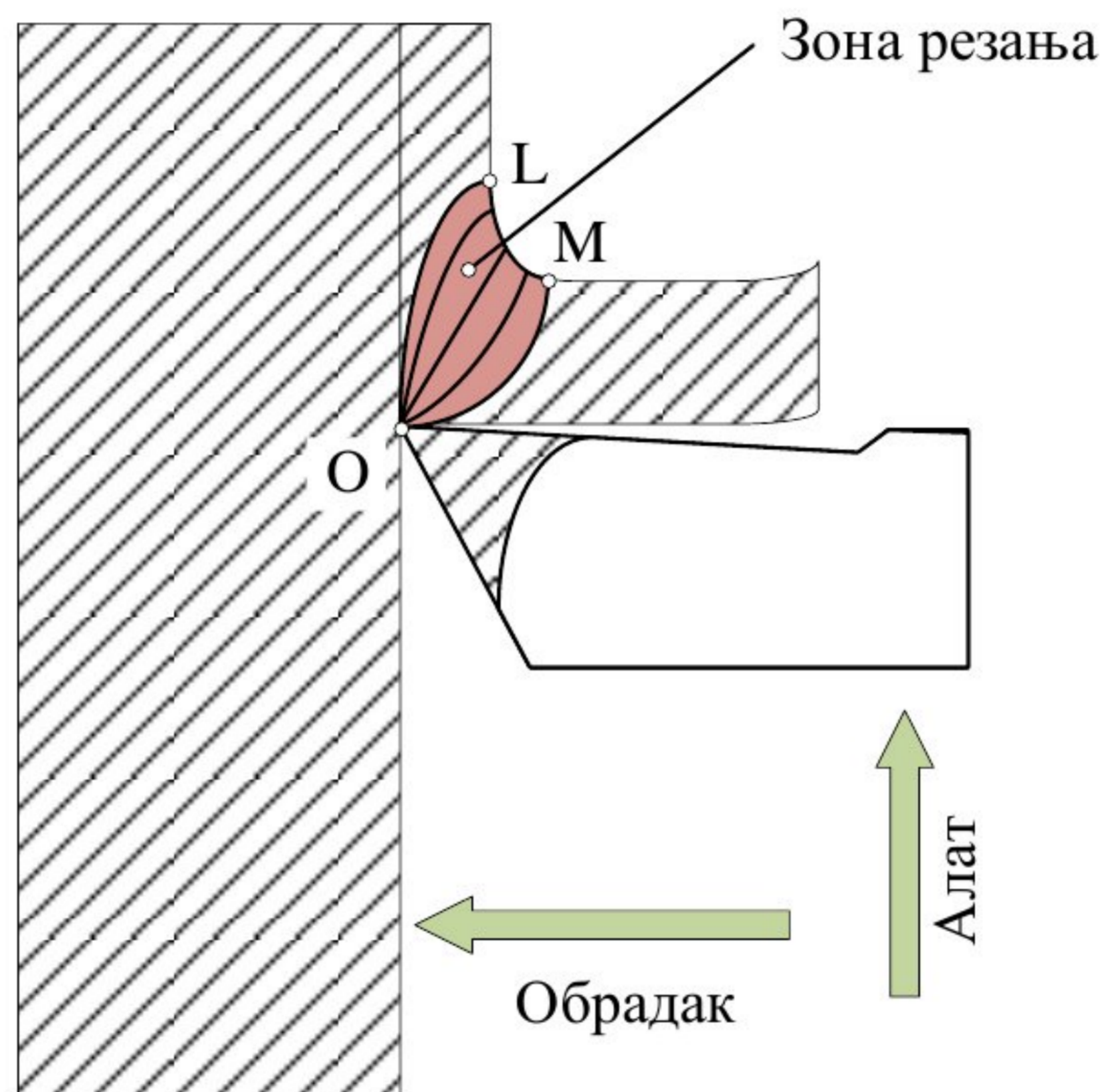
Уздужно стругање – алат се креће дуж осе ротације обратка, чиме се обрађују спољашње и унутрашње цилиндричне површине.

Попречно стругање – алат се креће праволинијски на осу ротације обратка, чиме се обрађују равне и конусне површине.

Профилно стругање – алат се креће дуж унапред дефинисане путање, чиме се добијају сложени облици површина.

4.1.1. Стварање и врсте струготине

Алат, који грудном површином делује на сваки елементарни део материјала обратка који скида, прво га еластично деформише, а затим и пластично, и то уједној локалној зони, зони резања, стварајући струготину. С обзиром да је еластично деформисање незнатно у односу на пластично, то је процес резања локално пластично деформисање са раздвајањем по одређеним површинама. Зона ограничена криволинијским троуглом OLM (слика 4.1.) представља зону резања или зону стварања струготине. То је, у ствари, локална зона између материјала обратка и струготине у којој се непрекидно врши пластично деформисање и одвајање материјала. [15]



Слика 4.1. Границе зоне резања [2]

На процес стварања струготине утиче врло велики број значајних фактора, те постоје више врста струготине. Зависно од тога који фактор у датим условима доминантан, добија се одређени тип или врста струготине. На процес стварања струготине утиче низ фактора који су приказани на слици 4.2. [15]



Слика 4.2. Фактори који утичу на стварање струготине [15]

При обради резањем сви метали, зависно од облика добијене струготине, могу се поделити у две групе. У првој групи су сви крти метали (сиви лив и бакарне легуре) код којих се при резању добија кратка дробљена струготина. При обради ових метала не постоји проблем одвођења струготине из зоне резања. У другу групу спадају сви челици, код којих се при обради добијају различите врсте повезане или изломљене струготине. [15]

Општа подела струготине је на *кидану*, *резану* и *тракасту*. Данас се облици струготине могу детаљније класификовати у десет различитих врста, три групе, а према критеријумима који се односе на безбедност радника, транспорт струготине и могућност оштећења обрађене површине или неког другог елемента обрадног система. Неке од врста струготине су: дуга глатка, згужвана, завојна, завојна цилиндрична, кратка цилиндрична, спирална, итд. [15]

4.1.1.1. Машине алатке

Машине алатке су кључни елементи у процесу производње у индустрији. Оне омогућавају обраду материјала на прецизан и ефикасан начин, чиме се постиже висок ниво производности и квалитета производа,. машине алатке су разноврсне и прилагођене специфичним потребама различитих индустрија, што омогућава широку примену у различитим секторима, од аутомобилске и авиоиндустрије до производње електронике и медицинских уређаја. [15],[16], [17], [18]

Ове машине се користе за различите операције обраде материјала, укључујући сечење, бушење, брушење, глодање, стругање и многе друге. Свака од ових операција захтева специфичну машину алатку прилагођену потребама процеса обраде. На пример, стругови се користе за обраду ротационих делова, попут осовина и вратила, док се глодалице користе за израду комплексних геометрија на радним комадима. [15],[16], [17], [18]

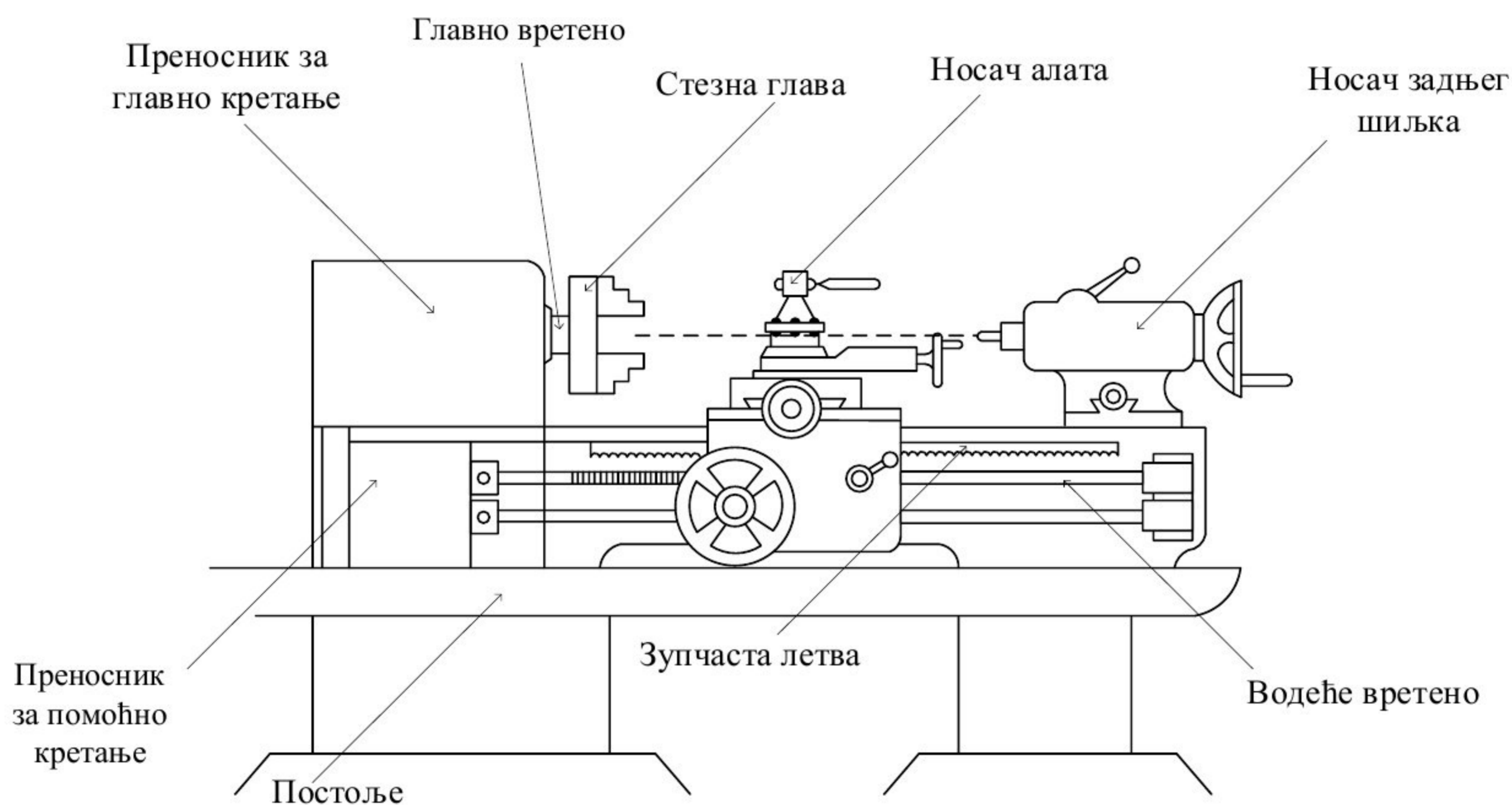
Напредак технологије довео је до развоја CNC машина алатки, које се контролишу рачунарски и омогућавају аутоматско извршавање различитих операција обраде материјала. Ове машине су високо прецизне и ефикасне, често се користе у серијској производњи где је потребна конзистентност и поновљивост процеса.

Важно је истаћи да правилно одржавање машина алатки има кључну улогу у очувању њихове функционалности и продужењу радног века. Редовно подмазвање, подешавање и замена делова су неки од корака који се предузимају како би се осигурало оптимално функционисање машина. [15],[16], [17], [18]

Уз стални развој технологије и иновација у области машина алатки, очекује се даљи напредак у ефикасности и прецизности обраде материјала, што ће допринети унапређењу индустријске производње широм света. [15],[16], [17], [18]

4.1.1.1. Струг

Струг је машина алатка која се користи за обраду радних комада током процеса стругања. Омогућава прецизно и ефикасно обрађивање различитих типова материјала, укључујући метале, пластику и дрво. Примарна функција струга је обликовање радних комада путем ротације обратка и помицања резне оштрице у различитим правцима. На слици 4.3 приказан је универзални струг.



Слика 4.3. Схематски приказ универзалног струга

Према слици 4.3, основни делови струга су: постоље, преносник за главно кретање, главно вретено, носач задњег шиљка, носач алата, зупчаста летва, погонски електромотор, преносник за помоћно кретање. [15]

На главно вретено се поставља стезна глава, или се у конус главног вретена поставља шиљак, па се често универзални струг назива и *струг са шиљцима*.

Главно обртно кретање које изводи главно вретено остварује се погонским електромотором преко зупчастог преносника за главно кретање, где се помоћу управљачких ручица ручно бира жељени број обрта. [15]

Помоћно праволинијско кретање, уздужно и попречно, остварује се погоном главног вретена преко преносника за помоћно кретање. Носач алата може остварити различите брзине помоћног кретања, односно различите кораке, променом обртаја водећег или вучног вретена. Водеће вретено, у ствари завојно вретено, користи се при изради завојница, када је потребна тачна зависност између главног и помоћног кретања, док се вучно вретено користи при извођењу свих осталих захвата. Кретање носача алата помоћу водећег вретена изводи се помоћу дводелне навртке. Вучно вретено је изведено са уздужним жљебом и променљивим клином, где се, даље, преко једног пужног преносника и зупчасте летве саопштава уздужно померање носачу алата. [15]

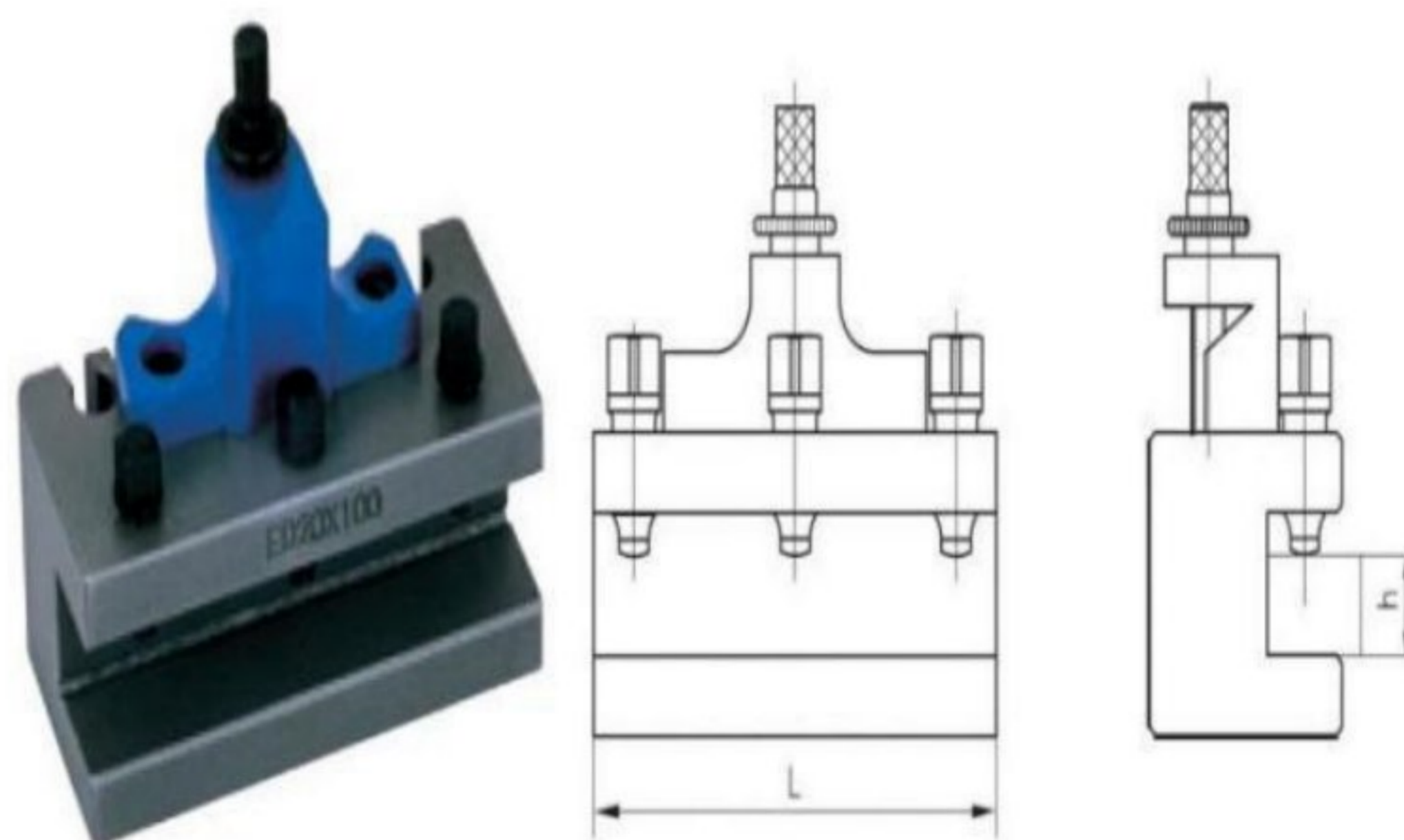
Главно вретено је један од кључних делова струга, одговорно за ротацију обратка током процеса стругања. Оно обезбеђује главно кретање које је неопходно за одвијање процеса обраде. Вретено је повезано са погонским системом који може бити електромотор, а код модерних CNC стругова, управљање вretenом је компјутеризовано ради постизања високе прецизности и контроле брзине. [15],[16], [17], [18]

Вретено мора бити израђено од материјала високе чврстоће и жилавости да би издржало велика оптерећења и динамичке силе које се јављају током обраде. Често се користе легирани челика, који пружају добру комбинацију чврстоће и отпорности на хабање. [15],[16], [17], [18]

Вретено је опремљено лежајевима високе прецизности који омогућавају глатку и стабилну ротацију, минимизирајући вибрације и одржавајући квалитет обраде. Дизајн вретена укључује систем за фиксирање обратка, као што су чауре или стезне главе, који омогућавају сигурно држање обратка током процеса. Овај систем мора бити довољно флексибилан да омогући брзу замену обратка, али и довољно чврст да спречи било какво померање током обраде. Модерни стругови често користе хидрауличне или пнеуматске системе за стезање, који обезбеђују конзистентну силу и повећавају продуктивност. [15],[16], [17], [18]

Функција *носача алата* је да држи алат стабилно и осигура да се он креће дуж предвиђених путања, омогућавајући тачну и конзистентну обраду материјала. Носач алата (слика 4.4.) је обично направљен од висококвалитетних материјала, као што су легирани челици, који обезбеђују дуготрајност и отпорност на хабање. У модерним струговима, носач алата је често дизајниран са могућношћу брзе замене алата, што значајно смањује време припреме и повећава продуктивност. Ова функционалност је посебно важна у производним окружењима где је потребно брзо прилагођавање различитим типовима обраде.

Носачи алата могу бити ручни или аутоматизовани, при чему аутоматизовани системи омогућавају промену алата без потребе за заустављањем машине. [15],[16], [17], [18]



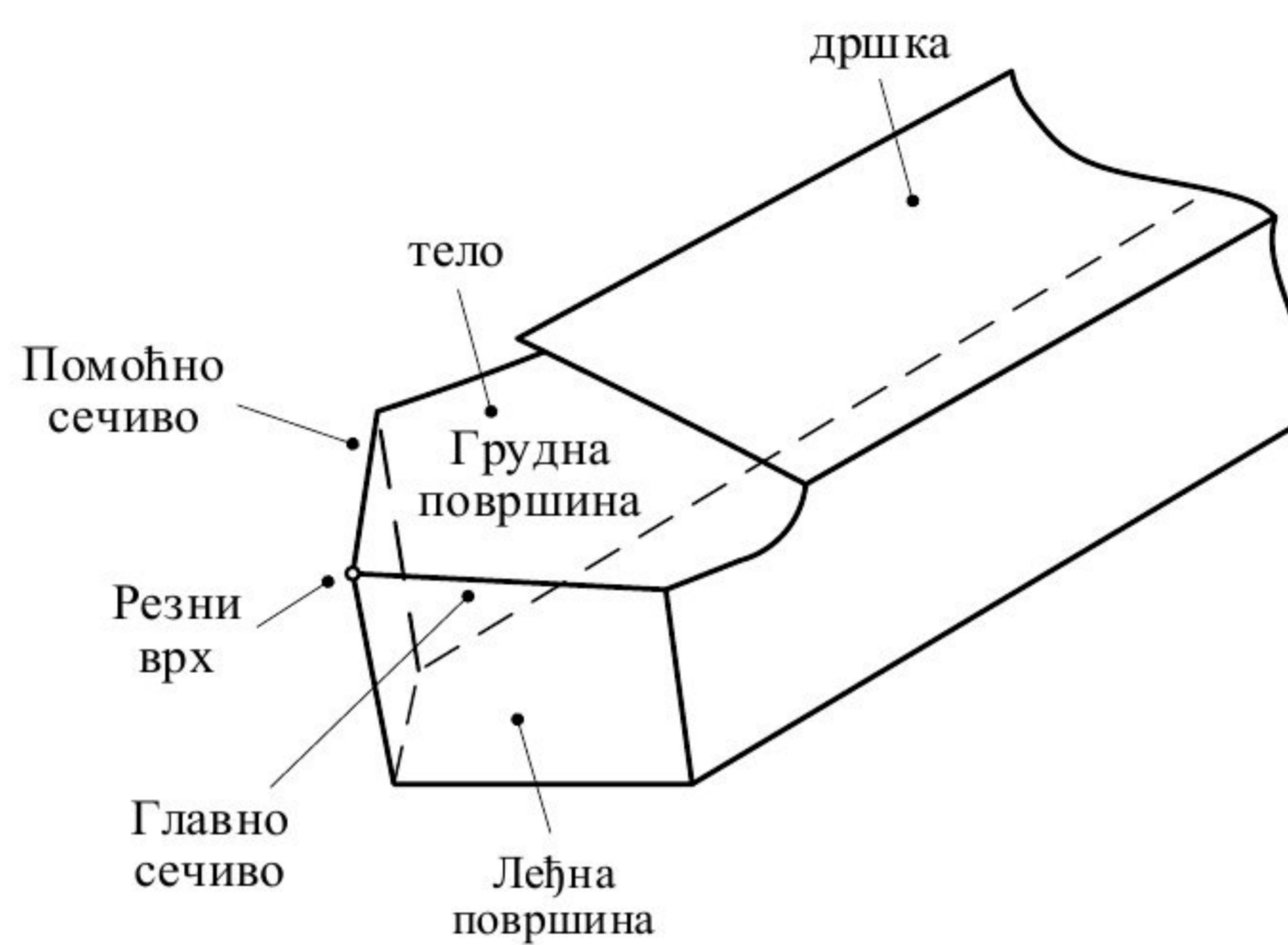
Слика 4.4. Носач алата

Носач алата је често опремљен механизмима за фино подешавање положаја алата. Ово омогућава оператерима да прецизно подесе дубину резања, угао резања и друге параметре који утичу на квалитет обраде. [2], [11], [12], [13]

Могу бити фиксни или ротациони, у зависности од врсте обраде која се изводи. Фиксни носачи се обично користе за уздужну и попречну обраду, док се ротациони носачи користе за сложеније операције, као што су израда навоја или профилно стругање. [15],[16], [17], [18]

Стругарски нож (слика 4.5.) је основни алат који се користи у процесу стругања за уклањање материјала са обратка и добијање жељеног облика и квалитета површине.

Израђен је од висококвалитетних материјала, попут брзорезног челика или тврдог метала (карбидне плочице), што омогућава дуготрајност и ефикасност током обраде. Стругарски ножеви су пројектовани да издрже високе температуре који се јављају током процеса резања, обезбеђујући конзистентност и прецизност обраде.



Слика 4.5. Стругарски нож [15]

Облик и геометрија стругарског ножа има утицај на квалитет обрађене површине. Постоји неколико типова стругарских ножева, укључујући грубе ножеве за почетно уклањање материјала, финише за завршну обраду површина, као и специјализоване ножеве за навоје и профилну обраду.

Сваки тип ножа има специфичну геометрију резног дела, која укључује угао резања, угао заостравања и радијус врха, што утиче на карактеристике резања и квалитет обрађене површине. [15],[16], [17], [18]

Монтажа стругарског ножа у носач алата мора бити одговарајућа, како би се избегле вибрације које могу утицати на квалитет обраде. Позиционирање ножа је такође критично; нож мора бити постављен у тачној висини централне осе обратка да би се постигао оптималан резни учинак и смањено ризик од ломљења алата.

Правилно позиционирање и учвршћивање ножа доприносе вишем квалитету обраде и дужем веку трајања алата. [15],[16], [17], [18]

Поред спољашњих и унутрашњих цилиндричних површина, на универзалним струговима се обрађују и спољашње и унутрашње конусне површине. Обрада конуса на универзалним струговима може се извести на три начин:

- попречним померањем носача задњег шиљка,
- заокретањем малог клизача са држачем алата,
- применом копирног лењира.

Ове машине су обично опремљене савременим технолошким функцијама, укључујући CNC (компјутерски нумерички контролисане) системе који омогућавају аутоматску и прецизну обраду радних комада. [15],[16], [17], [18]

Процес обраде на стругу обухвата постављање припремка на стругарски сто и фиксирање истог помоћу шиљака на оба краја стола. Затим се стартује машина и резна оштрица почиње да се креће у дужини обратка, обликујући га према потребним димензијама и облицима. Ово може укључивати различите операције као што су округло стругање, бочно стругање. Стругови су од изузетног значаја у производној индустрији, обезбеђујући могућност израде разноврсних делова са високом прецизношћу и квалитетом. Они су неопходни у процесу одржавања рударских система јер се не може извести ремонт или обрада вратила без струга.

Основне врсте стругова су: [15],[16], [17], [18]

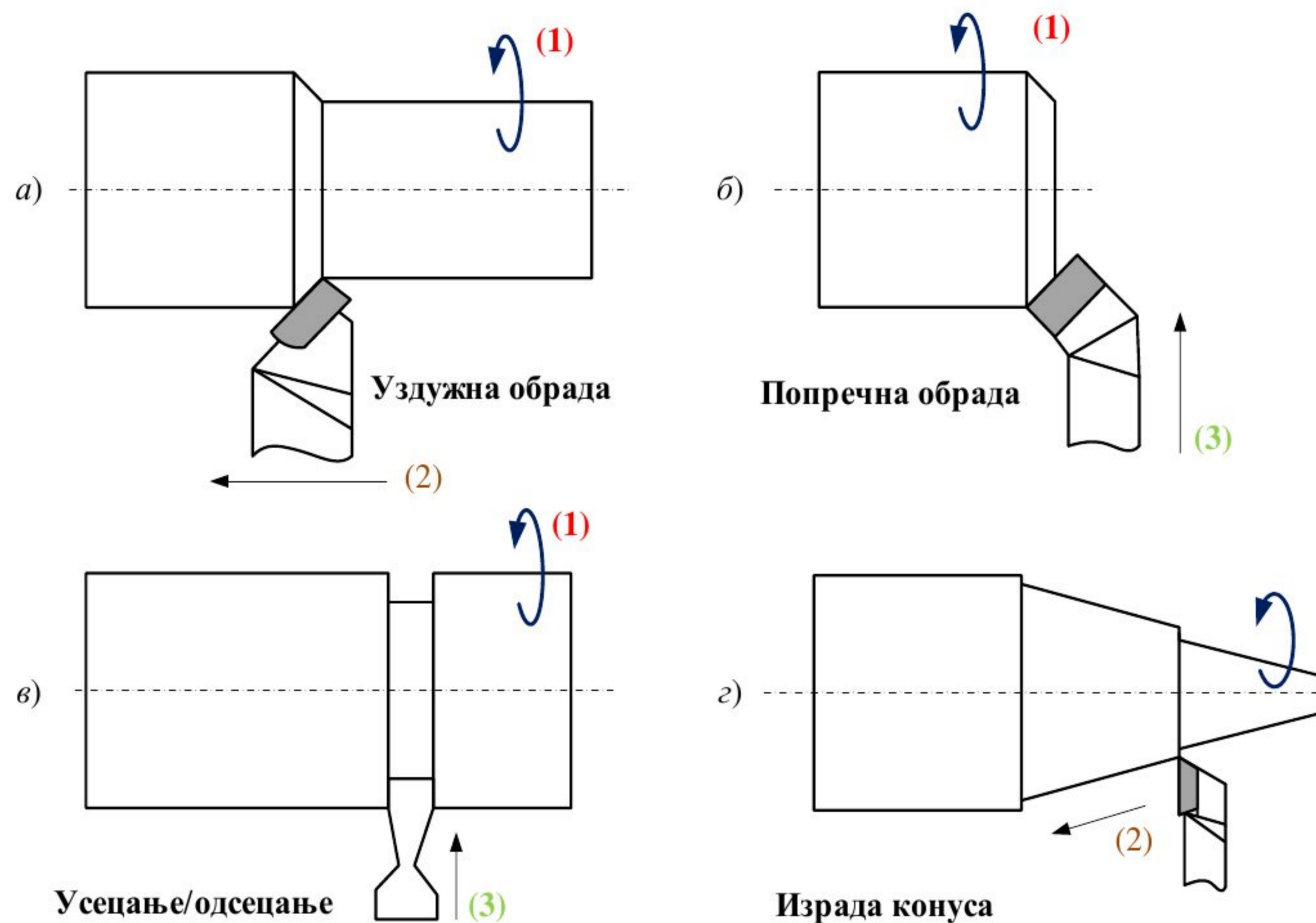
Универзални стругови: користе се за широк спектар операција, укључујући цилиндрично и конусно стругање, бушење, израду навоја, итд.

CNC стругови: рачунарски нумерички контролисани стругови који омогућавају високу прецизност и аутоматизацију процеса.

Вертикални стругови: користе се за обраду великих и тешких обрадака који се не могу лако ротирати хоризонтално.

Редовно одржавање и оштрење стругарских ножева је неопходно за одржавање њихове ефикасности. Туп нож повећава силе резања и генерише више топлоте, што може довести до оштећења обратка и смањења продуктивности. Оштрење се врши на специјалним брусилицама, а угао оштрења и техника морају бити прецизно одређени како би се очувала пројектована геометрија ножа и његове перформансе. [15],[16], [17], [18]

Обрада стругањем је поступак обраде првенствено ротационих делова (осовина, вратила, итд.). При извођењу процеса обраде, главно обртно кретање изводи *обрадак*, а помоћно, праволинијско кретање изводи *алат – стругарски нож*. [15],[16], [17], [18]

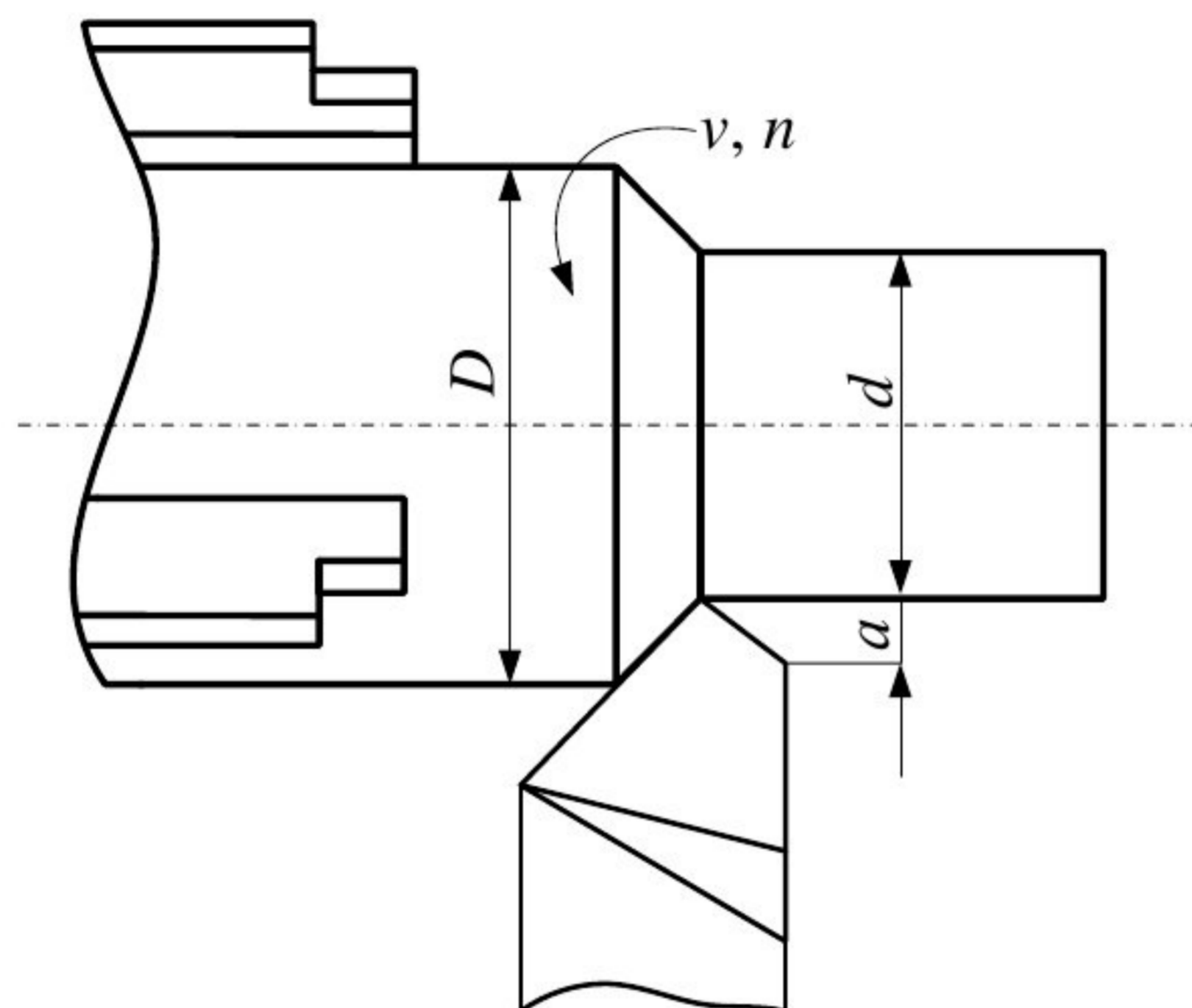


Слика 4.6. Типови стругања [15],[16], [17], [18]

Главно кретање (1) је дефинисано брзином резања (v , [m/min]) - бројем обртаја обратка (n , [o/min]).

Помоћно кретање (2) је одређено кораком (s , [mm/o] - аксијално померање алата за један обрт предмета обраде) и брзином помоћног кретања (v_p , [mm/min]).

Тачност обраде је степен подударности (блискости) обрађених делова и модела дефинисаног конструктивно-технолошком документацијом. На слици 4.7 приказани су технолошки параметри при обради делова стругањем. [2]



Слика 4.7. Технолошки параметри обраде при обради стругањем [15]

Условљена је захтевима техничке документације (облик, димензије, класа тачности, одступања и сл.), функционалност, заменљивост делова и склопова. Основни циљ економичне производње, са минималним трошковима обраде, је производити делове само онолико колико је потребно, а не колико је могуће. Грешке обраде су случајног карактера, ретко систематског и не могу се унапред предвидети. Правилним избором технологија и параметара обраде могу се свести на минимум, у границе дозвољених одступања. Храпавост обрађене површине чине неравнине код којих је однос корака ($s = 2-800 \mu\text{m}$) и висине неравнина ($H = 0,03-400 \mu\text{m}$) испод 40. [15]

Табела 4.1. Корелација између метода обраде и класе храпавости [15]

Метода обраде		Класе храпавости											
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
		Граничне вредности R_a [μm]											
Стругање	Захват	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
	грубо												
	фино												
Рендисање	грубо												
	фино												
Бушење													
Проширивање													
Развртање	грубо												
	фино												
Обимно глодање	грубо												
	фино												
Чеono глодање	грубо												
	фино												
Простругивање	грубо												
	фино												
Сечење													
Провлачење													
Равно брушење	грубо												
	фино												
Округло брушење	грубо												
	фино												

Храпавост обрађене површине (табела 4.1.) је скуп свих неравнина које образују рељеф површине у границама одабраног исечка такве величине да су елиминисане грешке облика и валовитости. Зависи од услова резања, облика алата, стања резних ивица алата, хабања резних елемената алата, вибрација, крутости елемената система. Разликује се попречна и уздужна храпавост. [15]

Табела 4.2. Корелација између толеранција мера и класе храпавости [15]

Ознаке класе ISO толеранције	Класа храпавости и одговарајуће вредности R_a [μm] за подручје називних мера у [mm]				
	до 3	изнад 3 до 18	изнад 18 до 80	изнад 80 до 250	изнад 250
IT 5	N3 0,1	N4 0,2	N5 0,4	N5 0,4	N6 0,8
IT 6	N4 0,2	N5 0,4	N5 0,4	N6 0,8	N6 0,8
IT 7	N5 0,4	N5 0,4	N6 0,8	N7 1,6	N7 1,6
IT 8	N5 0,4	N6 0,8	N7 1,6	N7 1,6	N8 3,2
IT 9	N6 0,8	N6 0,8	N7 1,6	N8 3,2	N9 6,3
IT 10	N7 1,6	N7 1,6	N8 3,2	N9 6,3	N9 6,3
IT 11	N7 1,6	N8 3,2	N9 6,3	N9 6,3	N10 12,5
IT 12	N8 3,2	N8 3,2	N9 6,3	N10 12,5	N11 25
IT 13	N10 12,5	N9 6,3	N10 12,5	N11 25	N11 25
IT 14	N10 12,5	N10 12,5	N11 25	N11 25	N12 50
IT 15	N10 12,5	N10 12,5	N11 25	N12 50	- 100

Параметри храпавости обрађене површине

За праћење храпавости обрађене површине постоји више од 30 параметара. Према JUS стандардима (JUS M. A1. 020) параметри храпавости се деле на: основне и допунске.

Три основна параметра храпавости су:

R_a - средње аритметичко одступање профила од средње линије профила,

R_z - средња висина неравнина, и

R_{max} - максимална висина неравнина. [2]

5. АЛГОРИТАМ ИЗРАДЕ МАШИНСКИХ ДЕЛОВА СТРУГАЊЕМ

Обрадни процеси, као основне функције обрадних система, представљају основну технолошку компоненту технологије машиноградње, те од њиховог правилног постављања и компоновања у технолошки процес, располажући неопходним средствима за производњу, првенствено зависи испуњење техничко-технолошких захтева које конструктор поставља. [19]

Технолошки систем садржи комплекс или скуп чињеница у којима се од полуфабриката или других сировина добијају готови делови или склопови. Састоји се од једног или више обрадних система или машина алатки које изводе скуп одређених операција које представљају обрадни процес. [19]

У оквиру обрадног процеса могу се дефинисати:

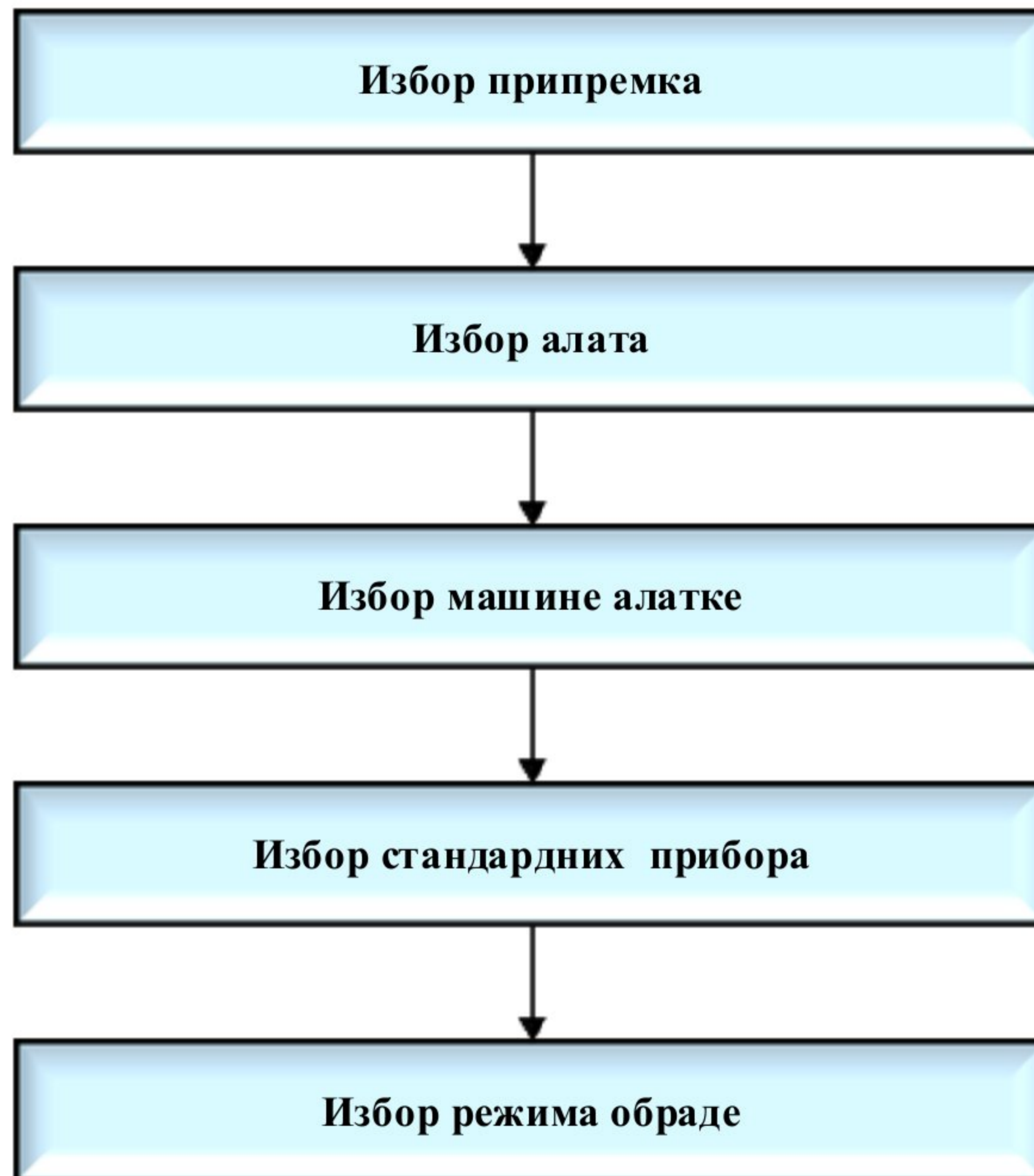
- операција,
- захват, и
- пролаз.

Операција садржи скуп директних и помоћних дејстава на обрадак у једном обрадном систему, који омогућује завршетак једне целине обрадног процеса. Најчешће је то поновљив део обрадног процеса. [19]

Захват је основна или директна елементарна операција, односно, то је извршно или директно дејство алата на обрадак у оквиру операције, а представља основни технолошки елемент обрадног процеса. Иначе, то је процес добијања једне нове површине једним одговарајућим алатом према постављеним техничким захтевима. [19]

Пролаз је део захвата који се односи на скидање једног слоја материјала са једним алатом и то при одређеном померању. Последњим пролазом завршава се захват и процес формирања и обраде одређене површине. [19]

Пројектовање обраде машинских делова на стругу, обухвата пројектовање обрадних или технолошких процеса. У формализованој процедури садржи низ активности које су приказане на слици 5.1. [19]



Слика 5.1. Низ активности пројектовања при обради стругањем [19]

5.1. Избор припремка

Припремак је полазни материјал, *полуфабрикат* или *сировина*, који се трансформацијом у обрадном процесу претвара у *израдак*, односно *готов део*. [15]

Полазни припремци за обраду резањем, према претходној технологији производње могу се поделити у три групе, и то:

- *одливци*: од сивог лива, челичног лива и обојених метала,
- *откивци*: добијени сабијањем на чекићима или пресама, и
- *ваљани и вучени полуфабрикати*: челици (хладно вучени и вруће вучени) и обојени метали.

Одливци се користе као припремци за делове сложене конструкционе конфигурације, који у експлоатацији нису оптерећени на савијање и истезање. Припремци од полуфабриката (округлог, квадратног, правоугаоног, цевастог и других попречних пресека) користе се за израду делова од шипкастог или претходно на одређену дужину исеченог материјала. У овом случају попречни пресек изратка или готовог дела треба по облику да буде сличан попречном пресеку припремка. [15]

5.1.1. Додатак за обраду

Додатак за обраду представља слој материјала који треба да омогући за сваки захват најмању дубину резања која обезбеђује елиминисање грешака претходне обраде или претходног захвата. На величину додатка утиче велики број фактора са различитим степеном утицаја од којих су најважнији: [15]

- материјал припремка,
- мере и конструкциона конфигурација дела,
- облик и метода добијања припремка,
- тип производње (појединачна, серијска, масовна),
- технолошки услови обраде,
- технички захтеви у погледу квалитета обраде.

Додатак за сваки захват односи се на површину која се обрађује. Следи да се додатак за цилиндричну површину односи на пречник, при грубој и финој обради и при обради чеоних површина, где се са обе стране обратка додаје једна половина додатка. Сходно томе, могуће је навести следеће додатке за обраду: [15]

➤ **за цилиндричну површину пречника d и дужине l**

➤ δ'_1 , додатак за грубо стругање,

➤ δ'_2 , додатак за фино стругање,

➤ **за цилиндричну површину пречника D и дужине L**

➤ δ_1 , додатак за грубо стругање,

➤ δ_2 , додатак за фино стругање,

➤ **за чеону равну кружну површину пречника d**

➤ δ'_{1p} , додатак за грубо стругање,

➤ δ'_{2p} , додатак за фино стругање,

➤ **за чеону равну прстенасту површину D/d**

➤ δ_{1p} , додатак за грубо стругање,

➤ **за чеону равну површину пречника D**

➤ δ_{1p} , додатак за грубо стругање,

➤ B , ширина ножа за одсецање.

На основу додатака даље се одређују рачунске мере припремка и то: [15]

$$d' = d + \delta'_1 + \delta'_2 \quad (5.1.)$$

$$D' = D + \delta_1 + \delta_2 \quad (5.2.)$$

$$L' = L + \delta_{1p} + \delta'_{1p} + (B) + \delta'_{2p} \quad (5.3.)$$

$$l' = l + \delta'_{1p} + \delta'_{2p} - \delta_{1p} \quad (5.4.)$$

5.2. Отпор и снага резања

Резултујући отпор резања F_r се разлаже на три компоненте: [15]

F_1 - главни отпор,

F_2 - отпор продирања, и

F_3 - отпор помоћног кретања.

Одређује се на следећи начин: [15]

$$F_r = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2} \quad (5.5.)$$

Отпори резања зависе од услова обраде, технолошких и геометријских параметара резања, геометрије алата, итд. За оријентациони прорачун компоненти резултујућег отпора резања у обради стругањем најчешће се користе израз: [15]

$$F_i = C_{ki} \cdot a^{x_i} \cdot s^{y_i} \quad (5.5.1.)$$

где су:

- C_{ki} , x_i и y_i - константа и експоненти отпора резања,
- a , [mm] - дубина резања, и
- s , [mm/o] - корак.

Снага машине алатке у обради стругањем: [15]

$$P = \frac{F_1 \cdot v}{1000 \cdot 60 \cdot \eta} = \frac{F_1 \cdot v}{60 \cdot 10^4} \quad (5.6.)$$

где је:

η – степен искоришћења снаге погонског мотора машине алатке.

5.3. Избор операција и захвата

У табели 5.1. дати су типски захвати за обраду стругањем и на који начин се одређује време обраде за наведене захвате.

Табела 5.1. Типски захвати у обради стругањем [19]

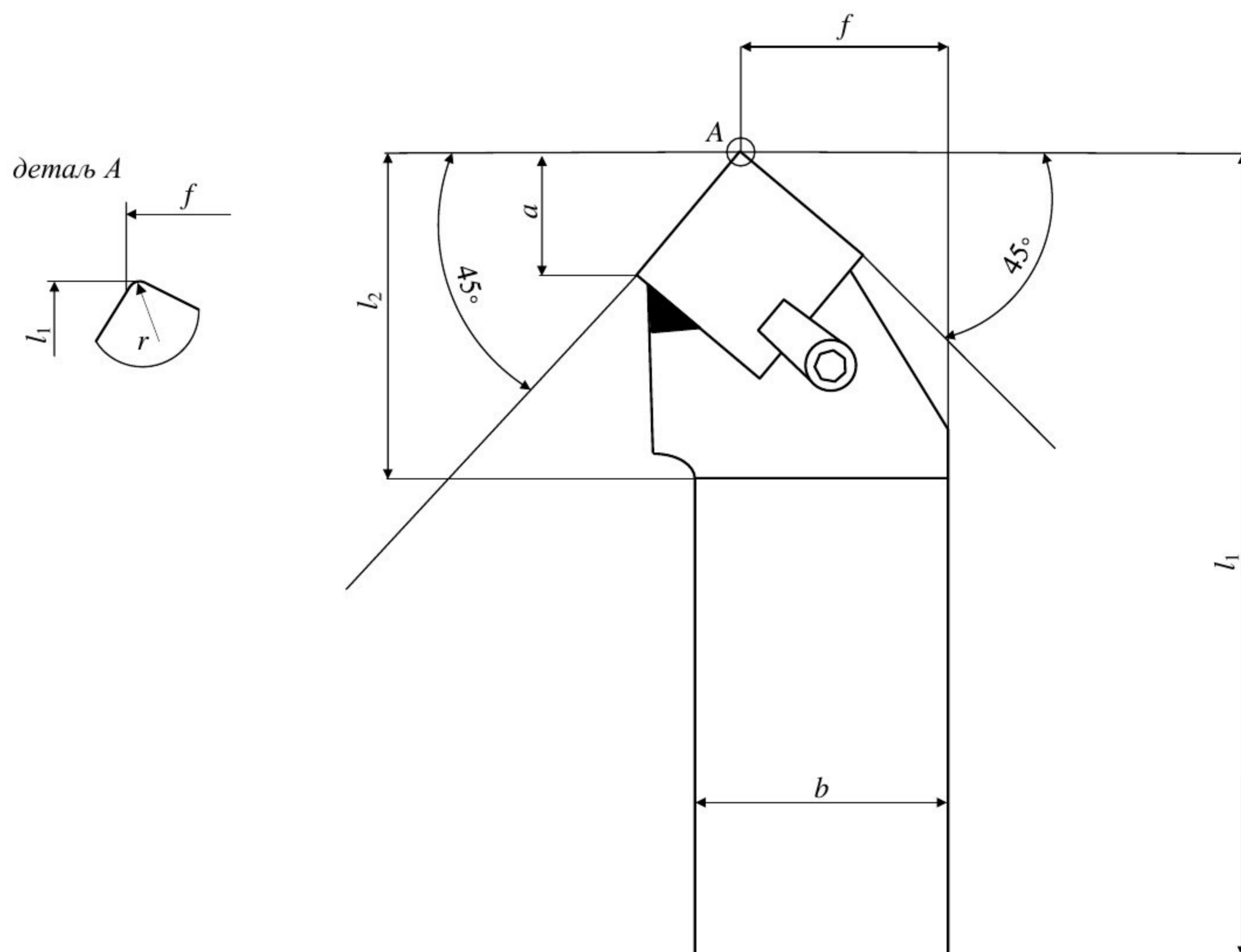
Назив захвата	Скица захвата	Главно време, t_g
Грубо (фино) уздужно стругање спољашње цилиндричне површине, пречника d и дужине l .		$t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = i \cdot \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s}$ $l_1 = \frac{a}{\text{tg}k_r} + (0.5 \div 2)$ $l_2 = 1 \div 3$
Грубо (фино) уздужно стругање спољашње цилиндричне површине, пречника d и дужине l .		$t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = i \cdot \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s}$ $l_1 = 0.5 \div 2$ $l_2 = 0$
Грубо (фино) уздужно стругање спољашње цилиндричне површине пречника d и дужине l .		$t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = i \cdot \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s}$ $l_1 = \frac{a}{\text{tg}k_r} + (0.5 \div 2)$ $l_2 = 0$
Грубо (фино) попречно стругање, чеоне равне кружне површине, на пречнику D .		$t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = i \cdot \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s}$ $l_1 = \frac{a}{\text{tg}k_r} + (0.5 \div 2)$ $l = \frac{D}{2}$ $l_2 = 0.5 \div 2$
Грубо (фино) попречно стругање, чеоне равне прстенасте површине на пречнику $D-d$.		$t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = i \cdot \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s}$ $l_1 = \frac{a}{\text{tg}k_r} + (0.5 \div 2)$ $l = \frac{(D - d)}{2}$ $l_2 = 0.5 \div 2$

5.4. Избор алата

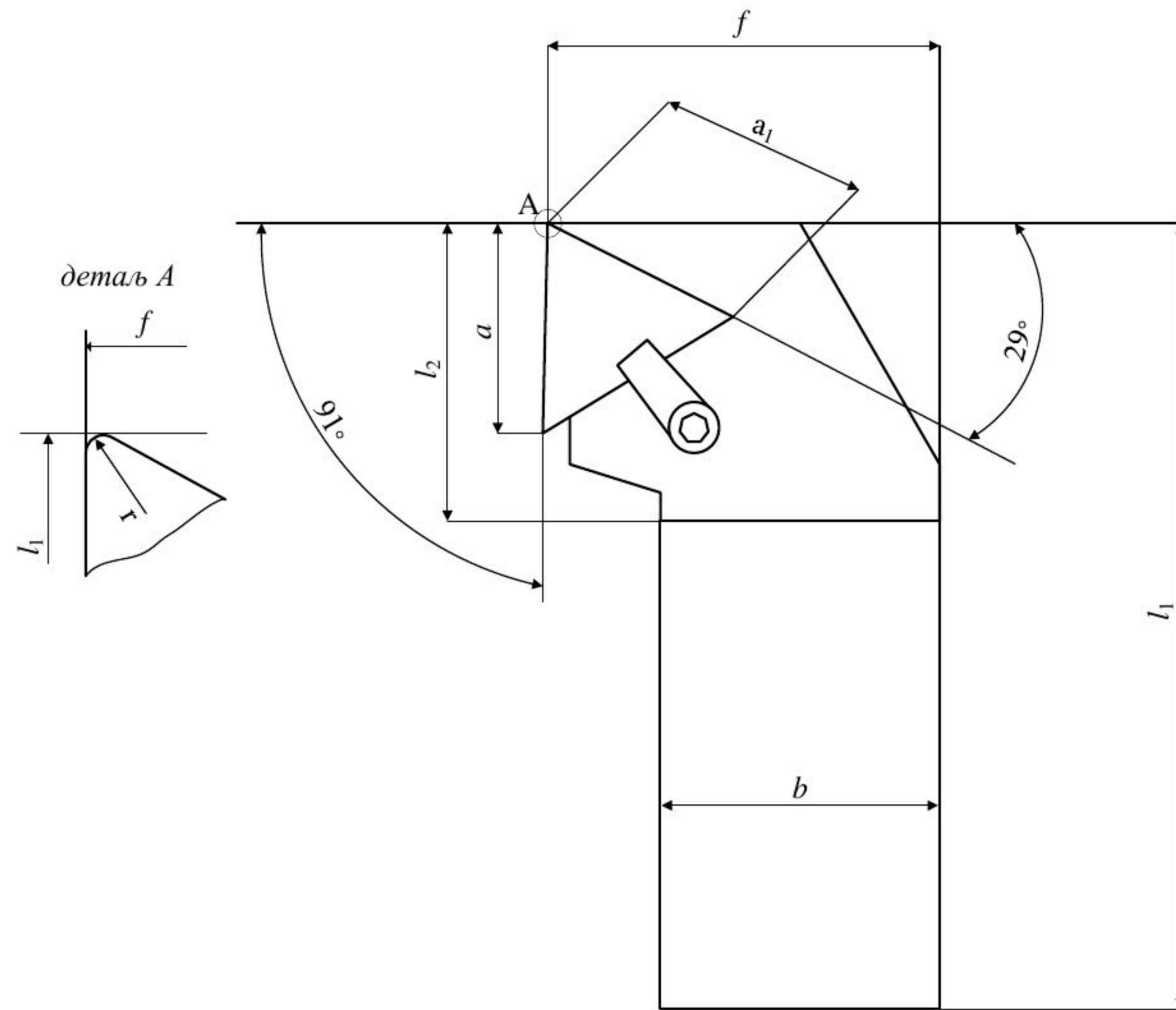
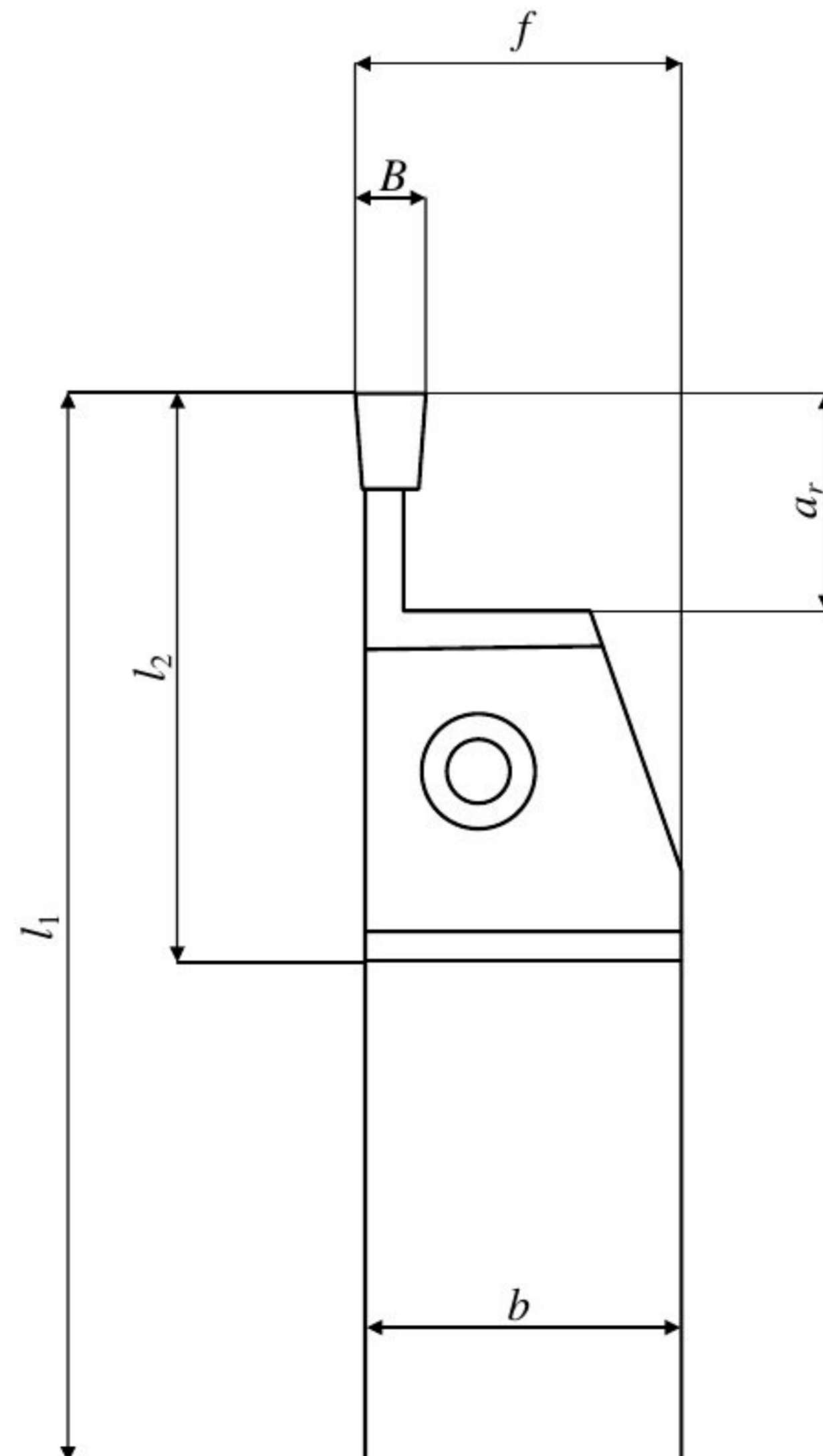
Резни алат је део обрадног система резања, који директно делује на обрадак скидајући слој материјала (струготину) и извршавајући процес резања.

Облик, мере, материјал резног алата зависе од методе обраде и других технолошких услова. Резни алат данас представља важан, скоро критичан технолошки елемент обрадног система, пошто од њега зависе излази из обрадног система: *квалитет, тачност, производност, економичност обраде*. [19]

Сагласно типским захватима, за сваки захват или групе захвата, а у зависности од техничких, технолошких и економских услова бирају се одговарајући алати. Данас су у примени, алати од *брзорезног челика, тврдог метала и керамике*. За сваки типски захват, бира се одговарајући нож, водећи рачуна да укупан број различитих ножева за обраду једног дела буде минималан. Примери држача алата примењених у захватима су дати на сликама 5.2, 5.3 и 5.4. [19]



Слика 5.2. Држач алата **CSDP** [19]

Слика 5.3. Држач алата **CTGP** [19]Слика 5.4. Држач алата **FC51.22** [19]

5.5. Режији обраде у обради стругањем

Режими обраде стругањем представљају скуп технолошких параметара који дефинишу услове у којима се врши процес резања материјала.

Избор режима обраде зависи од више фактора, укључујући врсту материјала, геометрију и величину обратка, квалитет и тип алата, као и захтеве за квалитетом обрађене површине. Правилно одабрани режими обраде омогућавају оптималну комбинацију продуктивности и квалитета обраде. Елементи режима обраде од којих највише зависи производност процеса су: [19], [15]

- брзина резања, v ,
- корак, s ,
- дубина резања, a .

Брзина резања v у обради стругањем представља обимну брзину предмета обраде. Дефинисана је за максималну вредност пречника обраде D .

Корак s представља пређени пут ножа за један обртај обратка, односно главног вретена струга и износи: [19], [15]

$$s = \frac{\pi \cdot D}{n} \quad (5.7.)$$

где су:

- s – корак, [mm/o],
- D – пречник обраде, [mm], и
- n – број обртаја главног вретена струга, [o/min].

Избор корака у обради стругањем обухвата: проучавање производне операције, избор препоручене вредности корака и проверу и коначни избор корака.

Дубина резања a одређена је као половина разлике пречника дела пре и после обраде. Са порастом дубине резања вредност брзине резања опада.

Брзина резања v може се представити једначином: [19], [15]

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \quad (5.8.)$$

На основу параметара режима обраде дефинише се и главно време обраде tg :

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} \quad (5.9.)$$

где су поред познатих величина: [19], [15]

$$i = \frac{\delta}{2a} \quad (5.10.)$$

- додатак за обраду, δ [mm], и
- дубина резања, a [mm].

Ход алата рачуна се на следећи начин:

$$L = l + e \quad (5.11.)$$

где су:

- дужина обраде: l [mm], и
- прилаз алата: $e = 2-5$ [mm].

Табела 5.2. Препоручене брзине резања за стругање [15]

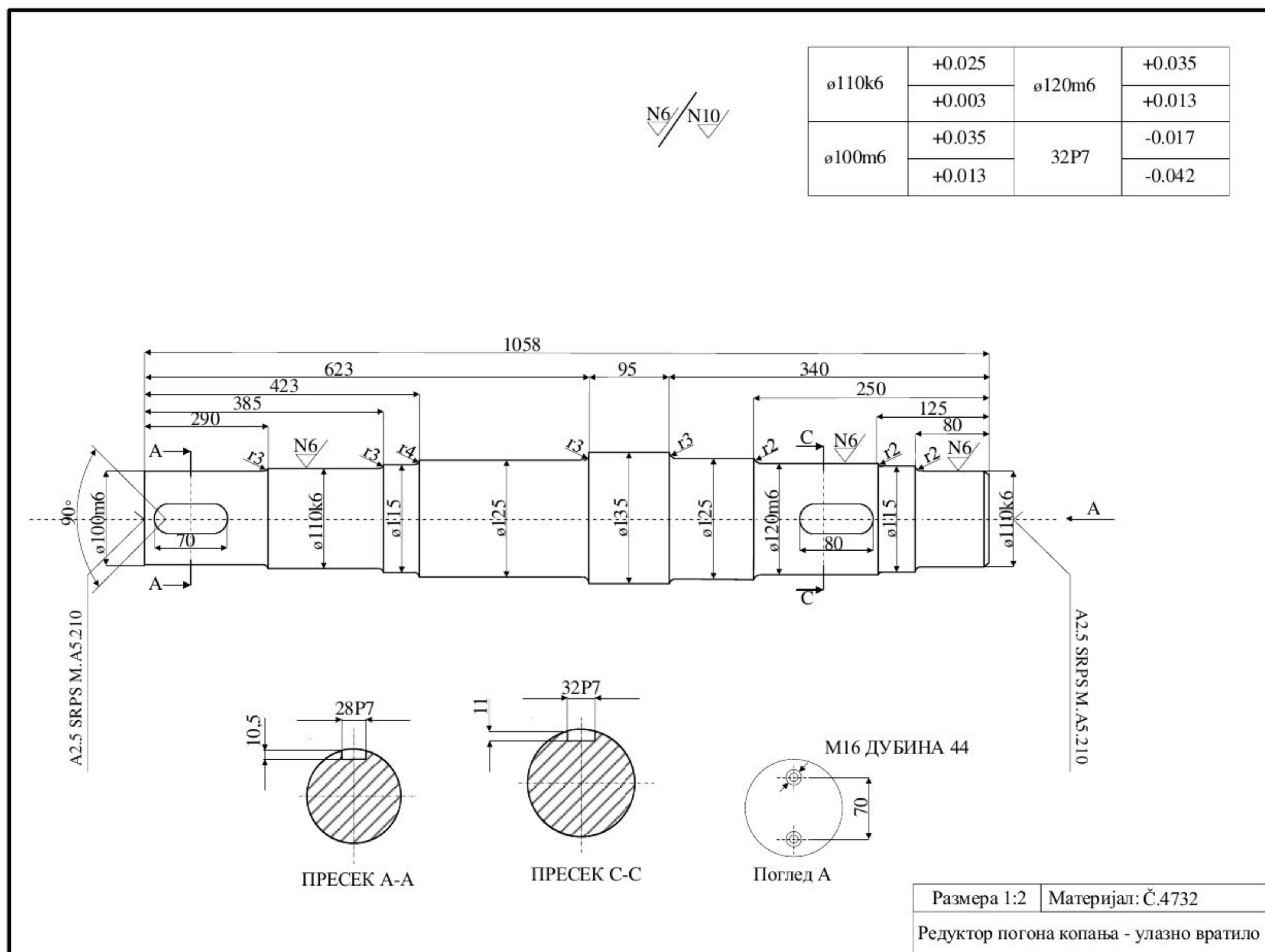
МАТЕРИЈАЛ ОБРАТКА	БРЗИНА РЕЗАЊА, [m/min]	
	Брзорезни челик	Тврди метал (WC)
Легуре алуминијума	180-240	300-420
Ливено гвожђе	9-30	30-120
Легуре бакра	30-120	60-300
Легуре магнезијума	240	6000
Тешкотопљиве легуре	3-6	9-18
Нерђајући челици	9-30	60-120
Угљенични челици	30-60	60-180
Легуре титана	90-60	30-120

6. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА ИЗРАДЕ ВРАТИЛА НА СТРУГУ

Пројектни задатак

Пројектовати технолошки процес израде улазног вратила редуктора за погон роторног точка багера SRs1200.24/24+VR, за димензије дате на радионичком цртежу (слика 6.1.). Потребно је:

- изабрати материјал и одредити димензије припремка,
- одредити распоред операција и захвата,
- изабрати машину алатку,
- изабрати алате за све захвате,
- одредити режиме обраде и главно време обраде за све захвате.



Слика 6.1. Радионички цртеж улазног вратила редуктора [1]

6.1. Избор материјала

Изабран је материјал припремка: $\check{C}.4732$, са механичким карактеристикама:

- затезна чврстоћа: $R_m = 1100-1300$ [N/mm²],
- тврдоћа према Brinell-у: HB = 217.

6.2. Избор додатака за грубу, фину и попречну обраду

Сагласно задатим класама и табелама П.2.1 и П.2.2, бирају се потребни додаци за обраду:

- додатак за попречну грубу обраду чеоне површине $\varnothing 110$ mm; $\delta'_{1p} = 2,9$ mm
- додатак за попречну грубу обраду чеоне површине $\varnothing 110$ mm; $\delta'_{1p} = 2,9$ mm
- додатак за грубу обраду цилиндричне површине $\varnothing 110$ mm; $\delta'_1 = 4$ mm
- додатак за грубу обраду цилиндричне површине $\varnothing 115$ mm; $\delta'_1 = 4$ mm
- додатак за грубу обраду цилиндричне површине $\varnothing 120$ mm; $\delta'_1 = 4$ mm
- додатак за фину обраду цилиндричне површине $\varnothing 120$ mm; $\delta'_2 = 1,9$ mm
- додатак за грубу обраду цилиндричне површине $\varnothing 125$ mm; $\delta'_1 = 5,5$ mm
- додатак за грубу обраду цилиндричне површине $\varnothing 135$ mm; $\delta'_1 = 5$ mm
- додатак за грубу обраду цилиндричне површине $\varnothing 125$ mm; $\delta'_1 = 5,5$ mm
- додатак за грубу обраду цилиндричне површине $\varnothing 115$ mm; $\delta'_1 = 4$ mm
- додатак за грубу обраду цилиндричне површине $\varnothing 110$ mm; $\delta'_1 = 4$ mm
- додатак за фину обраду цилиндричне површине $\varnothing 110$ mm; $\delta'_2 = 1,6$ mm
- додатак за грубу обраду цилиндричне површине $\varnothing 100$ mm; $\delta'_1 = 4,5$ mm
- додатак за фину обраду цилиндричне површине $\varnothing 100$ mm; $\delta'_2 = 1,9$ mm
- додатак за одсецање - ширина ножа за одсецање $B = 5$ mm

6.3. Рачунске мере припремка

На основу изабраних додатака за обраду и номиналних мера готовог дела, добијају се рачунске мере припремка као:

$$D_r = 135 + \delta'_1 = 140 \text{ mm} \rightarrow \text{усваја се } 150 \text{ mm}$$

$$L_r = 623 + 95 + 340 + 2,9 + 2,9 + 5 = 1068,8 \text{ mm}$$

6.4. Пречник полуфабриката и мере припремка

Највећи рачунски пречник D_r се стандардизује на први већи број према табели П.1.

Највећи пречник вратила је $\emptyset 135 \text{ mm}$, бира се округла шипка за општу намену $\emptyset 150 \text{ mm}$, NT – нормалне тачности, легиран челик, ваљан, хладно вучен.

6.5. Редослед стецања и захвата

➤ Стецање 01

➤ **Захват 01** Спољашња груба обрада чеоне површине $\emptyset 150 \text{ mm}$

➤ **Захват 02** Израда средишњег гнезда

➤ Стецање 02

➤ **Захват 03** Уздужна спољашња груба обрада на пречник $\emptyset 135 \text{ mm}$, односно на стварни пречник и дужину $L = 435 \text{ mm}$

➤ **Захват 04** Уздужна спољашња груба обрада на пречник $\emptyset 125 \text{ mm}$, односно на стварни пречник и дужину $L = 340 \text{ mm}$

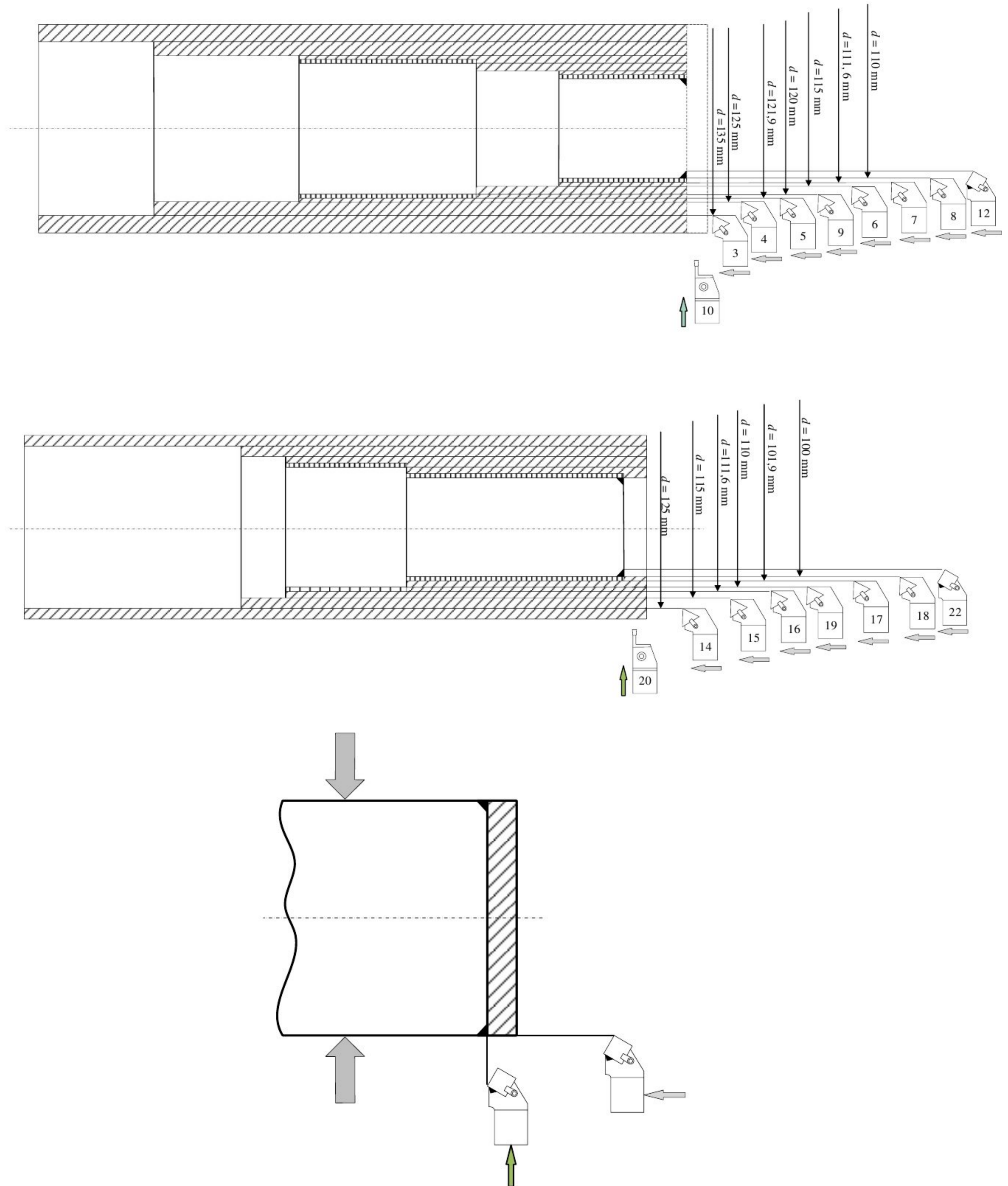
➤ **Захват 05** Уздужна спољашња груба обрада на пречник $\emptyset 121,9 \text{ mm}$, односно на пречник до додатка за фину обраду на дужини $L = 250 \text{ mm}$

➤ **Захват 06** Уздужна спољашња груба обрада на пречник $\emptyset 115 \text{ mm}$, односно на стварни пречник и дужину $L = 125 \text{ mm}$

➤ **Захват 07** Уздужна спољашња груба обрада на пречник $\emptyset 111,6 \text{ mm}$, односно на пречник до додатка за фину обраду и дужину $L = 80 + \delta_{1p} + B = 87,9 \text{ mm}$

- **Захват 08** Уздужна фина обрада на пречник $\varnothing 110$ mm и дужину $L = 80$ mm
- **Захват 09** Уздужна фина обрада на пречник $\varnothing 125$ mm и дужину $L = 125$ mm
- **Захват 010** Одсецање на пречнику $\varnothing 110$ mm на дужини $L = 435 + \delta_{1p} = 437,9$ mm
- **Захват 011** Спољашња попречна груба обрада чеоне површине $\varnothing 110$ mm
- **Захват 012** Обарање ивице $2/45^\circ$ на пречнику $\varnothing 110$ mm
- Окретање обратка
- **Захват 013** Спољашња попречна груба обрада чеоне површине $\varnothing 150$ mm
- **Стезање 03**
- **Захват 014** Уздужна спољашња груба обрада на пречник $\varnothing 125$ mm, односно на стварни пречник и дужину $L = 623$ mm
- **Захват 015** Уздужна спољашња груба обрада на пречник $\varnothing 115$ mm, односно на стваран пречник и дужину $L = 423$ mm
- **Захват 016** Уздужна спољашња груба обрада на пречник $\varnothing 111,6$ mm, односно на пречник до додатка за фина обраду и дужину $L = 385$ mm
- **Захват 017** Уздужна спољашња груба обрада на пречник $\varnothing 101,9$ mm, односно на пречник до додатка за фина обраду $L = 290 + \delta_{1p} + B = 297,9$ mm
- **Захват 018** Уздужна фина обрада на пречник $\varnothing 100$ mm на дужини $L = 290$ mm
- **Захват 019** Уздужна фина обрада на пречник $\varnothing 110$ mm на дужини $L = 95$ mm
- **Захват 020** Одсецање на пречнику $\varnothing 100$ mm на дужини $L = 623 + \delta_{1p} = 625,9$ mm
- **Захват 021** Спољашња попречна груба обрада чеоне површине $\varnothing 100$ mm
- **Захват 022** Обарање ивице $2/45^\circ$ на пречнику $\varnothing 100$ mm

Графички приказ дефинисаних захвата дат је на слици 6.2.



Слика 6.2. Редослед захвата

6.5. Избор обрадног система

6.5.1. Избор машине алатке

Универзални струг USA 200 Потисје, са следећим техничким карактеристикама, сагласно табели П.3.1:

- Унутрашњи пречник главног вретена: $D_a = 76 \text{ mm}$,
- Број ступњева $m_n = 12$,
- Област регулисања броја обртаја 30-2000 о/min,
- Број ступњева $m_s = 56$,
- Област регулисања за корак (уздужни) 0,023-2,84 mm/o,
- Област регулисања за корак (попречни) 0,011-1,42 mm/o,
- Снага погонског мотора $P_m = 5,5 \text{ kW}$,
- Максимални пречник дршке ножа 25 x 25 mm.

Фактор геометријске промене преносника за главно кретање добија се из једначине:

$$\varphi_n = (n_{max} \div n_{min})^{1 \div (m_n - 1)} = 1,469$$

Број обртаја одговара реду R20/3 (табела П.4.1.):

$$\varphi_n = 1,4$$

Корак одговара реду R20 (табела П.4.2.):

$$\varphi_n = 1,2$$

6.6. Избор алата

Обрада дела изводи се *алатом од тврдог метала*, где се користе посебни држачи са *изменљивим плочицама*. Сагласно изабраној машини алатки бирају се држачи плочица са попречним пресеком дршке 20 x 20 mm.

Тако су редом за поједине захвате сагласно табели П.5.1, П.5.2 и П.5.3. изабрани:

Захват 01 - држач типа **CSDP**

Захват 03 до захвата 09 - држач типа **CTGP**

Захват 010 - држач типа **FC51.22**

Захват 011 до захвата 013 - држач типа **CSDP**

Захват 014 до захвата 019 - држач типа **CTGP**

Захват 020 - држач типа **FC51.22**

Захват 021 и захват 022 - држач типа **CSDP**

6.7. Избор режима обраде - препоручене вредности

6.7.1. Захват 01 Спољашња попречна груба обрада чеоне површине Ø 150

Усвојени параметри:

- дубина резања: $a = 2,5 \text{ mm}$,
- геометрија алата: $\kappa = 45^\circ$, $\kappa_1 = 45^\circ$, $r = 0,8 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено),
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

За класу квалитета N10 према табели 4.1, $R_a = 12,5 \mu\text{m}$, па из табеле П.9.1 за ову храпавост $r = 0,8 \text{ mm}$, $\kappa = 45^\circ$, $\kappa_1 = 45^\circ$ следи $R_z = 49,3 \mu\text{m}$ и $s = 0,553 \text{ mm/o}$. На основу табеле П.4.2 стандардизује се на меродавни корак за даљи прорачун као $s_0 = 0,5 \text{ mm/o}$.

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4 \text{ mm}$ и корак $s = 0,2-0,5 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала Р30 и номинална брзина резања $v_n = 90 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), па се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 90 \cdot k_T = 90 \cdot 0,73 = 65,7 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65,7}{\pi \cdot 150} = 139,5 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 125 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.)

$$tg = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{75 + 2 + 2 + 2,9}{125 \cdot 0,5} = 1,31 \text{ min}$$

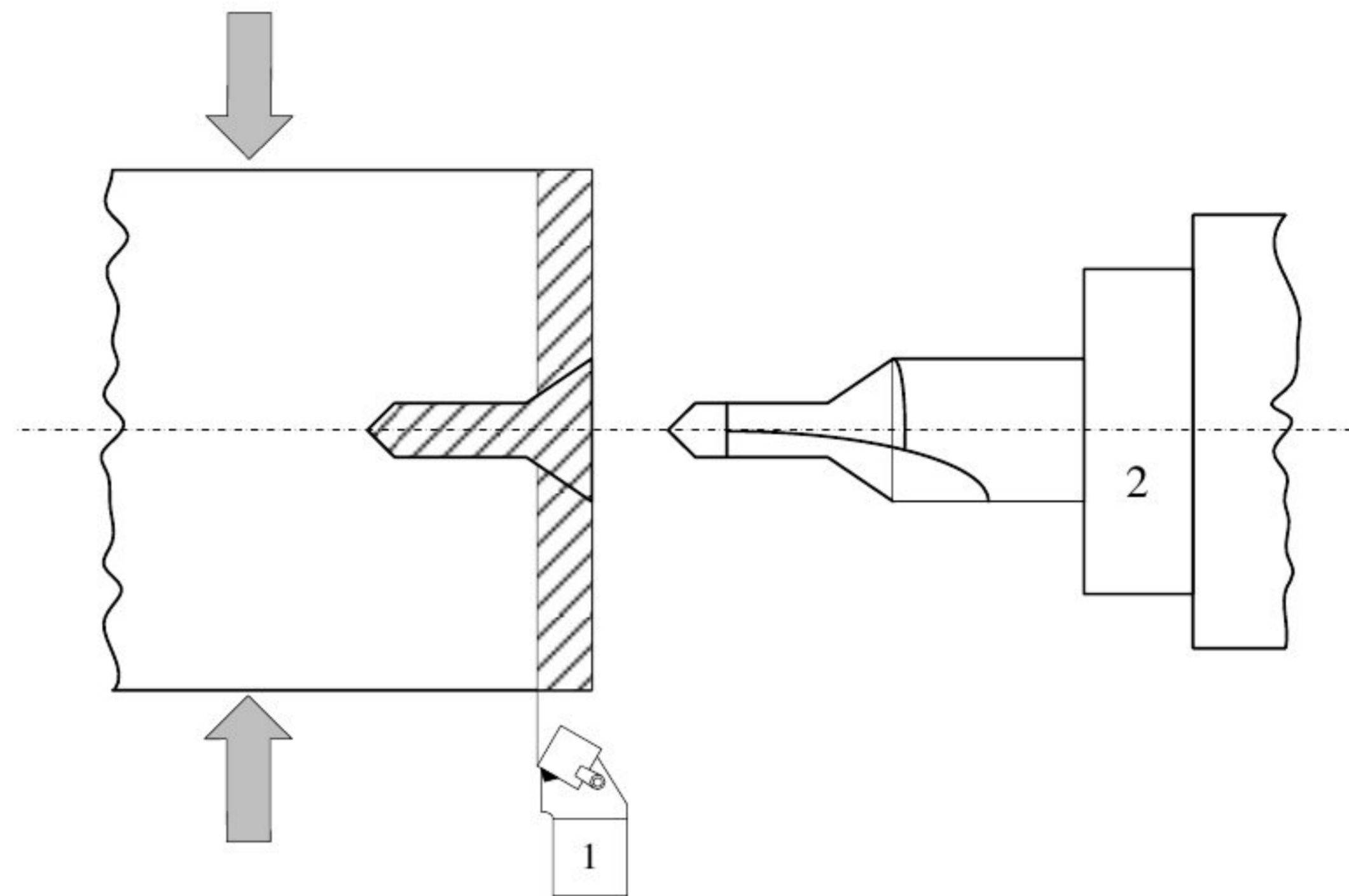
Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = \frac{a \cdot s \cdot v \cdot p}{2} = \frac{2,5 \cdot 0,5 \cdot 65,7 \cdot 0,064}{2} = 2,628 \text{ kW}$$

6.8.2. Захват 02 Израда средишњег гнезда



Слика 6.3. Израда средишњег гнезда [19]

6.8.3. Захват 03 Уздужна груба обрада на пречник Ø 135

- $D = 150 \text{ mm}$, $d = 135 \text{ mm}$, дубина резања $a = (150-135) / 2 = 7,5 \text{ mm}$,
- број пролаза $i = 3$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

С обзиром да се ради о претходној обради, то се корак може одредити исто као за претходни захват, односно за N10, па је за $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 49,6 \mu\text{m}$, табела П.9.2:

$$s = 0,386 \text{ следи } s_0 = 0,355 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4 \text{ mm}$ и корак $s = 0,2-0,5 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала P20 и номинална брзина резања $v_n = 120 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), па се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 150} = 186 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 180 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = 3 \cdot \frac{435}{180 \cdot 0,355} = 20,42 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 2,5 \cdot 0,355 \cdot 87,6 \cdot 0,064 = 4,97 \text{ kW}$$

6.8.4. Захват 04 Уздужна груба обрада на пречник Ø 125

- $D = 135 \text{ mm}$, $d = 125 \text{ mm}$, дубина резања $a = (135-125) / 2 = 5 \text{ mm}$,
- број пролаза: $i = 2$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

С обзиром да се ради о претходној обради, то се корак може одредити исто као за претходни захват, односно за N10, па је за $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 49,6 \mu\text{m}$, табела П.9.2:

$$s = 0,386 \text{ следи } s_0 = 0,355 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4$ mm и корак $s = 0,2-0,5$ mm/o, бира се плочица од тврдог метала Р20 и номинална брзина резања $v_n = 120$ m/min. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90$ min (табела П.8.1.), па се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 135} = 206,6 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 180 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = 2 \cdot \frac{340}{180 \cdot 0,355} = 10,64 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 2,5 \cdot 0,355 \cdot 87,6 \cdot 0,064 = 4,97 \text{ kW}$$

6.8.5. Захват 05 Уздужна груба обрада на пречник Ø 121,9

- $D = 125$ mm, $d = 121,9$ mm, дубина резања $a = (125-121,9) / 2 = 1,55$ mm,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4$ mm (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела (П.8.3.)

Избор корака

С обзиром да се ради о претходној обради, то се корак може одредити исто као за претходни захват, односно за N10, па је за $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 49,6 \text{ }\mu\text{m}$, табела П.9.2:

$$s = 0,386 \text{ следи } s_0 = 0,355 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4 \text{ mm}$ и корак $s = 0,2-0,5 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала Р20 и номинална брзина резања $v_n = 120 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), па се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 125} = 223,2 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 180 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = \frac{250}{180 \cdot 0,355} = 3,91 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 1,55 \cdot 0,355 \cdot 87,6 \cdot 0,064 = 3,08 \text{ kW}$$

6.8.6. Захват 06 Уздужна груба обрада на пречник Ø 115

- $D = 121,9 \text{ mm}$, $d = 115 \text{ mm}$, дубина резања $a = (121,9-115) / 2 = 3,45 \text{ mm}$,
- број пролаза $i = 2$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

С обзиром да се ради о претходној обради, то се корак може одредити исто као за претходни захват, односно за N10, па је за $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 49,6 \text{ }\mu\text{m}$, табела П.9.2:

$$s = 0,386 \text{ следи } s_0 = 0,355 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4 \text{ mm}$ и корак $s = 0,2-0,5 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала P20 и номинална брзина резања $v_n = 120 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), па се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 121,9} = 228,9 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 180 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = 2 \cdot \frac{125}{180 \cdot 0,355} = 3,91 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 1,725 \cdot 0,355 \cdot 87,6 \cdot 0,064 = 3,43 \text{ kW}$$

6.8.7. Захват 07 Уздужна груба обрада на пречник Ø 111,6

- $D = 115 \text{ mm}$, $d = 111,6 \text{ mm}$, дубина резања $a = (115-111,6) / 2 = 1,7 \text{ mm}$
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

С обзиром да се ради о претходној обради, то се корак може одредити исто као за претходни захват, односно за N10, па је за $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 49,6 \mu\text{m}$, табела П.9.2:

$$s = 0,386 \text{ следи } s_0 = 0,355 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4 \text{ mm}$ и корак $s = 0,2-0,5 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала P20 и номинална брзина резања $v_n = 120 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује преиод постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), то се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 115} = 242,6 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 180 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = \frac{80}{180 \cdot 0,355} = 1,25 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 1,7 \cdot 0,355 \cdot 87,6 \cdot 0,064 = 3,38 \text{ kW}$$

6.8.8. Захват 08 Уздужна фина обрада на пречник Ø 110

- $D = 111,6 \text{ mm}$, $d = 110 \text{ mm}$, дубина резања $a = (111,6 - 110) / 2 = 0,8 \text{ mm}$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено),
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

За класу храпавости N6 је $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 3,14 \text{ }\mu\text{m}$, па је корак, табела П.9.3:

$$s = 0,100 \text{ mm/o следи } s_0 = 0,125 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a =$ до 1 mm и корак $s =$ до $0,2 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала P10 и номинална брзина резања $v_n = 150 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), то се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 150 \cdot k_T = 150 \cdot 0,73 = 109,5 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 109,5}{\pi \cdot 111,6} = 312,5 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 355 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = \frac{80}{355 \cdot 0,125} = 1,8 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за оштар алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,05 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 0,8 \cdot 0,125 \cdot 109,5 \cdot 0,05 = 0,547 \text{ kW}$$

6.8.9. Захват 09 Уздужна фина обрада на пречник Ø 120

- $D = 121,9 \text{ mm}$, $d = 120 \text{ mm}$, дубина резања $a = (121,9 - 120) / 2 = 0,95 \text{ mm}$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено),
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.5.1.

Избор корака

За класу хрпавости N6 је $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 3,14 \text{ }\mu\text{m}$, табела П.9.3:

$$s = 0,100 \text{ mm/o следи } s_0 = 0,125 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a =$ до 1 mm и корак $s =$ до $0,2 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала P10 и номинална брзина резања $v_n = 150 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), то се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 150 \cdot k_T = 150 \cdot 0,73 = 109,5 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 109,5}{\pi \cdot 126,9} = 269,08 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 355 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = \frac{90}{355 \cdot 0,125} = 2,02 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за оштар алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,05 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 0,95 \cdot 0,125 \cdot 109,5 \cdot 0,05 = 0,652 \text{ kW}$$

6.8.10. Захват 010 Одсецање на пречнику Ø 110

Из табеле П.6 усваја се ширина ножа за одсецање: $B = 5 \text{ mm}$.

- номинална брзина резања $v_n = 95 \text{ m/min}$.

Усваја се поправка брзине због постојаности алата:

$$v = 95 \cdot k_T = 95 \cdot 0,73 = 69,35 \text{ m/min}$$

Избор корака

После интерполације за ширину ножа за одсецање $B = 5 \text{ mm}$ следи:

$$s = 0,0433 \text{ mm/o}$$

Усваја се:

$$s_o = 0,04 \text{ mm/o}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 69,35}{\pi \cdot 110} = 200,78 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 180 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$t_g = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{55 + 2 + 2}{180 \cdot 0,04} = 8,2 \text{ min}$$

где су:

l_1 – празан ход пре уласка алата у захват; $l_1 = 2$, усвојено, табела 5.1,

l_2 – празан ход при изласку алата из захвата; $l_2 = 0,5-2$, $l_2 = 2$, усвојено, табела 5.1.

6.8.11. Захват 011 Спољашња попречна груба обрада на пречнику Ø 110

- дубина резања, $a = 2,5 \text{ mm}$,
- корак, $s = 0,500 \text{ mm/o}$,
- брзина резања, $v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$,
- геометрија алата: $\kappa = 45^\circ$, $\kappa_1 = 45^\circ$, $r = 0,8 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

За класу квалитета N10 према табели П.9.1 следи $R_a = 12,5 \mu\text{m}$, па из табеле П.9.1 за ову храпавост $r = 0,8 \text{ mm}$, $\kappa = 45^\circ$, $\kappa_1 = 45^\circ$ и следи $R_z = 49,3 \mu\text{m}$ и $s = 0,553 \text{ mm/o}$. На основу табеле П.4.2 стандардизује се на меродавни корак за даљи прорачун као $s_0 = 0,5 \text{ mm/o}$.

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 110} = 253,6 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 250 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$t_g = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{55 + 2 + 2 + 2,9}{250 \cdot 0,5} = 0,495 \text{ min}$$

где су:

l_1 – празан ход пре уласка алата у захват; $l_1 = 2$, усвојено, табела 5.1,

l_2 – празан ход при изласку алата из захвата; $l_2 = 0,5-2$, $l_2 = 2$, усвојено, табела 5.1.

Специфична снага, за овај захват, за оштар алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,05 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = \frac{\pi \cdot 110 \cdot 2,9 \cdot 0,5 \cdot 250 \cdot 0,064}{2000} = 4 \text{ kW}$$

6.8.12. Захват 012 Обарање ивице $2/45^\circ$ на пречнику $\varnothing 110$

- дубина резања, $a = 2 \text{ mm}$,
- корак, $s = 0,500 \text{ mm/o}$,
- брзина резања, $v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$.
- геометрија алата: $\kappa = 45^\circ$, $\kappa_1 = 45^\circ$, $r = 0,8 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 110} = 253,6 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 250 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$t_g = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{2 + 2 + 2}{250 \cdot 0,5} = 0,048 \text{ min}$$

где су:

l_1 – празан ход пре уласка алата у захват; $l_1 = 2$, усвојено, табела 5.1,

l_2 – празан ход при изласку алата из захвата; $l_2 = 0,5-2$, $l_2 = 2$, усвојено, табела 5.1.

6.8.13. Захват 013 Спољашња попречна груба обрада чеоне површине Ø 150

- дубина резања: $a = 2,5 \text{ mm}$
- геометрија алата: $\kappa = 45^\circ$, $\kappa_1 = 45^\circ$, $r = 0,8 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

За класу квалитета N10 према табели 4.1 следи $R_a = 12,5 \mu\text{m}$, па из табеле П.9.1 за ову храпавост $r = 0,8 \text{ mm}$, $\kappa = 45^\circ$, $\kappa_1 = 45^\circ$, $R_z = 49,3 \mu\text{m}$ и $s = 0,553 \text{ mm/o}$. На основу табеле П.4.2 стандардизује се меродавни корак за даљи прорачун као $s_0 = 0,5 \text{ mm/o}$.

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4 \text{ mm}$ и корак $s = 0,2-0,5 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала P30 и номинална брзина резања $v_n = 90 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује преиод постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), то се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 90 \cdot k_T = 90 \cdot 0,73 = 65,7 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65,7}{\pi \cdot 150} = 139,5 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 125 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{75 + 2 + 2 + 2,9}{125 \cdot 0,5} = 1,31 \text{ min}$$

где су:

l_1 – празан ход пре уласка алата у захват; $l_1 = 2$, усвојено, табела 5.1,

l_2 – празан ход при изласку алата из захвата; $l_2 = 0,5-2$, $l_2 = 2$, усвојено, табела 5.1.

Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = \frac{a \cdot s \cdot v \cdot p}{2} = \frac{2,5 \cdot 0,5 \cdot 65,7 \cdot 0,064}{2} = 2,628 \text{ kW}$$

6.8.14. Захват 014 Уздужна спољашња груба обрада на пречник Ø 125

- $D = 150 \text{ mm}$, $d = 125 \text{ mm}$, дубина резања $a = (150 - 125) / 2 = 12,5 \text{ mm}$,
- број пролаза $i = 5$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

С обзиром да се ради о претходној обради, то се корак може одредити исто као за претходни захват, односно за N10, па је за $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 49,6 \mu\text{m}$, табела П.9.2:

$$s = 0,386 \text{ mm/o} \text{ следи } s_0 = 0,355 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4 \text{ mm}$ и корак $s = 0,2-0,5 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала P20 и номинална брзина резања $v_n = 120 \text{ m/min}$.

Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), то се према табела П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 150} = 185,9 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 180 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = 5 \cdot \frac{623}{180 \cdot 0,355} = 48,7 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 2,5 \cdot 0,355 \cdot 87,6 \cdot 0,064 = 4,97 \text{ kW}$$

6.8.15. Захват 015 Уздужна спољашња груба обрада на пречник Ø 115

- $D = 125 \text{ mm}$, $d = 115 \text{ mm}$, дубина резања $a = (125-115) / 2 = 5 \text{ mm}$,
- број пролаза $i = 2$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

С обзиром да се ради о претходној обради, то се корак може одредити исто као за претходни захват, односно за N10, па је за $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 49,6 \text{ }\mu\text{m}$, табела П.9.2:

$$s = 0,386 \text{ mm/o} \text{ следи } s_0 = 0,355 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4$ mm и корак $s = 0,2-0,5$ mm/o, бира се плочица од тврдог метала Р20 и номинална брзина резања $v_n = 120$ m/min. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује преиод постојаности $T = 90$ min (табела П.8.1.), то се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 125} = 223,18 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 180 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = 2 \cdot \frac{423}{180 \cdot 0,355} = 13,2 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 2,5 \cdot 0,355 \cdot 87,6 \cdot 0,064 = 4,97 \text{ kW}$$

6.8.16. Захват 016 Уздужна спољашња груба обрада на пречник Ø 111,6

- $D = 115 \text{ mm}$, $d = 111,6 \text{ mm}$, дубина резања $a = (115-111,6) / 2 = 1,7 \text{ mm}$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

С обзиром да се ради о претходној обради, то се корак може одредити исто као за претходни захват, односно за N10, па је за $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 49,6 \text{ }\mu\text{m}$, табела П.9.2:

$$s = 0,386 \text{ mm/o} \text{ следи } s_0 = 0,355 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4 \text{ mm}$ и корак $s = 0,2-0,5 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала P20 и номинална брзина резања $v_n = 120 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), то се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 115} = 242,6 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 180 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = \frac{385}{180 \cdot 0,355} = 6,61 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 1,7 \cdot 0,355 \cdot 87,6 \cdot 0,064 = 3,38 \text{ kW}$$

6.8.17. Захват 017 Уздужна спољашња груба обрада на пречник Ø 101,9

- $D = 111,6 \text{ mm}$, $d = 101,9 \text{ mm}$, дубина резања $a = (111,6 - 101,9) / 2 = 4,85 \text{ mm}$,
- број пролаза $i = 4$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

С обзиром да се ради о претходној обради, то се корак може одредити исто као за претходни захват, односно за N10, па је за $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 49,6 \text{ }\mu\text{m}$, табела П.9.2:

$$s = 0,386 \text{ mm/o} \text{ следи } s_0 = 0,355 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a = 1-4 \text{ mm}$ и корак $s = 0,2-0,5 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала Р20 и номинална брзина резања $v_n = 120 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), то се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 111,6} = 250 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 250 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = 4 \cdot \frac{290}{250 \cdot 0,355} = 13,1 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за туп алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,064 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 1,45 \cdot 0,355 \cdot 87,6 \cdot 0,064 = 2,41 \text{ kW}$$

6.8.18. Захват 018 Уздужна спољашња фина обрада на пречник Ø 100

- $D = 101,9 \text{ mm}$, $d = 100 \text{ mm}$, дубина резања $a = (101,9 - 100) / 2 = 0,95 \text{ mm}$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено),
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

За класу храпавости N6 је $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 3,14 \text{ }\mu\text{m}$, табела П.9.3:

$$s = 0,100 \text{ mm/o следи } s_0 = 0,125 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a =$ до 1 mm и корак $s =$ до $0,2 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала P10 и номинална брзина резања $v_n = 150 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), то се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 150 \cdot k_T = 150 \cdot 0,73 = 109,5 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 109,5}{\pi \cdot 101,9} = 342,22 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 355 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = \frac{290}{355 \cdot 0,125} = 6,53 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за оштар алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,05 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 0,65 \text{ kW}$$

6.8.19. Захват 019 Уздужна спољашња фина обрада на пречник Ø 110

- $D = 111,6 \text{ mm}$, $d = 110 \text{ mm}$, дубина резања $a = (111,6 - 110) / 2 = 0,8 \text{ mm}$,
- геометрија алата: $\kappa = 91^\circ$, $\kappa_1 = 29^\circ$, $r = 0,4 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено),
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

За класу храпавости N6 је $r = 0,4 \text{ mm}$ и $R_z = 3,14 \text{ }\mu\text{m}$, табела П.9.3:

$$s = 0,100 \text{ mm/o следи } s_0 = 0,125 \text{ mm/o}$$

Избор брзине резања и одређивање броја обрта

Према табели П.6.1 за дубину резања $a =$ до 1 mm и корак $s =$ до $0,2 \text{ mm/o}$, бира се плочица од тврдог метала P10 и номинална брзина резања $v_n = 150 \text{ m/min}$. Пошто се за појединачну производњу, ручно управљање машином и за тврди метал препоручује период постојаности $T = 90 \text{ min}$ (табела П.8.1.), то се према табели П.8.2 бира коефицијент поправке за брзину резања, односно:

$$v = 150 \cdot k_T = 150 \cdot 0,73 = 109,5 \text{ m/min}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 109,5}{\pi \cdot 111,6} = 312,5 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 355 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot s} = \frac{95}{355 \cdot 0,125} = 2,14 \text{ min}$$

Специфична снага, за овај захват, за оштар алат, износи (табела П.7.1.):

$$p = 0,05 \text{ kW/cm}^3$$

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = a \cdot s \cdot v \cdot p = 0,547 \text{ kW}$$

6.8.20. Захват 020 Одсецање на пречнику Ø 100

Из табеле П.6.2 усваја се ширина ножа за одсецање: $B = 5 \text{ mm}$.

- номинална брзина резања $v_n = 95 \text{ m/min}$.

Усваја се поправка брзине због постојаности алата:

$$v = 95 \cdot k_T = 95 \cdot 0,73 = 69,35 \text{ m/min}$$

Избор корака

После интерполације за ширину ножа за одсецање: $B = 5 \text{ mm}$ следи:

$$s = 0,0433 \text{ mm/o}$$

Усваја се:

$$s_o = 0,04 \text{ mm/o}$$

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 69,35}{\pi \cdot 100} = 220,86 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 180 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{50 + 2 + 2}{180 \cdot 0,04} = 7,5 \text{ min}$$

где су:

l_1 – празан ход пре уласка алата у захват; $l_1 = 2$, усвојено, табела 5.1,

l_2 – празан ход при изласку алата из захвата; $l_2 = 0,5-2$, $l_2 = 2$, усвојено, табела 5.1.

6.8.21. Захват 21 Спољашња груба обрада чеоне површине на пречнику Ø 100

- дубина резања, $a = 2,5 \text{ mm}$,
- корак, $s = 0,500 \text{ mm/o}$,
- брзина резања, $v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$.
- геометрија алата: $\kappa = 45^\circ$, $\kappa_1 = 45^\circ$, $r = 0,8 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Избор корака

За класу квалитета N10 према табели 4.1 следи $R_a = 12,5 \mu\text{m}$, па из табеле П.9.1 за ову храпавост $r = 0,8 \text{ mm}$, $\kappa = 45^\circ$, $\kappa_1 = 45^\circ$ и следи $R_z = 49,3 \mu\text{m}$ и $s = 0,553 \text{ mm/o}$. На основу табеле П.4.2 стандардизује се на меродавни корак за даљи прорачун као $s_0 = 0,5 \text{ mm/o}$.

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 100} = 278,98 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 250 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{50 + 2 + 2 + 2,9}{250 \cdot 0,5} = 0,455 \text{ min}$$

где су:

l_1 – празан ход пре уласка алата у захват; $l_1 = 2$, усвојено, табела 5.1,

l_2 – празан ход при изласку алата из захвата; $l_2 = 0,5-2$, $l_2 = 2$, усвојено, табела 5.1.

Потребна снага резања се добија преко (табела П.10.):

$$P = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 2,9 \cdot 0,5 \cdot 250 \cdot 0,064}{2000} = 3,64 \text{ kW}$$

6.8.22. Захват 022 Обарање ивице $2/45^\circ$ на пречнику $\varnothing 100$

- дубина резања, $a = 2,5 \text{ mm}$,
- корак, $s = 0,500 \text{ mm/o}$,
- брзина резања, $v = 120 \cdot k_T = 120 \cdot 0,73 = 87,6 \text{ m/min}$.
- геометрија алата: $\kappa = 45^\circ$, $\kappa_1 = 45^\circ$, $r = 0,8 \text{ mm}$ (према држачу и усвојено)
 $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ \rightarrow$ табела П.8.3.

Одређивање броја обрта се врши преко:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,6}{\pi \cdot 100} = 278,98 \text{ o/min}$$

где се, после стандардизације, сагласно табели П.4.1, добија:

$$n = 250 \text{ o/min}$$

Коначно, главно време обраде за овај захват износи (табела 5.1.):

$$tg = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{2 + 2 + 2}{250 \cdot 0,5} = 0,048 \text{ min}$$

где су:

l_1 – празан ход пре уласка алата у захват; $l_1 = 2$, усвојено, табела 5.1,

l_2 – празан ход при изласку алата из захвата; $l_2 = 0,5-2$, $l_2 = 2$, усвојено, табела 5.1.

ГЛАВНО ВРЕМЕ ОБРАДЕ за све захвате:

$$tg = \sum_1^{22} tg_i = 153,6 \text{ min}$$

У наставку је дат графички приказ кључних сегмената технолошког процеса израде вратила на стругу. Анализиране су промене у процесним варијаблима као што су време за појединачне захвате, снага резања и ангажовање машине. Визуелизацијом података омогућено је лакше разумевање утицаја појединих фактора на ефикасност процеса обраде.



Слика 6.4. Потребна снага резања захвата

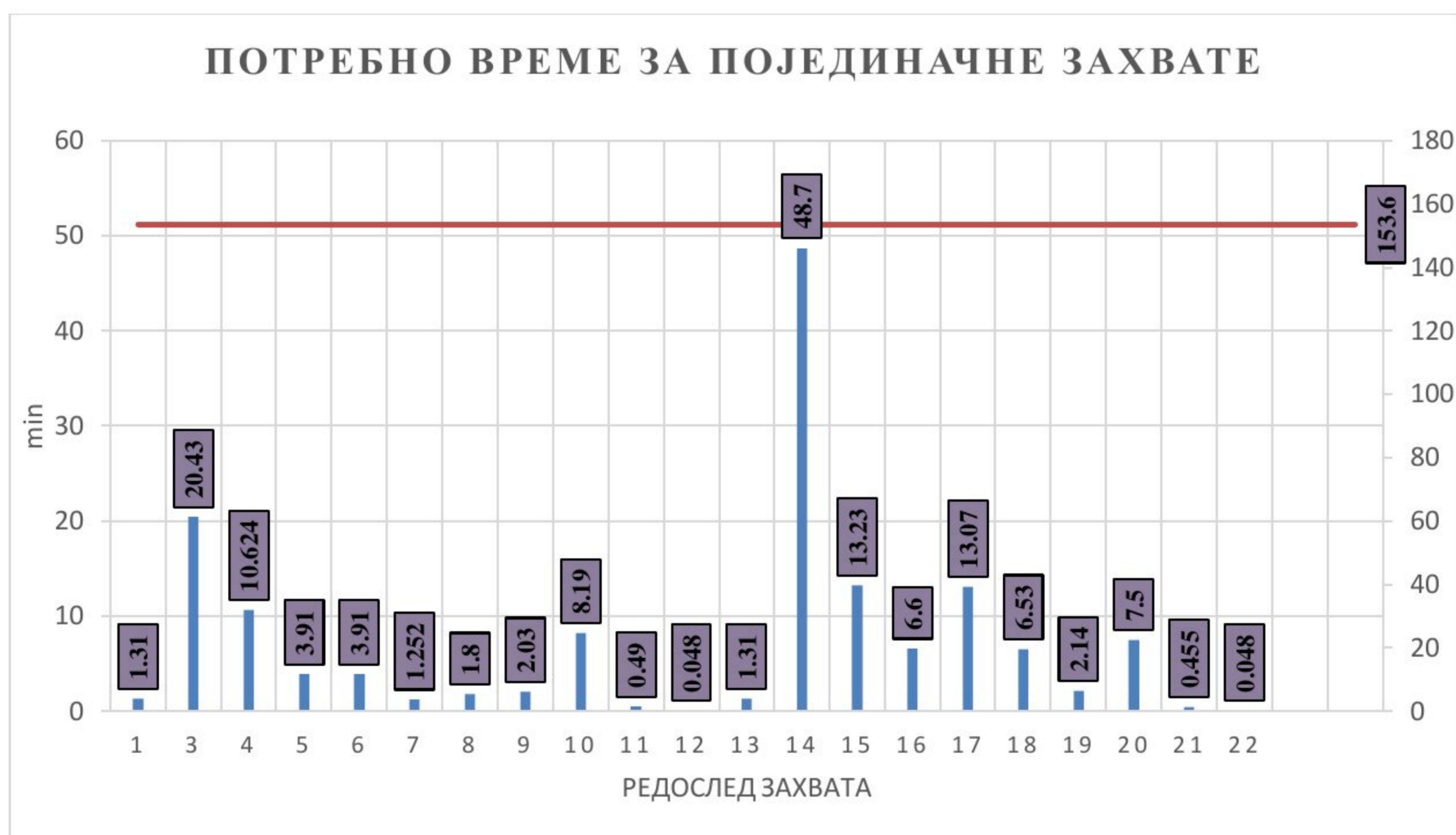
На слици 6.4 је приказана потребна снага резања у свим захватима. Критично стање представља максимална снага машине алатке која износи 5,5 kW (техничка карактеристика струга). У захватима 3, 4, 14, 15, је приметно да се машина алатка ангажује близу максимума. Разлог је дубина резања a која је у поменутих захватима највећа јер је снага потребна за резање поред варијабли као што су: брзина резања v , корак s и специфичне снаге резања p условљена и дубином. Битно је истаћи и механичке карактеристике обратка (угљенични челик, $\check{C}.4732$ затезне чврстоће $R_m = 1100-1300 \text{ N/mm}^2$ и $HB = 217$) где се са циљем избегавања пуцања резног алата мора дефинисати обрада са већег на мањи пречник из више пролаза са мањом дубином резања. На тај начин се директно утиче на оптимизацију технолошког процеса.

На слици 6.5 је представљено ангажовање машине алатке у појединим захватима. Приметно је највеће ангажовање у захватима где је и највећа снага потребна за резање из истих разлога који су наведени у објашњењу слике 6.4.



Слика 6.5. Ангажовање машине алатке у захватима

На слици 6.6 дато је време потребно да се поједини захвати изврше, које у највећој мери зависи од броја пролаза i . У захватима где је потребно извршити обраду дела у више пролаза, време обраде је веће. Време обраде чеоних површина и обарања ивица је занемарљиво у односу на трајање целокупног процеса и као такво није меродавно за упоредну анализу



Слика 6.6. Време појединих захвата у укупном времену обраде

7. ЗАКЉУЧАК

Израда вратила на стругу представља један од најважнијих процеса у машинској индустрији због широке примене вратила у системима за пренос снаге. У раду су анализирани кључни аспекти стругања, укључујући избор машине алатке, алата, броја захвата потребних за израду вратила и одговарајућих параметара обраде.

У класичној машинској индустрији се претежно користе CNC машине, чиме се утиче на тачност делова, постизање већих брзина резања, смањење ангажоване радне снаге и субјетивности утицаја квалитета мајстора.

На рудницима се израда појединачних машинских елемената и даље врши на универзалним машинама алаткама (стругови, глодалице) које спадају у обавезну радионичку опрему. Без истих је немогуће обављати несметани процес експлоатације минералних сировина и њиховог корективног одржавања.

Закључак је да израда вратила на стругу представља процес, који, уз правилно одабране параметре обраде, омогућава производњу машинских делова на одговарајућем нивоу квалитета површине. Мањи број стезања обратка и одговарајући избор машине алатке утиче на тачност финалног производа. Даља истраживања и оптимизација параметара стругања могу допринети унапређењу продуктивности, као и смањењу трошкова производње, чиме се овај процес задржава као један од кључних у машиноградњи.

Увидом у расположиве машине алатке у предузећу Колубара Метал примећене су следеће специфичности:

- у практичним условима се сечење припремка изводи на тестерама,
- чеоне површине се обрађују на борверкама и израђује средишње гнездо са навојем ради лакшег премештања обратка краном кроз радни простор,
- да би се постигла задата одступања обрадак се у завршној обради подвргава брушењу, а не фином стругању,
- за појединачну производњу се не врши прорачун укупног времена обраде и времена за извођења захвата због непредвиђених околности (недостатак емулзије, пуцање резног алата, отказ машине алатке, итд.).

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пројектна документација предузећа Колубара Метал.
- [2] Предраг Јованчић, *Одржавање рударских машина*. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, 2014.
- [3] <https://www.eps.rs/lat/kolubara/Stranice/Proizvodnja/Metal.aspx>
- [4] Милисав Калајџић, *Технологија машиноградње – XIII део*. Универзитет у Београду, Машински факултет, 2019.
- [5] *Online* материјал, Академија техничко-васпитачких струковних студија, Универзитет у Нишу.
- [6] Драгиша Вилотић, *Хидрауличне пресе и чекићи*. Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.
- [7] Младомир Милутиновић, *Технологија пластичног деформисања*. Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.
- [8] Техничка документација Електропривреде Србије.
- [9] Филип Милетић, *Утицај похабаности резних елемената роторног багера на ниво вибрација погона за копање*, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, 2023.
- [10] Стеван Ђенадић, *Развој синтезног модела управљања ризиком код роторних багера*, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, 2022.
- [11] Драган Игњатовић, *Рударске машине*. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, 2012.
- [12] Милош Танасијевић, Филип Милетић, *Машински елементи – приручник, друго издање*, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, 2024.
- [13] <https://ansalsteel.rs/reduktori>
- [14] Јована Митровић, *Индекс контроле одржавања и коришћења роторног багера*, дипломски рад, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, 2023.

- [15] Милисав Калајџић, *Технологија машиноградње – XIII део*. Универзитет у Београду, Машински факултет, 2019.
- [16] Милорад Станковић, *Технологија машинске обраде резањем*. Универзитет у Нишу, Машински факултет.
- [17] Радомир Митровић, *Технологија машинске обраде I и II*. Универзитет у Београду, Машински факултет.
- [18] Драгомир Ћосић, Љубиша Живковић, *Машински елементи и обрада резањем*, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.
- [19] Милисав Калајџић и сарадници, *Технологија обраде резањем приручник – VI издање*. Универзитет у Београду, Машински факултет, 2008.

9. ПРИЛОЗИ

П.1. Стандардне мере полуфабриката

П.1.1. Шипке од вруће ваљаног челика

Табела П.1. Округла шипка за општу намену [1]

	Пречник, d [mm]									
	(5)	5,5	6	6,5	7	7,5	10	12	(13)	14
(15)	16	(17)	18	(19)	20	22	(23)	24	25	
(26)	27	28	30	31	32	35	(36)	37	38	
40	42	44	45	(47)	(48)	52	(43)	55	60	
(63)	65	70	75	80	(85)	(95)	(100)	110	120	
(130)	140	150	160	(170)	180	200	220	/	/	
JUS C. B3. 021										

Табела П.2. Тачност полуфабриката [1]

Називна мера, [mm]	Дозвољено одступање	
	NT – нормална тачност	PT – повишена тачност
5-15	$\pm 0,4$	$\pm 0,3$
16-25	$\pm 0,5$	$\pm 0,4$
26-35	$\pm 0,6$	$\pm 0,5$
36-50	$\pm 0,8$	$\pm 0,6$
51-80	$\pm 1,0$	$\pm 0,8$
81-100	$\pm 1,3$	$\pm 1,0$
101-120	$\pm 1,6$	$\pm 1,3$
121-160	$\pm 2,0$	$\pm 1,6$
161-200	$\pm 2,6$	$\pm 2,0$
201-220	$\pm 3,3$	$\pm 2,6$

П.2. Додаци за обраду

Табела П.2.1. Вредност додатака за грубо спољашње и унутрашње стругање (δ_1) за појединачну и малосеријску производњу [1]

Називни пречник, [mm]	Класа тачности шипке	Укупна дужина готовог дела, [mm]					
		до 100	100 до 200	250 до 400	400 до 630	630 до 1000	1000 до 1600
до 10	NT	2.5	3	3	3.5	-	-
	PT	2	2	2.5	3	-	-
10-18	NT	2.5	3	3	3.5	4	-
	PT	2	2	2.5	3	3.5	-
18-30	NT	3	3	3.5	4	4.5	5.5
	PT	2	2.5	2.5	3	3.5	4.5
30-50	NT	3	3.5	3.5	4	4.5	5.5
	PT	2.5	2.5	3	3	4	5
50-80	NT	3.5	3.5	4	4.5	5	6
	PT	2.5	3	3	3.5	4	5
80-120	NT	4	4.5	4.5	5	6	7
	PT	3	3.5	3.5	4	5	6
120-180	NT	5	5.5	5.5	6	7	8
	PT	3.5	4	4	4.5	5	6

Табела П.2.2. Вредности додатака за фино спољашње стругање (δ_2) за појединачну и малосеријску производњу [1]

Називни пречник, [mm]	Укупна дужина готовог дела, [mm]					
	до 100	100 до 250	250 до 400	400 до 630	630 до 1000	1000 до 1600
до 10	0.9	1	1.2	1.3	-	-
10 до 18	1	1.1	1.2	1.4	1.7	-
18 до 30	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	2.2
30 до 50	1.3	1.4	1.5	1.7	2	2.4
50 до 80	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	2.6
80 до 120	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.8
120 до 180	1.8	1.9	2	2.2	2.5	3

П.3. Избор машине алатке

Табела П.3.1. Техничке карактеристике унив. струга POTISJE USA 200 [1]

Модел	USA 200	
Произвођач	POTISJE	
Порекло	YU	
Распон шиљака	[m]	1.0, 1.5, 2.0
D_{max} над постољем	[mm]	410
D_{max} у простору моста	[mm]	620
D_{max} над попречним клизачем	[mm]	220
m_{max} између шиљака	[kg]	
Прирубница GV према		DIN 55029
Називна величина прирубнице		S6
Унутрашњи пречник GV	[mm]	76
Унутрашњи конус GV		-
Број ступњева m_n		12
Област регулисања броја обртаја	[min ⁻¹]	30-200
Снага погонског мотора	[kW]	5.5
Максимални пресек дршке ножа	[mm]	25 x 25
Ход малог клизача	[mm]	165
Број ступњева m_s		56
s_{min}/s_{max} (уздужни)	[mm/o]	0.023 - 2.84
s_{min}/s_{max} (попречни)	[mm/o]	0.011-1.42
m_s (ММ навој)		56
s_{min}/s_{max} (ММ навој)	[mm/o]	0.25-23
m_s (WHIT. навој)		56
e_{min}/e_{max} (WHIT)	1/1"	92-0.75
m_s (MOD. навој)		56
Mod_{min}/Mod_{max} (MOD.)	[mm]	0.25-11.5
Ход пиноле задњег шиљака	[mm]	200
Пречник пиноле задњег шиљака	[mm]	76
Унутрашњи конус пиноле		MK5
Пречник у покретној линети	[mm]	max. 180
Пречник у непокретној линети	[mm]	max. 180
Габарити машине $L \times B \times H$	[m]	2.48x1.06
Маса машине	[kg]	1500

П.4. Фактор геометријске промене преносника за главно кретање**Табела П.4.1.** Стандардни бројеви обртаја (ред R20/3) [1]

Називне вредности реда
R20/3
$\varphi = 1.4$
11.2
16
22.4
31.5
45
63
90
125
180
250
355
500
710
1000
1400
2000
2800
4000
5600
8000
11200

Табела П.4.2. Стандардни кораци [1]

Називне вредности реда
R20/3
$\varphi = 1.4$
0,125
0,18
0,25
0,355
0,5
0,71
1
1,4
2
2,8
4
5,6
8
11,2
16
22,4
31,5
45
63
90
125

П.5. Избор држача и облик измењиве плочице

Табела П.5.1. Мере држача плочице типа CSDP [1]

смер	h	b	l_1	l_2	f	a_1	a	γ	λ	r	могуће плочице		
R/L	20	20	125	27	14	12	8	6°	0°	0.8	SPMR	SPGR	SPUN

Табела П.5.2. Мере држача плочице типа CTGP [1]

смер	h	b	l_1	l_2	f	a_1	a	γ	λ	r	могуће плочице		
R/L	20	20	125	19	25	11	10	6°	0°	0.4	TPMR	TPGR	TPUN

Табела П.5.3. Мере држача плочице типа FC51.22 [1]

смер	h	b	l_1	l_2	f	a_r	B	B^*	вел. седишта	могуће плочице		
R/L	20	20	125	27	20.7	10.1	3	4.4	30	TPMR	TPGR	TPUN

П.6. Избор брзине, корака и дубине резања

Табела П.6.1. Уздужно и попречно стругање [1]

Ознака	Група	Подгрупа	Стање	Тврдоћа, НВ	Алат од тврдог метала			дубина резања a , [mm]
					брзина резања v , [m/min]	корак s , [mm/o]	ознака алата	
5.3	Легиран и челик, ваљан, хладно вучен, кован	Средње угљенични	Вруће ваљан, жарен или хладно вучен	175 до 225	150	до 0.20	P10	1
					120	0.20-0.50	P20	4
					90	0.2-0.75	P30	10
					76	0.4-1.00	P40	16

Табела П.6.2. Избор ширине ножа за одсецање B [1]

Ознака	Група	Подгрупа	Стање	Тврдоћа, НВ	брзина резања v , [m/min]	Корак s [mm/o]		
						ширина ножа B , [mm]		
5.3	Легиран и челик, ваљан, хладно вучен, кован	Средње угљенични	Вруће ваљан, жарен или хладно вучен	175 до 225	29	1,5	3	6
						0,038	0,046	0,056
						95	0,038	0,046

П.7. Избор специфичне снаге резања

Табела П.7.1. Специфична снага резања (оштар/туп алат) [1]

Материјал обратка, челик	Тврдоћа НВ	Јединична снага p , [kW/cm ³ /min]	
		Стругање алатима од ВЃ и ТМ (корак 0.12-0.5 mm/o)	
		Оштар алат	Туп алат
Угљенични Легирани Алатни	85-220	0.050	0.064

П.8. Постојаност резног алата

Табела П.8.1. Постојаност стругарских ножева, T [min], [1]

Обрадни систем	Машина		са ручним управљањем, [min]
	Алат	ВЃ	60
		ТМ	90

Табела П.8.2. Корекциони фактор за брзину резања с обзиром на постојаност стругарских ножева [1]

Постојаност, T [min]	Корекциони фактор k_T
10	1.37
15	1.22
20	1.12
25	1.05
30	1
35	0.96
40	0.92
45	0.89
50	0.86
55	0.84
60	0.82
65	0.80
70	0.78
75	0.77
80	0.75
85	0.74
90	0.73

Табела П.8.3. Препорука за избор геометрије резног дела стругарског ножа [1]

Материјал	Тврдоћа НВ	Алат		
		Тврди метал		
Легирани челик, ваљан, хладно вучен, кован	135-275	Грудни угао γ_0 [°]	Леђни угао α [°]	Угао нагиба сечива λ [°]
		5	5	0

П.9. Вредност корака s и R_z за стандардну вредност R_a и познату геометрију алата

Табела П.9.1. Избор корака s и R_a за нападни угао $\kappa = 45^\circ$ и помоћни нападни угао $\kappa_1 = 45^\circ$ [1]

нападни угао $\kappa = 45^\circ$			
r	R_a	помоћни нападни угао κ_1	
		45°	
		R_z	s
0,8	12,5	49,3	0,553

Табела П.9.2. Избор корака s и R_a за нападни угао $\kappa = 91^\circ$ и помоћни нападни угао $\kappa_1 = 21^\circ$ (N10) [1]

нападни угао $\kappa 91^\circ$			
r	R_a	помоћни нападни угао κ_1	
		29°	
		R_z	s
0,4	12,5	49,6	0,386

Табела П.9.3. Избор корака s и R_a за нападни угао $\kappa = 91^\circ$ и помоћни нападни угао $\kappa_1 = 21^\circ$ (N6) [1]

нападни угао $\kappa 91^\circ$			
r	R_a	помоћни нападни угао κ_1	
		29°	
		R_z	s
0,4	0,8	3,14	0,100

П.10. Прорачун снаге при стругању**Табела П.10.** Обрасци за прорачун снаге при стругању [1]

Параметар	Стругање	
Кинематичка брзина резања, v [m/min]	$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$	
Производност, q [cm ³ /min]	уздужно	попречно
	$q = a \cdot s \cdot v$	$q = \frac{a \cdot s \cdot v}{2}$
Потребна снага на главном вретену, P [kW]	$P = q \cdot p$	

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Вања Миловановић

Број индекса Р90/19

И з ј а в љ у ј е м

да је завршни рад под насловом

Производња и одржавање рударске опреме на примеру предузећа Колубара Метал

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 25.09.2024.

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента: Вања (Љубомир) Миловановић

Број индекса: Р90/19

Студијски програм: Рударско инжењерство

Наслов рада: Производња и одржавање рударске опреме на примеру предузећа Колубара Метал

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 25.09.2024.

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

Производња и одржавање рударске опреме на примеру предузећа Колубара Метал

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је *(заокружити једну од две опције)*:

I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;

II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци јесаставни део ове изјаве.)

У Београду, 25.09.2024.

Потпис ментора

Потпис студента

1. Ауторство. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прерада. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.

Библиотека Рударско-геолошког факултета

ПОТВРДА

О ПРЕДАЈИ ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ЗАВРШНОГ РАДА

Потврђује се да је студент _____,
(име (име родитеља) презиме)

бр. индекса _____ / _____ предао/ла електронску верзију завршног рада на
основним/мастер академским студијама под насловом:

који је урађен под менторством _____
(име, презиме и звање)

за Дигитални репозиторијум завршних радова РГФ-а.

Потврда се издаје за потребе Одељења за студентска и наставна питања и не може
секористити у друге сврхе.

У Београду, _____

Библиотекар
