

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Производне технологије

Број индекса: 89/2016

Жељко Н. Мирковић

**Елементи технолошког система код
серијске производње**

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Богдан Недић проф. – ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Индустријско инжењерство**

Име и презиме: **Жељко Мирковић**

Бројиндекса: **89/2016**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **Елементи технолошког система код серијске производње**

Задатак: У оквиру завршног рада потребно је да кандидат изврши прикупљање и систематизацију података о серијској производњи, машинама и технолошким поступцима. Потребно је детаљно описати машине за серијску производњу и технологије обраде. У посебном делу рада извршити анализу времена и трошкова обраде код серијске производње.

Завршни рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Основне карактеристике серијске производње,
3. Машине и технологије за серијску производњу,
4. Анализа времена и трошкова обраде код серијске производње,
5. Закључци,
6. Литература.

Ментор: _____

Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 31.05.2019.

Резиме:

У раду су приказане основне карактеристике серијске производње и производних технологија. Дат је приказ алатних машина за серијску производњу и описани технолошки поступци обраде метала резањем. Приказан је пример прорачуна времена обраде и модел за прорачун трошкова код серијске производње на конкретном примеру.

Кључне речи: Серијска производња; Машине за обраду метала; Време и трошкови обраде.

Abstract:

The basic characteristics of batch production and production technologies are presented in the paper. An overview of machine tools for batch production is given and technological procedures of metal cutting are described. An example of a calculation of processing time and a model for calculating the cost of batch production in a specific example is presented.

Keywords: Batch Production, Metalworking Machines, Processing Time and Costs.

Садржај:

1. Увод	3
2. Основне карактеристике серијске производње	4
2.1. Основни типови производње и производних технологија	4
2.2. Карактеристике серијске производње	10
3. Машине за реализовање серијске производње	20
3.1. CNC машине за серијску производњу	20
3.2. Стругови за серијску производњу	23
3.3. Глодалице за серијску производњу	29
3.4. Бушилице за серијску производњу	34
4. Пример прорачуна времена обраде и трошкова код серијске производње	38
4.1. Пример прорачуна времена трајања серије код паралелног типа производње	38
4.2. Пример прорачуна трошкова код серијске производње	39
5. Закључак	42
Литература:	43

1. Увод

Производња је процес стварања неког производа, а има за циљ да се направи производ одређене намене. Савремена производња се може поделити према врсти производње. Унутар једног производног система врши се трансформација неких улазних величина применом низа поступака у излазне величине одређеног квалитета и вредности. Производни процес представља процес укупаног рада система и подразумева све активности приликом претварања улазних вредности у пројектоване излазне величине. Применом производног система врши се стварања нове вредности, те се њена коначна вредност повећава. Производни процес врши се применом технолошких и обрадних системима.

У индустријској производњи, где год је то могуће, ради се на томе да се у оквиру једног производног процеса у што већој мери примени серијска производња. Код појединачне производње подразумева се производња малог броја комада за израду уз примену минималних технолошких процеса. Када је реч о серијској производњи она подразумева производњу већег броја комада исте врсте, а технолошка разрада је детаљнија. Масовна производња подразумева веома узак асортиман производа који се ради дужи временски период, док технолошка припрема иде у детаље. Сваки застој или корекција током производње знатно утиче на цену производа, а самим тим и на цену готових производа.

Серијска производња је вид производње, између појединачне и масовне производње, где се производи израђују у одређеном броју, односно серији. Могу се израђивати као појединачна серија у једној серији, већа количина истих или сличних производа. Серијску производњу у машинству карактерише израда већег броја истих група делова или склопова, при чему се они истовремено пуштају у производњу. Ове групе производа називају се серијама. Најједноставнији пример је подешавање машина, где се прво пушта један производ у низу – серија, а касније се у израду пушта само други производ, како се машина не би стално посещавала. „Машине за серијску производњу су универзалније у односу на оне које се користе у масовној производњи, због чега су и искоришћеније, што смањује трошкове саме производње.

Проблеми који се могу јавити код серијске производње јесу величина серије и време израде, потребан ниво залиха, трошкови израде и др. Свака серија производа има неке своје карактеристике и посебности, као што је дизајн, величина производа и др. У серијској производњи посебна пажња се усмерава на техничку припрему одређене серије, припрему радних места и машина за производњу одређене серије, односно припрему нове серије. Данас произвођачи ретко примењују искључиво само један вид производње. Обично се комбинује више типова производње, што усложњава управљање самим производним процесом.

2. Основне карактеристике серијске производње

С обзиром на важност производње можемо закључити да је управљање производњом један од најзначајнијих и најсложенијих послова унутар једног производног система. Ту се првенствено мисли на одлуке које се тичу производних процеса, запослених, квалитета и капацитета. Квалитетно управљање производњом неопходно је како би се испунили сви захтеви купаца по питању рокова, цене производа и њиховог квалитета. На слици 2.1. приказан је процес управљања производњом.



Слика 2.1. Процес управљања производњом [2]

2.1. Основни типови производње и производних технологија

У организационом смислу, а према величини и врсти асортимана производња се дели на неколико основних типова:

- појединачна производња,
- серијска производња,
- масовна производња,
- аутоматска производња и
- „just in time“ производња.

Појединачна производња је врста производње која је оријентисана на производњу малих количина производа, и то по наруџбинама. Појединачна производња ради, по правилу, без залиха готових производа, за познатог купца и не обнавља се у наредном периоду. Израда уникатног производа најчешће траје дуго у фазама, које се одвијају по пројектним решењима. Појединачна производња је, по правилу, радно интензивна делатност. У њој

постоји високо присуство конкретног рада, јер се многи послови не могу стандардизовати или је то неисплативо. Машине и опрема за израду производа су универзални, односно има веома мало специјализованих машина [3].

Појединачна производња организује се најчешће у занатству, као што је израда конфекције по мери, затим у производњи специфичних производа као што су: мостови, бране, специфични уређаји и апарати. Радна снага у појединачној производњи је квалификована или високо квалификована, јер често мора да решава различите проблеме на различитим производима, који се скоро никада не понављају. У управљању појединачном производњом посебан проблем представља прецизност планирања, јер се време од наручивања до израде производа све више скраћује. Сваки “коадни” производ разликује се од претходног по конструкцији, техниким и другим карактеристикама.



Слика 2.2. Илустрација појединачне производње [2]

Серијска производња је вид производње који се сврстава између појединачне и масовне производње. Потреба за смањењем трошкова производње довела је до серијске производње. Овде се производи не израђују појединачно, али ни масовно, већ у одређеном броју, односно серији. Због тога она делимично носи карактеристике појединачне, а делимично и масовне производње. Карактеристике појединачне носи због тога што се ради појединачна серија, а масовне због тога што се у једној серији производи већа количина истих или сличних производа. Радна снага у серијској производњи је квалификованија у односу на радну снагу у масовној производњи.

Масовна производња је вид производње коју карактерише производња једног производа или сличних производа у великим количинама. Она је континуирана, што захтева стварање услова за перманентну производњу. Масовна производња заступљена је у изради широког спектра производа, од папира до аутомобила, иако се на примеру јапанске производне филозофије, на пример у Тојоти (Toyota), види да се производња аутомобила може обављати и по принципима појединачне производње. Код масовне производње постоје два аспекта: континуирана (ланчана) производња, као што је то случај код израде папира, и производња у дисконтинуитету, као што је нпр., израда месних прерађевина, конзервираног воћа поврћа, итд.



Слика 2.3. Илустрација масовне производње [4]

У масовној производњи ради се са специјализованим машинама и опремом, односно не постоје универзалне машине, јер се производња одвија по ланчаном систему. Она ради са залихама (материјала и производа), производи за непознатог купца и ослања се на очекивану тражњу, коју треба перманентно истраживати. Отуда се јавља потреба да се, паралелно са масовном производњом, примењује и маркетинг концепт од ког у највећој мери зависи шта ће се и колико производити. Супротно појединачној, масовна производња је радно-екстензивна делатност [3]. У њој постоји мало присуство живог рада, односно највећи део операција у производном процесу обављају машине, односно роботи и рачунари. Људски ресурс у масовној производњи је квалификован, без специјалиста, из разлога што је производња аутоматизована, па се радна снага претежно користи у мануелним и издвојеним пословима, какви су нпр. паковање и слично. Овај тип производње је тежак за раднике, како због тешких услова рада, још више због монотоније изазване дугогодишњим обављањем једне операције.

Аутоматска производња је највиши вид производне организације, а њене карактеристике су следеће:

- производне процесе врше роботи у аутоматизованим постројењима,
- радна места су везана за коришћење одређених софтвера помоћу којих се управља техничко-технолошким процесима,
- учешће људске радне снаге у укупним улагањима је сведено на минимум,

- претежни део трошкова отпада на материјал и амортизацију средства за рад и
- због високе продуктивности и могућности масовне производње трошкови по јединици производа су нижи у односу на друге видове производње.

„Just-in-time“ вид производње представља развој савремене и модерне привреде. Полази од значаја индустријске производње и чињенице да је управо производња тај основни сектор где треба да се усмере сва истраживања нових метода производње, технологије и управљања. Производ је само оно што задовољава потребе на тржишту. Производња развијена на овим основама представља данас аутентичну производњу са врхунским резултатима у организацији, пословања и економичности, што је довело јапанска предузећа до врхунских резултата. Као што су повећање продуктивности, смањење времена циклуса и припреме, смањење трошкова и шкарта, укидања складишта и залиха, контроле и др. Термин „Just-in-time“ се преводи као „временски добро планирано“, или „тачно у право време“. Односи се на производњу без складиштења или без залиха производа. Сваки процес треба снабдевати правим елементима у правој количини и у одређено време [3].

Подела производних процеса:

1. Према основним врстама технолошког процеса, могу поделити на:
 - а) технолошке процесе у производњи енергије (топлотни, механички, електрични, хемијски, нуклеарни...) и
 - б) технолошке процесе у преради материјала (механички, топлотни, топлотно механички, хемијски, биолошки, физичко-хемијски и др.)
2. Према облицима веза технолошког процеса у оквиру производње (4 облика):
 - а) **Линијски (линеарни)**, једноставн производно-технолошки процеса, где предмет обраде мења свој облик (особине) од улазне материје, преко трансформације у неки од материјала, полупроизвода до коначног производа. Активности се реализују у сукцесивним фазама и ово је један од најједноставнијих видова технолошког процеса [5]. Пример вађења и обраде камена, цемента, у дрвној индустрији.
 - б) **Аналитички (дивергентан) облик** производно-технолошких процеса је вид производних процеса, где типично се полази од рашчлањавања полазне сировине на различите материјале. Касније се кроз више технолошких корака гранају и трансформишу у полупроизводе и тако до готових производа [5]. Нпр. прерада сирове нафте.
 - в) **Синтетички (дивергентан) облик** структуре производно технолошких процеса је врста технолошког процеса је карактеристична за ситуације када је финални

производ резултат спајања склопова и подсклопова. Ово је сложенија врста технолошког процеса и среће се у производњи аутомобила, беле технике и др. [5]

д) **Мешовити (комбиновани)** производно-технолошких процеса. Могу се јавити у две варијанте: аналитичко-синтетички и синтетичко-аналитички.

Према стандарду DIN 8580 извршена је подела у шест основних категорија у односу на:

- стварање облика,
- промену облика,
- промену особина материјала.

Промену облика производа може бити [5]:

- Примарно обликовање: поступци којима се добијају чврсти облици из материјала произвољних облика, обухваћени су сви поступци ливења.
- Деформисање: поступци пластичне обраде без промене масе обратка. Укључени су поступци: пресовање, провлачење, извлачење, савијања.
- Раздвајање је поступак где се врши редукација масе и запремине полазног комада, а обухвата поступке обраде са скидањем струготине (глодање, рендисање, резање, бушење, брушење и др.), али и сечење и пробијање.
- Спајање је поступак где се два или више елемената трајно вежу у нову целину: заваривање, тврдо лемљење, лепљење.
- Површинска заштита је технолошки поступак у финалној производњи и има за циљ заштиту од корозије и естетски изглед (гальванизација и др.).
- Измена особина материјала – поступак којим се материјалу не мења облик већ структура с циљем добијања бољих физичко-хемијских особина а обухвата: каљење, жерење, отпуштање, нормализацију, цементацију, синтеровање.

Неконвенционална припрема, као и сама производња подразумева примену рачунара током планирања, пројектовања и обради производа. Најчешће примењивани неконвенционални поступци обраде и производње су:

- CAD (Computer Aided Design) – компјутерски подржан дизајн,
- CAPP (Computer Aided Planing and Processing) – компјутерски подржано планирање и пројектовање и
- CAM (Computer Aided Manufacturing) – компјутерски подржана производња.

Интелигенција сва три елемената која укључује NC и CNC обрадне и флексибилне обрадне системе настаје заокружен поступак који се назива CIM. Програмирање NC и CNC система може се вршити на три начина:

- ручно,
- полуаутоматско и
- аутоматско програмирање.

Формирање технолошког процеса подразумева укупан број послова, планирање процеса и стварање материјалних и организацијских услова за његову реализацију. Код формирања технолошког процеса треба поштовати правило да трошак формирања процеса треба бити у одговарајућем односу са очекиваним резултатима процеса (квалитет, производност, економичност, производност и др.). За формирање процеса везане су две врсте трошка [6]:

а) Једнократни трошак T_j , укључује трошак планирања процеса и трошак набавке опреме и трајних алата, као и трошак организовања производног система и организовања пробе производног система и пробне производње.

б) Трајни трошак T_t или понављајући трошак, који прати израду сваке јединице производа при одвијању процеса.

$$T_t = q_m \cdot c_m + \sum_{i=1}^n t_{oi} \cdot c_i \quad Njed/kom \quad [2.1]$$

где је:

q_m – маса материјала за један комад производа, kg/kom ,

c_m – цена јединице масе материјала, $Njed/kg$,

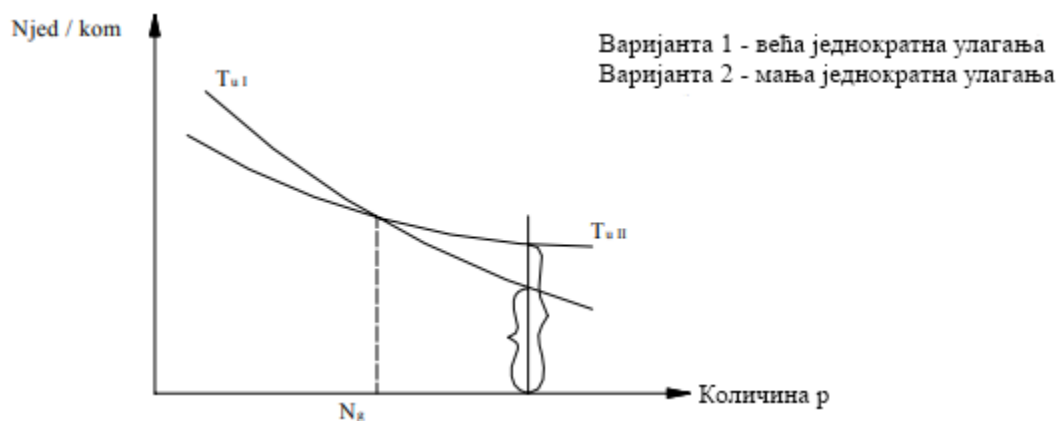
t_{oi} – време i -те операције при изради производа, min/kom ($i=1,2,3, \dots, n$),

c_i – цена јединице времена, $Njed/min$ [6].

Будући да и једнократни и трајни трошкови оптерећују сваку производну јединицу производа, потребно је постићи, у зависности од броја комада и осталих карактеристика производа, минималне трошкове (T_u) по јединици производа, оптималним утврђивањем односа једнократних и трајних трошкова.

$$T_u = \frac{T_j}{N} + T_t \quad [2.2]$$

До оптимума долази се изградом више варијанти решења процеса, при чему се за сваку варијанту процеса утврђују укупни трошкови. Свођењем трошкова на јединицу производа за сваку развијену варијанту, долазимо до основе за одлуку о повољнијој варијанти код планиране укупне количине производа, слика 2.4.



Слика 2.4. Поређење укупних трошкова по јединици производа за две развијене варијанте [6]

Са дијаграма (слика 2.4) упоређивањем две развијене варијанте за количине мање од N_g уочава се да ће бити повољнија II варијанта, а за количине веће од N_g варијанта I где су већа једнократна улагања. За граничне величине N_g , изражене у новчаним јединицама по јединици производа, код обе варијанте трошак ће бити једнак.

Код појединачне и малосеријске производње однос једнократних улагања треба држати на ниском нивоу, с обзиром да се деле на мали број комада, а да су трошкови ипак високи због коришћења мање продуктивне опреме и нижег нивоа технолошке припреме производње. Растом количине производа расте и оправданост већих улагања, а што као резултат даје мање трајне трошкове.

2.2. Карактеристике серијске производње

Одлика серијске производње је да су производи конструкцијски једнаки и да се углавном производе истовремено, односно непосредно један за другим у одређеном броју и временском периоду. Због своје ширине, серијска производња има и мање једнозначне карактеристике у односнu на масовну производњу.

Према појединим ауторима који се баве истраживањима из области производње, серијска производња постоји када се у производном процесу производи мања или већа серија производа исте врсте у групама, односно у серијама [7].

С обзиром на различиту проблематику управљања код различитих видовима производње, управљање производним процесом се углавном своди на три основна проблема, а то су:

- планирање производње,
- управљање процесом производње и
- контрола процеса производње.

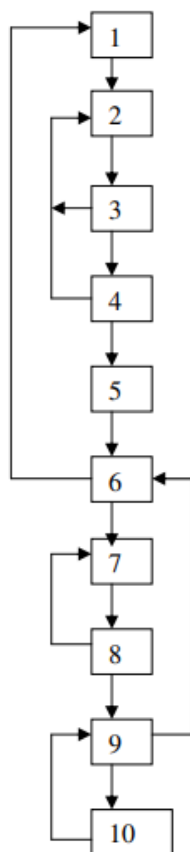
Основне карактеристике серијске производње [8]:

- један или више производа исте врсте у континуитету,
- једноремено пуштање серија у производњу,
- број комада у серији зависи од гране и врсте индустрије (подела на малосеријску, средњесеријску и великосеријску производњу),
- у односу на појединачну, серијска производња омогућава примену савршенијих облика организације технолошког процеса производње (облик организације је савршенији, уколико је серија већа),
- већа специјализација рада и машина (увођење машина које могу да ураде велики број позиција), при том технолошки процес може да се подели у делове, од прве до финалне операције са приближно једнаким временима трајања за сваку операцију,
- омогућено је формирање тзв.технолошке линије, поствљањем специјализованих радних места са алатима, машинама и уређајима у један сукцесиван ред;
- предмет обраде се тако креће од једног до другог радног места, при чему се на крају те технолошке линије завршава и његово кретање и његова обрада, а последица тога су: мањи прекиди боље искоришћење средстава за производњу смањење времена циклуса израд и скраћење транспортних путева,
- лакше постављање транспортног задатка него у појединачној производњи,
- увођење појмова: јединица паковања, складиштења, транспорта,
- већа продуктивност,
- боље искоришћење материјала и радне снаге,
- омогућена примена специјалних транспортних уређаја са непрекидним дејством, са високим транспортно-продуктивним ефектом, па се стварају услови за увођење потпуне или делимичне аутоматизације процеса,
- нижа цена коштања по јединици производа,
- проблеми везани за присуство тражње у дужем временском периоду (прогнозе, статистике итд.),
- нееластичност,
- осетљивост на застоје у пласману.

Производи, израђени у серијама, имају исти облик, димензије, масу и од истог су материјала, а карактеристике овог типа производње су:

- припрема рада се изводи за целу серију,
- технолошки поступак се ради за серију,
- радна снага је мора бити квалификована и полуквалификована,
- примјењује се специјализована, а такођер и универзална технолошка опрема,
- подела рада је разрађена и боље се користе капацитети,
- разрађени су нормативи материјала, алата и времена и израде и
- трошкови су много мањи него код појединачне производње.

На слици 2.3 приказани су основни кораци серијске производње.



Слика 2.3. Основни кораци серијске производње [7]

- [1] *Испитивање тржишта* – серијска производња је превасходно за непознатог купца, па је пре пуштања предмета обраде у производни процес неопходно обавити низ маркетиншких анализа. Циљ је да се процени обим и динамика тражње за неким производом.
- [2] *Пројекат производа* – за разлику од појединачне производње он се ради знатно детаљније. У питању је непознат купац и карактеристике производа треба да задовоље знатно шири круг заинтересованих. Обраћа се пажња на естетику и друге (пратеће) карактеристике производа много више него код појединачне производње, обзиром да је код овог типа израженија много јача конкуренција.
- [3] *Израда модела (прототипа)* – ради се најчешће у више комада. Често се ради тзв. нулта серија. Број комада у нултој серији зависи од потребе и могућности испитивања, типа производа и то треба да буде репрезентни узорак. Ова серија се укључује у такозвану форсирану експлоатацију у тежим условима од уобичајених.

- [4] *Испитивање модела (прототипа)* – по више карактеристика (као код појединачне – трајност, поузданост, безотказност, екологија и др.), при чему се некад испитује цео производ, а некад појединачне компоненте.
- [5] *Конструкција производа* – у серијској производњи иде се до најситнијих детаља. Производ се прилагођава: расположивим (улазним) материјалима на тржишту, опреми за производњу, новим технологијама. Са аспекта унутрашњег транспорта значајно је утврђивање шта је позиција, подсклоп, склоп или финални производ и које су њихове карактеристике. У овој фази је од значаја и појавни облик материјала којим располажемо.
- [6] *Усвајање броја комада* – који уз цену производа одређују колико сме да се улаже у припрему производње, а тиме на утрошке производње. Обзиром да се конструкцијом одређују појавни облици материјала, број, односно величина серије, директно утиче на параметре токова материјала јер се између радних места креће број позиција који је једнак величини серије или је њен мултипликат.
- [7] *Калкулација цене* – овде треба водити што прецизније прорачуне при чему су они изузетно зависни од технолошког поступка. Проблем је што је тешко дати цену без усвојеног технолошког поступка и решење је да се обави прелиминарна калкулација и са тим резултатима усвајају технолошки поступак (корак 8) и потребна опрема и материјали. Излаз је у томе што се у кораку 7 уради прелиминарна калкулација, потом се са тим резултатима усваја технолошки поступак у кораку 8, па се онда ради детаљна анализа утрошака, враћајући се на корак 7. У питању је итеративан поступак. Тешко је проценити трошкове логистике, с обзиром да технологија није дефинисана. За тако усвојен технолошки поступак ради се анализа трошкова и упоређује се са прелиминарном калкулацијом да би се одредила цена производа.
- [8] *Усвајање технолошког поступка* – корак у оквиру ког се дефинишу технолошки затеви, односно све активности при изради једног производа, при чему се поред производних дефинишу и логистичке активности. С обзиром на значајан обим транспорта, манипулација и другог, посебно је збачајно учешће стручњака нашег профила. Ако се не респектују захтеви логистике, последице се веома брзо осете у пракси и релативно их је тешко отклонити.
- [9] и [10] *Непосредна организација производње и сама производња* – ово су два корака који следе по усвајању технолошког поступка и у оквиру којих се тачно дефинишу: машине, алати, нормативи квалитета и квантитета и поступци контроле. У овој фази непосредног организовања производње може се утицати на број комада. Стручњак нашег профила може да утиче на карактеристике технолошких захтева са њиховим обележијима. Као и код појединачне производње мора да се прати процес, уочавају

негативности и отклањају застоји и негативности проистекле из субјективних разлога, а са друге стране, настале из логистичких активности.

Малосеријска производња се односи на мању количину производа, односно где су количине мање серије су веће, а када је количина производа већа серије су мање. Овакав тип производње је веома ефикасан код предузећа која у свом производном програму имају широки асортиман различитих производа са релативно малим количинама. Производња и продаја при малосеријској производњи врши се по поруџбини купца, док код великосеријске производња врши се са складишта. За серијску производњу карактеристичан је процес да се у једном производном циклусу ради већи број истих производа или већи број делова производа, тако да се најпре обави једна операција на свим производима у серији, затим друга операција опет на свим производима.

Основне карактеристике малосеријске производње су:

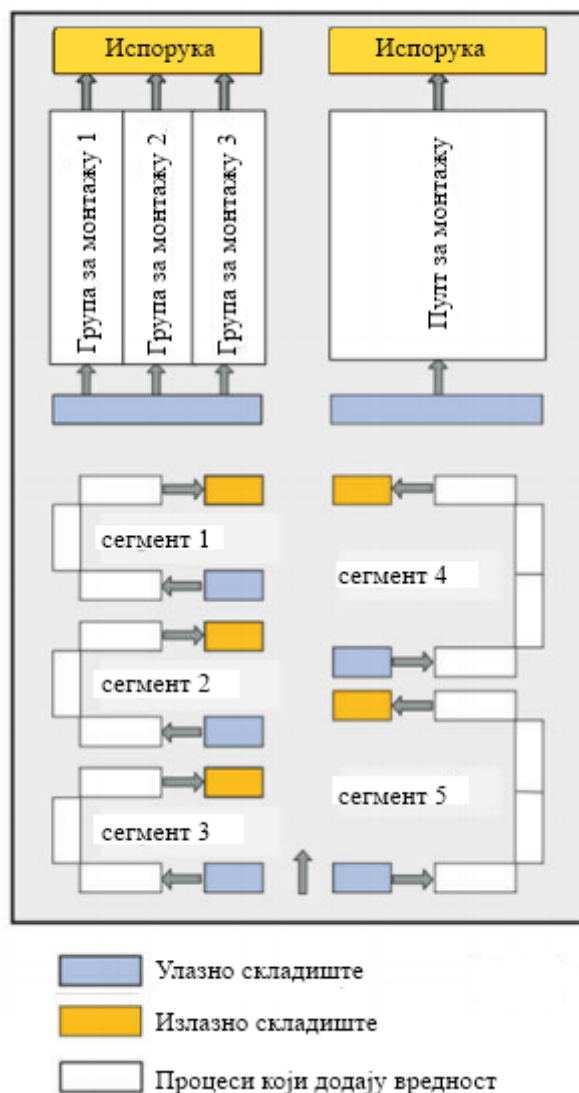
- *Конструктивно-технолошка припрема производње* – конструктивна припрема врши се закључно са радионичким цртежима по деловима. Технолошка припрема обавља се разрадом операција по захватима;
- *Временска норма рада* – подразумева мање припремно-завршно време и мање време израде по комаду. Циклуси производње су краћи него ког појединачне производње;
- *Алат* – укључује већу употребу специјалних и мању употребу стандардних алата;
- *Машине* – углавном су у употреби универзалне и специјалне машине;
- *Кадрови* – потребни су средње стручни кадрови;
- *Организација радних места* – затвореног је типа, а распоред радних места је групан;
- *Стандардизација у поступку рада* – на вишем нивоу него код појединачне производње;
- *Контрола квалитета* – потпуна, врши се после сваке операције;
- *Кретање предмета рада у унутрасњем транспорту* – врши се са прекидима;
- *Заштита на раду* – превентивна;
- *Одржавање средстава за рад* – превентивно;
- *Снабдевање водом и енергијом* – мора да постоји непрекидност;
- *Губици у производњи* – мања је могућност застоја, чекања и других губитака;
- *Књиговодствено праћење производње* – врши се по серијама;
- *Залихе сировина и материјала* – мање су по обиму и врстама залихе сировина и материјала јер је ужи асортиман производа;
- *Коефицијент обртних и укупно ангажованих средстава* – је значајно већи;
- *Степен коришћења капацитета* – виши због ужег асортимана производа;
- *Трошкови припреме производње* – смањују се по јединици;
- *Трошкови процеса производње* – нижи су, повлачи за собом и мању цену продаје;
- *Трошкови истраживања и развој* – због мањег броја производа трошкови су нижи;
- *Продуктивност и економичност* – виша него код појединачне производње.

Великосеријска производња у погледу организације представља најсавршенију форму производње. Великосеријска производња представља производњу великих количина одређених производа од неколико хиљада до неколико стотина хиљада производа у серији. Овакав тип производње подразумева узан асортиман производа са великим количинама. Основне карактеристике великосеријске производње су:

- *Конструктивно* – технолошка припрема производње - конструктивна припрема где су раднички цртежи разрађени по значајнијим операцијама. Технолошка припрема обавља се разрадом операција по покретима;
- *Временска норма рада* – подразумева мање припремно-завршно време и мање време израде по комаду. Циклуси производње су краћи него код појединачне производње;
- *Алат* – укључује већу употребу специјалних и мању употребу стандардних алата;
- *Машине* – углавном су у употреби универзалне и специјалне машине са високим степеном аутоматизације због великих количина производа;
- *Кадрови* – потребни су средње стручни кадрови; процес производње је рашчлањен на више операција, један извршилац обавља једну врсту операције на истом производу;
- *Организација радних места* – стабилизованог је типа, а распоред радних места је линијски;
- *Стандардизација у поступку рада* – на високом нивоу јер је освојена технологија;
- *Контрола квалитета* – потпуна, контрола се претежно врши путем узорака;
- *Кретање предмета рада у унутрашњем транспорту* – непрекидно;
- *Заштита на раду* – превентивна;
- *Одржавање средстава за рад* – превентивно;
- *Снабдевање водом и енергијом* – мора да постоји непрекидност;
- *Губици у производњи* – мања је могућност застоја, чекања и других губитака;
- *Књиговодствено праћење производње* – врши се по серијама;
- *Залихе сировина и материјала* – мање су по обиму и врстама залиха сировина и материјала јер је ужи асортиман производа;
- *Коефицијент обртних и укупно ангажованих средстава* – је значајно већи;
- *Степен коришћења капацитета* – виши због ужег асортимана производа;
- *Трошкови припреме производње* – још више се смањују по јединици производа у односу на малосеријску производњу;
- *Трошкови процеса производње* – нижи су, повлачи за собом и мању цену продаје;
- *Трошкови истраживања и развој* – због мањег броја производа трошкови су нижи;
- *Продуктивност и економичност* – виша него код појединачне производње.

На слици 2.5, приказана је конфигурација серијске производње.

Тип → Серијска производња
Примарни циљеви → Залихе / прециз. испоруке



Слика 2.5. Конфигурација серијске производње [9]

Производни циклус у серијској производњи је временски период од почетка до завршетка израде одређеног производа. Саставни делови једног производног циклуса су [10]:

- време производне операције (време за извођење производне операције) и
- време чекања (време у којем предмети обраде проведу у чекању између операција).

При изради серије производа време операције и време чекања се смењују у различитим трајањима. Време производне операције зависи од бројних фактора, а могу се издвојити утицаји и карактеристике: производа, средстава за рад, режима рада и организације рада.

Скраћивање времена израде серије је од значаја за организовану производњу јер [10]:

- омогућава боље коришћење производних капацитета,
- смањује висину ангажованих обртних средстава,
- смањује трошкове производње,
- повећава продуктивност.

Скраћивање производног циклуса може се постићи предузимањем различитих теза [10]:

- примена нове технологије рада (инвестирањем у нове машине што подразумева расположива финансијска средства) и
- пројектовањем и увођењем ефикасније организације рада.

У зависности од кретања предмета рада, односно серије кроз непосредну производњу, разликују се следећи начини организовања производних операција [10]:

1. узастопни тип;
2. паралелни тип;
3. комбиновани тип.

Време трајања израде серије применом паралелног типа организације, редоследа операција израчунава се на основу израза [10]:

$$T_{cp} = \sum_{i=q}^m t_i + (q - 1) \cdot t_{imax} \quad [2.3]$$

где је:

T_{cp} – укупно временско трајање паралелног циклуса,

t_i – време трајања i - те операције,

t_{imax} – време трајања најдуже операције,

q – број комада у серији,

m – број производних операција.

Паралетни тип се највише примењује код великосеријске производње. Због неједнаког времена трајања операција између њих се појављују међуоперацијски застоји, па се настоји да се те операције ускладе и да теку без застоја. Ако би се вршило усклађивање времена може се доћи до синхронизованог паралелног одвијања проиљзводње који се назива и ланчани систем производње. Тако да ако се успостави једнако време трајања свих операција постиже се најповољнија варијанта [10].

Чиниоци који одређују величину и број серија су:

- продајна могућност произвођача,
- врста средства за рад (начин производње, трошкови и др.),
- начин складиштења (трошкови складиштења),

- врста производа.

Трошкови серијске производње:

- трошкови основних средстава,
- трошкови припреме производње,
- трошкови припреме средстава за рад и трошкови припреме радника,
- трошкови енергије и трошкови одржавања средстава за рад,
- трошкови алата и прибора (заједничких) за више производа,
- трошкови материјала,
- трошкови рада и режијски трошкови,
- трошкови залиха готових производа,
- трошкови осигурања производа на залихама,
- трошкови манипулације и складиштења.

Трошкови карактеристични за серијску производњу, иначе, се могу сврстати у две групе:

- трошкови припреме серија и
- трошкови складиштења производа.

Код одеђивање трошкова јединичне серије узимају у обзир три врсте трошкова:

T_{pz1} – трошкови припреме и распреме свих радних места у процесу,

T_{K1} – трошкови обртног капитала везаног за вредност производа у процесу,

T_{t1} – трошкови међуоперацијског и међускладишног транспорта у процесу.

$$T_1 = T_{pz1} + T_{K1} + T_{t1} \Rightarrow \min \quad [2.4]$$

$$T_{pz1} = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^n t_{pzi} \cdot c_i, \text{ Njed/kom} \quad [2.5]$$

где је:

c_i – вредност јединице времена i – тог радног места ($i = 1, 2, \dots, n$),

q – величина јединичне серије,

t_{pzi} – припремно завршно време на i – том радном месту.

$$T_{K1} = \left(q_m \cdot c_m + \frac{\sum t_{oi} \cdot c_i}{2} \right) \cdot \frac{t_{cp}}{365} \cdot \frac{k}{100}, \text{ Njed/kom} \quad [2.6]$$

где је:

q_m – маса материјала за јединицу производа, kg/kom ,

c_m – вредност јединице масе материјала, $N jed/kg$,

t_{oi} – време i – те операције, *min/kom*,

t_{cp} – циклус производње јединичне серије у данима,

k – каматна стопа на ангажованим финансијским средствима, % годишње.

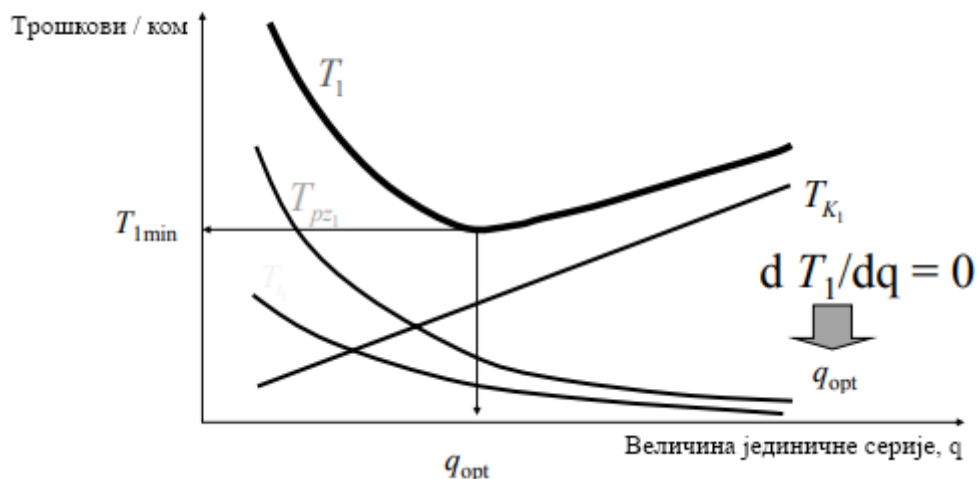
$$T_{t1} = \frac{\sum_1^m t_{tj} \cdot c_{tj}}{q}, \text{ Njed/kom} \quad [2.7]$$

где је:

t_{tj} – време j – тог транспорта ($j = 1, 2, 3, \dots, n$),

c_{tj} – вредност јединице времена j – тог транспорта.

На слици 2.6, приказан је квалитативан ток појединих врста трошкова по комаду.



Слика 2.6. Квалитативан ток појединих врста трошкова по комаду [6]

Средства за серијску производњу, на основу степена механизације и аутоматизације се могу поделити у четири групе:

- универзална средства за производњу,
- механизована средства за производњу,
- аутоматизована средства за производњу и
- флексибилни производни системи.

За сагледавање постојећег начина рада, код серијске производње треба анализирати више параметара, а основни су:

- степен искоришћења капацитета,
- степен отворености радних места и
- ниво организованости процеса производње.

3. Машины за реализовање серијске производње

Данас је савремена производња незамислива без савремених машина за серијску производњу. Ове машине имају скоро исте делове као и ручно контролисане машине, али је битна разлика додатак контролне јединице и сервомотора за покретање свих вратила са одговарајућим алатима.

3.1. CNC машине за серијску производњу

CNC машине (Computer Numerical Control) су нумеричке машине које рачунају координате за позиције вратила са алатима контролишући сервомоторе. CNC машине су развијене од NC машина (нумерички управљаних машина). Код нумеричких машина се информације нису чувале као целокупни програми у контролној јединици машине, већ се делимично читавају са бушених трака. CNC технологије почињу да се развијају 1970-их година. Ово је омогућило рационализацију у производњи, кроз брже и прецизније кретање алата.

Помоћу неког одговарајућег CNC програма, предмет који се жели изградити се преводи у машински. Машински језик или G код, уствари, генерише координате сваке тачке преко које алат треба да пређе. Поред тога што су контролисане од стране рачунарског програма, CNC машине се састоје од машина (глодалица, струг, рутер и др.), одговарајућег мотора, драјвера, рачунара и софтверског пакета. Данас су углавном у употреби CNC рутери и CNC глодалице и стругови. На слици 3.1, шематски је приказан CNC обрадни центар.



Слика 3.1. CNC обрадни центар [11]

Код CNC обрадних система микропроцесор омогућава измену програма на самој машини, а притом је могуће из извршити одређене измене и током обраде предмета. То омогућава велику флексибилност у раду и уштеду у времену због чега су CNC машине увелико заступљене у данашње време.

Аутоматизација малосеријске и серијске производње код обраде метала резањем успешно се изводи применом нумерички управљаних машина алатки. Овај тип машина се одликују повећаном продуктивношћу и тачношћу. Њихова примена подиже металопрераду на виши ниво. При томе, треба сагледати предности и недостатке примене нумерички управљаних машина алатки.

Основне предности примене нумерички управљаних у односу на конвенционалне машине алатке су:

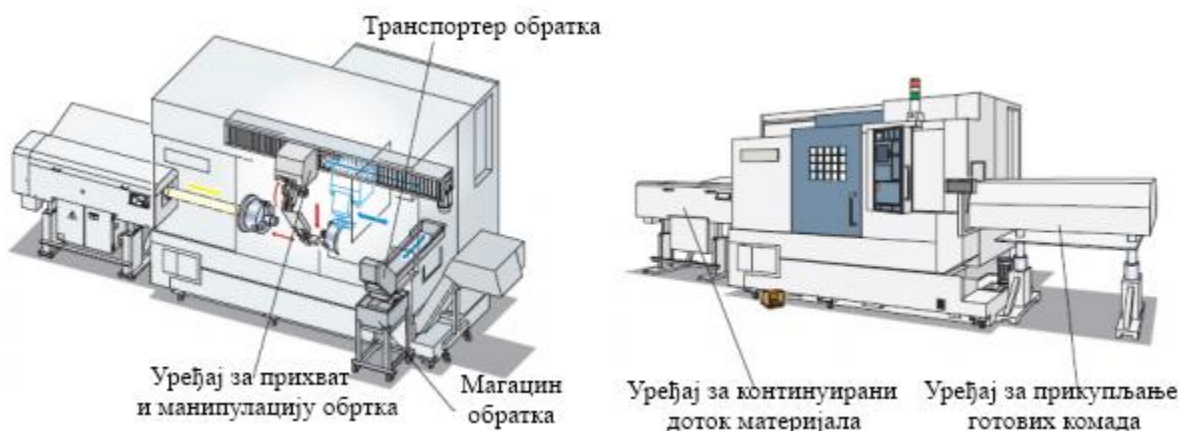
- повећање продуктивности смањењем укупног времена,
- услед смањења главног и помоћног времена, • висока тачност обраде и незначителна контрола обраде,
- обрада делова сложенијих профила који се тешко могу да остваре на конвенционалним машинама,
- повећање временског степена искоришћења машине,
- смањење броја и трајања припремних операција (обележавање, забушивање и сл.),
- једноставније управљање процесом производње,
- избегнута потреба за високостручним послужиоцем машине алатке,
- послужилац машине алатке има више слободног времена и може да прати рад друге машине и тако даље.

Недостаци примене су:

- обавезно планирање рада до детаља, као код сваке аутоматизоване производње,
- велики инвестициони трошкови повећавају трошкове машинског сата, • потреба за високостручним програмерима,
- поузданост нумерички управљане у односу на конвенционалну машину алатку може бити нижа,
- већи ефекти се остварују у аутоматизацији великосеријске производње и тако даље.

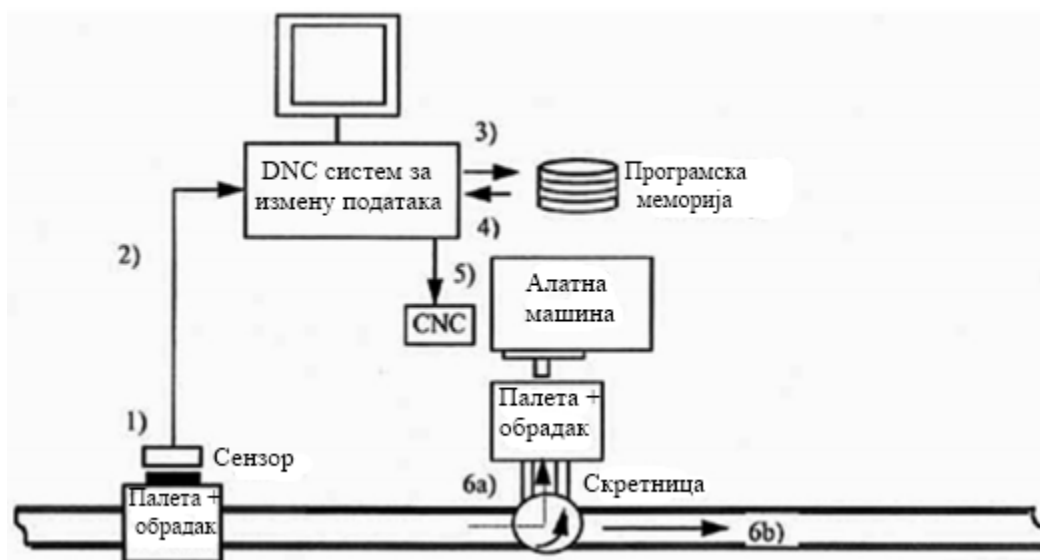
Анализа коришћења машина показује да једна нумерички управљана машина замењује 3 до 8 конвенционалних машина алатки, што омогућује смањење опреме, производног простора, радне снаге и друго. Продуктивност се повећава до 50%, тачност израде делова повећава се 2 до 3 пута, а број и цена накнадних операција смањује се 4 до 8 пута. Временски степен искоришћења нумерички управљане машине треба да је велики, јер се нумерички управљана машина алатка већ после 5 година сматра застарелом. На крају века трајања машине утиче и стална појава новијих, савременијих и

продуктивнијих типова машина алатки. Могуће је потпуно аутоматизовати машину додавањем система за континуирани доток материјала (периферна опрема), као и уградњу система за сакупљање готових комада, (слика 3.2).



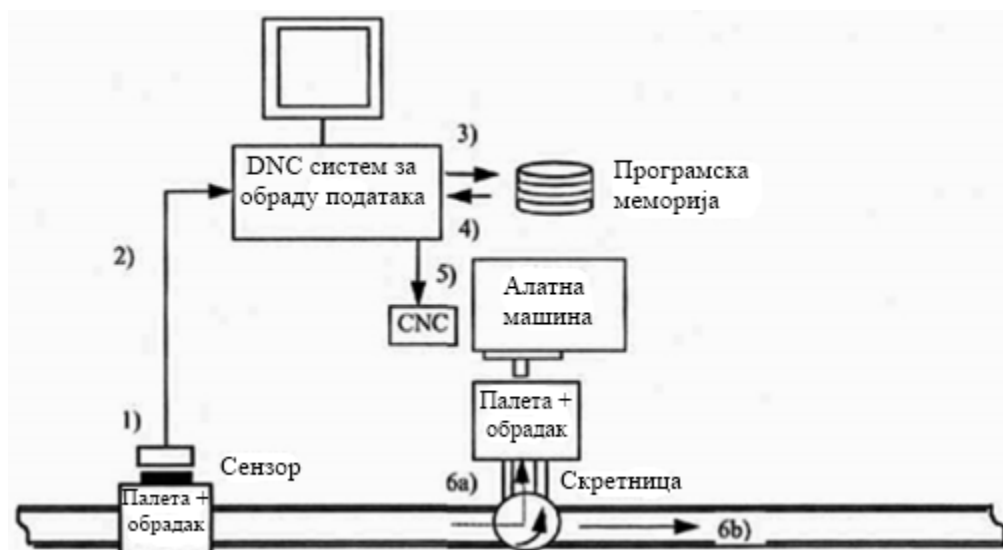
Слика 3.2. Потпуно аутоматизована CNC машина [11]

Код серијске производње код поступка којим се програм позива путем обратка, процесни рачунар (слика 3.3) преузима задатке „препознавање – тражење – припрема – пренос“ програма. Неопходне специјалне коректуре померања, броја обртаја и друге функције код NC машина морају се меморисати централно, да би сваку машину која треба да учествује у производњи, преко управљачког програма учинили ефикасном. Процесни рачунар даље распоређује програм другој машини, а избор машине је по овом принципу случајан.



Слика 3.3. Позивање обратка путем програма меморисаног у NC-у према редоследу: 1) програм на CNC машини, 2) тестирање бројева палета, 6a) када палете одговарају броју програма – палета на машини, 6b) када палета не одговара броју програма палета иде даље у оптицај [11]

Код система где се врши позивање обратка путем програма (слика 3.4), једноставније техничко решење, програм обраде за обрадак преноси се комплетно у меморију CNC машине. Систем управљања тада чита кодне бројеве свих палета које пролазе поред машине, пореди их са меморисаним бројем у програму, а у случају подударања управљање усмерава палету ка машини путем одговарајућег положаја скретнице. Пре него што почне обрада палете у машини, врши се аутоматско брисање адресе, како би се онемогућио поновни наилазак палете на исту обрадну станицу. Овај систем управљања серијском производњом није оптерећен недостацима и ради са знатно мање комуникације између рачунара и управљања. Коректне вредности које се односе на машину, алат или обрадак, се могу директно унети на NC машину, што чини једну практичну предност овог система обраде.

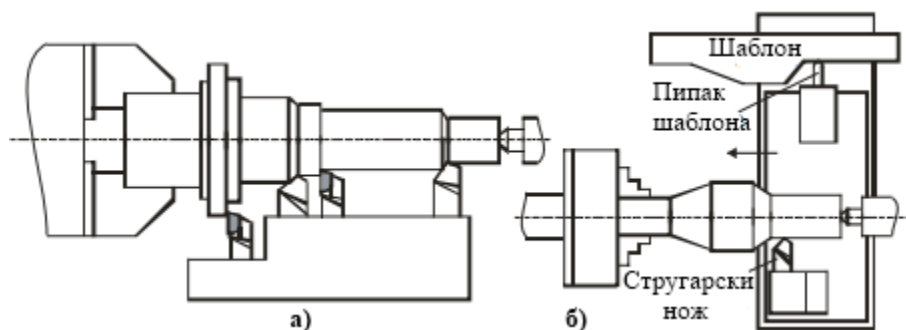


Слика 3.4. Позивање програма помоћу обратка (кодирање палете) на основу следећег редоследа:

- 1) препознавање броја палете, 2) најава DNC система рачунару, 3) тражење програма, 4) препознавање програма, 5) пренос програма у CNC машину, 6а) постављање палете на машину 6б) машина заузета или неподесна за обраду [11]

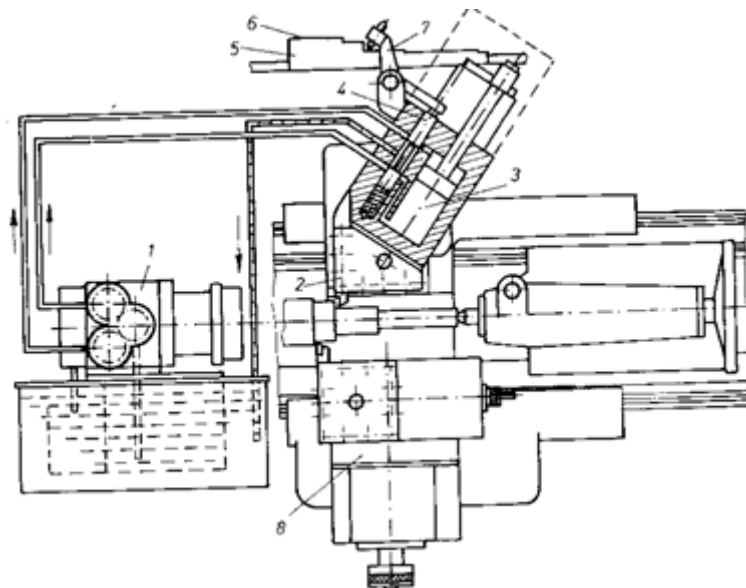
3.2. Стругови за серијску производњу

Стругови за серијску производњу користе код израде већег броја истих или сличних делова или извођење већег броја операција на истом предмету обраде. То су: вишесечни стругови, копирни стругови, револвер стругови са хоризонталном и вертикалном револвер главом и слично. Вишесечни стругови имају носач алата са већим бројем резних алата. Тиме је обезбеђена истовремена обрада већег броја површина (слика 3.5а). Стругарски нож током процеса обраде креће у складу са кретањем пипка шаблона (слика 3.5б) и копира облик шаблона на предмету обраде.



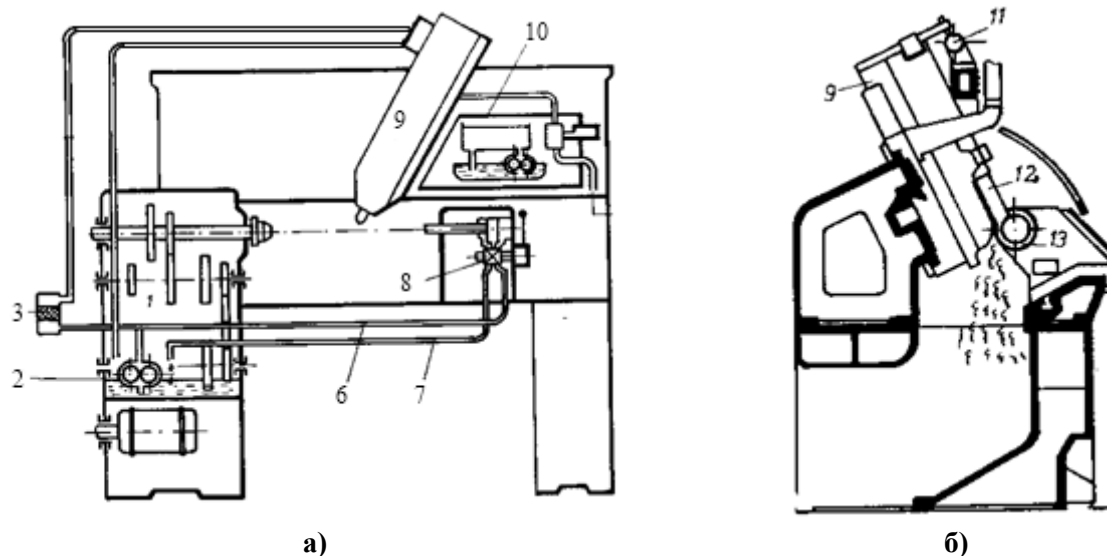
Слика 3.5. Шематски приказ копир струга: а) вишесечно резање, б) принцип копирања [1]

Савремени копирни стругови су веома продуктивне машине за обраду метала резањем и њихов развој је започео од универзалног струга на чији попречни клизач је била постављена копирна глава, (слика 3.6).



Слика 3.6. Универзални струг са копир главом: 1) хидраулички агрегат, 2) копирна глава, 3) радна стублина, 3) клип разводника, 4) шаблон, 5) задата путања на шаблону, 6) копирни пипак, 8) уздужно-попречни клизач [1]

Копирни стругови скидају веике количине струготине и тиме се јавља проблем одвајања струготине из радног простора машине. Из тог разлога се код копирних стругова клизач копирне главе поставља под нагибом од 60° до 75° , што је приказано сликама 3.7а и 3.7б.

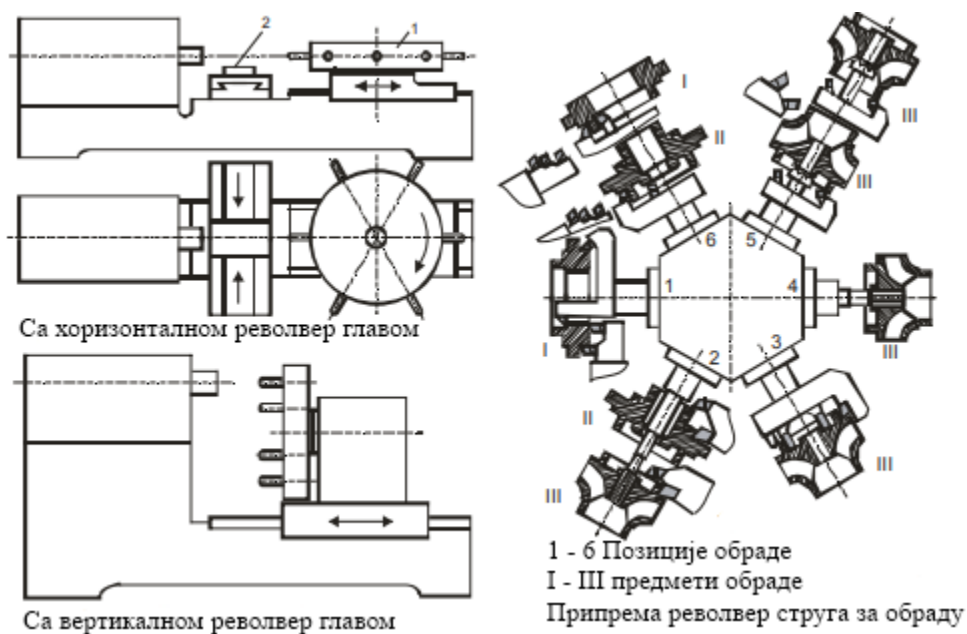


Слика 3.7. Копирни струг: а) шема копирног струга: 1) глава струга са преносником за главно кретауе, 2) пумпа за погон копирне главе и копира, 3) развод уља за копирну главу и за копира, 5) довод уља у копирну главу, 6) одвод уља из копирне главе, 7) довод уља у копира, 8) одвод уља из копира, 9) вентил за померање шиљака копира, 10) копирна глава, 10) погон клизача, б) попречни пресек копирног струга и м одвајања струготине из радног простора машине: 9) копирна глава, 11) шаблон, 12) нож, 13) предмет обраде [1]

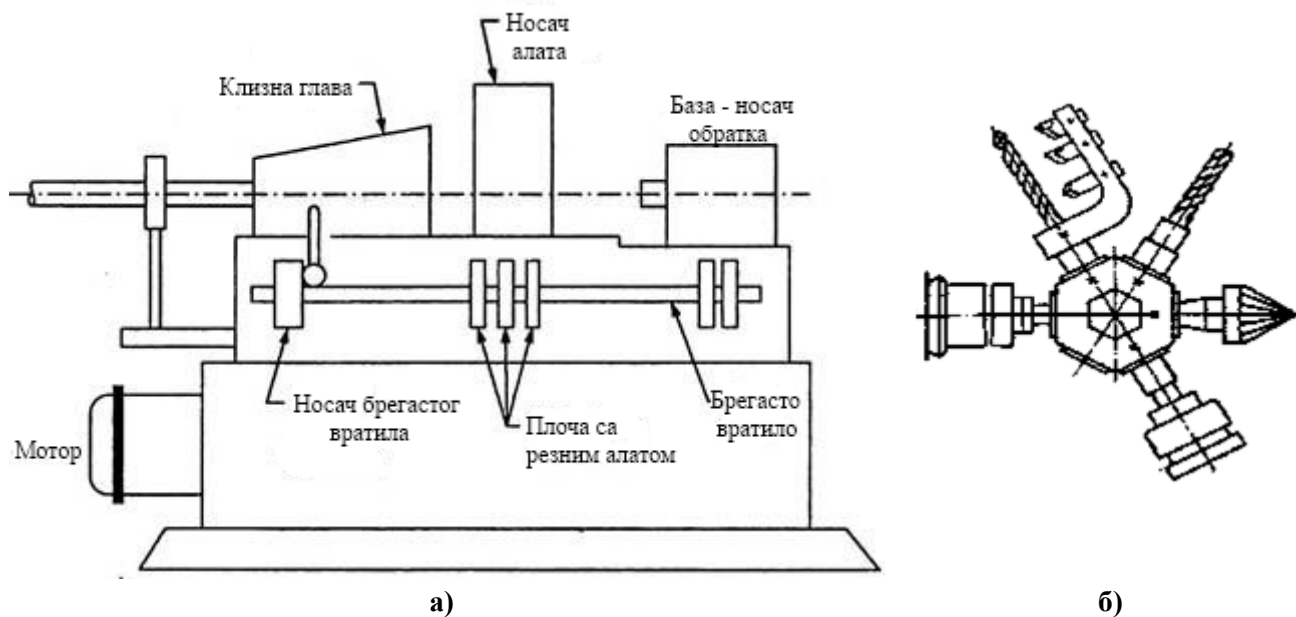
Основу конструкције револвер стругова (слика 3.8) чини револвер глава (1) са већим бројем алата поређаних према редоследу извођења операција, односно захвата. Поред револвер главе стругови имају и додатне носаче алата (2). На тај начин је обезбеђена комплетна израда делова различите конфигурације. Основне експлоатацијске карактеристике стругова за серијску производњу обухватају поред карактеристика стругова за појединачну производњу и број носача алата и број алата који прихвата револвер глава.

Аутомтски стругови, аутомати, су потпуно аутоматизирани револверски стругови. Аутоматски стругови се употребљавају великосеријској и масовној производњи.

Једновретени аутоматски стругови (слика 3.9а) обрађују један по један обрадак. Главно резно кретање изводи обрадак који је постављен у главном вретену. Обрадак се обично израђује из шипке која пролази кроз шупље главно вретено. Обраду уздужним померањем изводе један за другим поједини резни алати учвршћени у револверској глави (слика 3.9б).



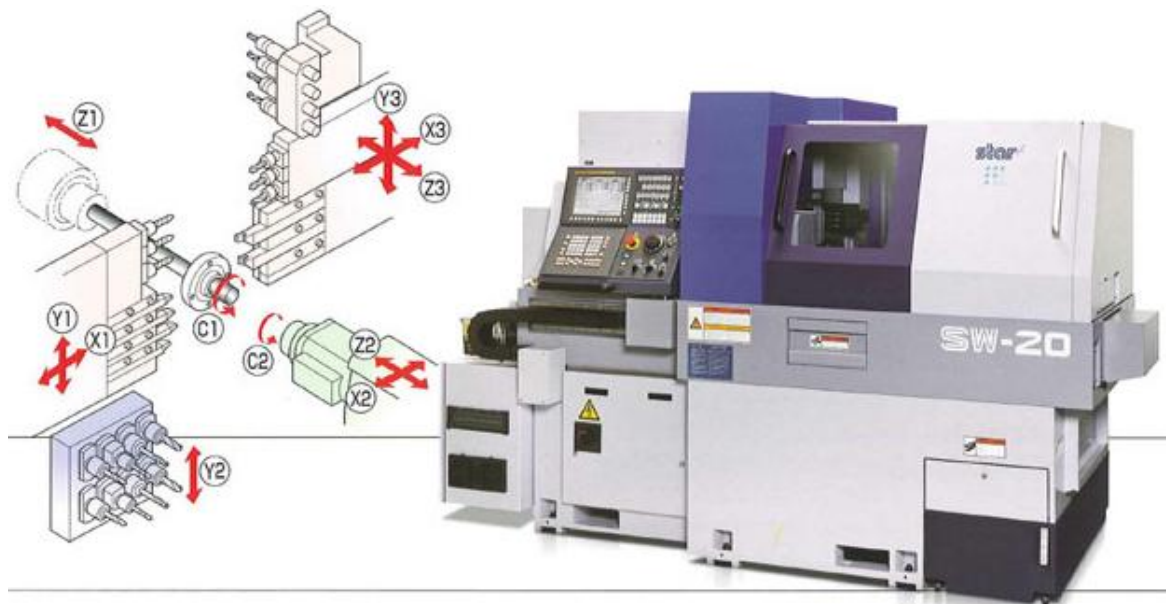
Слика 3.8. Шематски приказ револвер стругова [1]



Слика 3.9. а) Једновретени аутоматски струг, б) револвер глава аутоматског струга [12]

Постоје и једновретени аутоматски стругови са револверском главом, са једном две или више управљачких главних или споредних осовина. Једновретени аутоматски стругови без револверске главе изводе се обично као аутомати за дужно стругање или као аутомати за обликоване делова и вијака. Код аутомата за дужинско стругање, главно и споредно кретање изводи шипка постављена главно вретено. Главно вретено изводи резно кретање, док вретениште у којем је улежиштено главно вретено, изводи помоћно кретање.

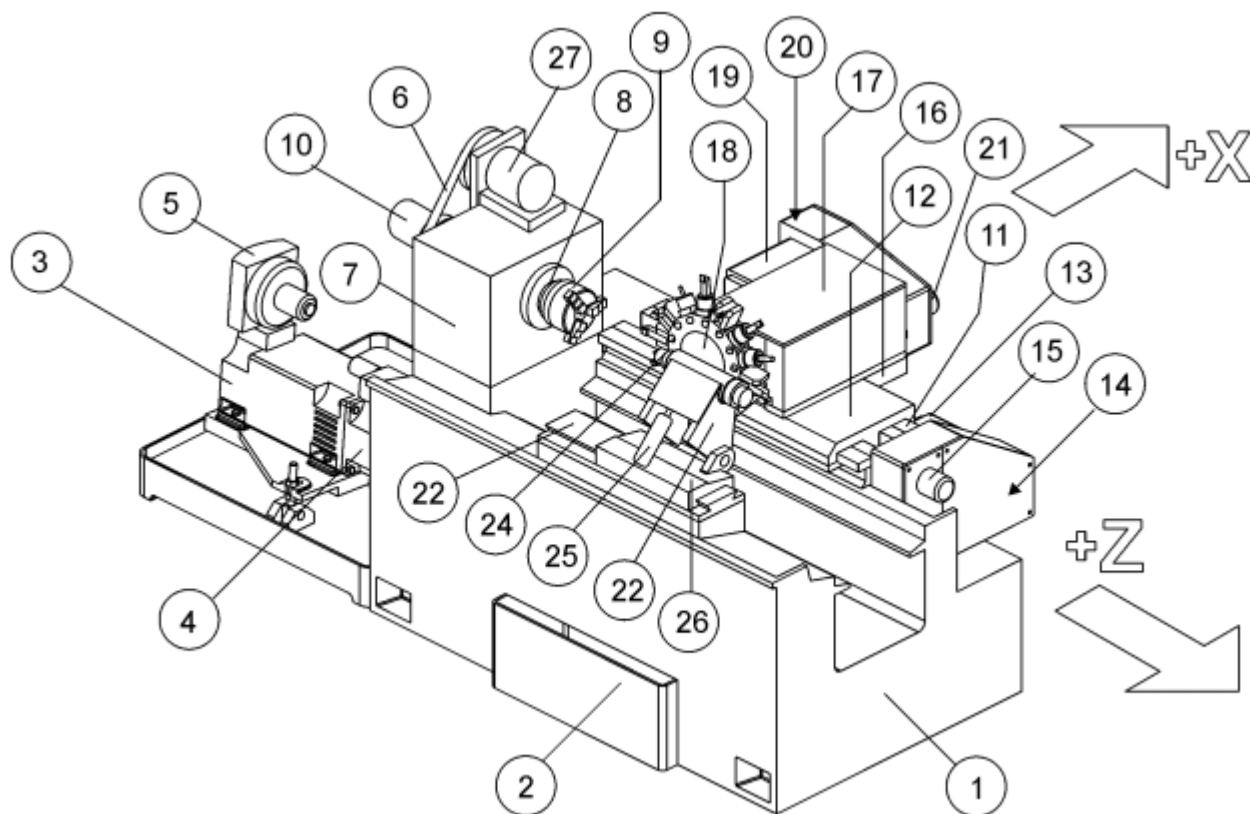
Вишевретени аутоматски стругови (слика 3.10) употребљавају се искључиво у великосеријској и масовној производњи. Производе се са 4, 6 или 8 главних вретена и могу израђивати делове од калибрисаних шипки и цеви, а могу обрађивати и обратке појединачно. Сва главна вретена улежиштена су у великом бубњу који се након извршене операције обраде заокрене заједно са главним вретенима, шипкама и носачима шипки за једно радно место даље, зависно од броја вретена.



Слика 3.10. Вишевретени аутоматски струг [13]

У оси са бубњем главних вретена уздужно се креће четворо, шесторо или осморо страни носач уздужних прихвата различитих алата којима се истовремено у уздужном смеру врши обрада материјала стругањем. Око бубња главних вретена смештени су разни ножеви за попречно стругање. Испод бубња главних вретена налазе се управљачке осовине са низом бубњева на којима се налазе причвршћене управљачке кривуље. Ове кривуље управљају кретањем за отварање и стезање захватних стега за материјал. Као и појединим обрадцима и помоћним кретањима уздужних вишестраних ножева и свих попречних ножева. Вишевретени аутомати врше истовремено више операција обраде, те је зато време обраде за толико пута мање него време на револверском стругу, колико аутомат има вретена.

Данашње управљачке јединице грађене су на принципу коришћења микропроцесора, тј. малог електронског рачунара који се може програмирати и тиме остварити процес нумеричког управљања. Због тога се такве управљачке јединице и зову CNC управљачке јединице. На слици 3.11, приказан је PH 42 CNC је двоосни нумерички управљани струг са једном револвер главом. Дужине хода револвер главе, са алатом су: 340 mm у уздужном правцу (Z-оса) и 120 mm у попречном правцу (X-оса). Максималне брзине у радном ходу за обе су по 2000 mm/min, а брзине брзих хода су 6000 mm/min.



Слика 3.11. PH 42 CNC је двоосни нумерички управљани је струг: 1) постолје, 2) резервоар смеше за хлађење и подмазивање, 3) мотор главног кретања, 4) насадни планетарни преносник, 5) мотор вентилатора за мотор главног кретања, 6) ремени пар са V вретеном, 7) кућиште главног вретена, 8) главно вретено, 9) стезна глава, 10) хидроцилиндар стезног кола, 11) вођице уздужног клизача, 12) уздужни клизач, 13) мотор Z осе, 14) преносник (синхрони ремен) Z осе, 15) енкодер на завојном вретену Z осе, 16) вођице попречног X клизача, 17) клизач X осе са погоном револвер главе, 18) револвер глава (13 позиција), 19) серво (АС) мотор X осе, 20) преносник (синхрони ремени пар) X осе, 21) енкодер X осе, 22) вођице носача задњег шиљка, 23) механизам за обарање задњег шиљка, 24) пинола задњег шиљка, 25) цилиндар за обарање пиноле, 26) носач задњег шиљка, 27) енкодер главног обрадног кретања (од значаја при обради навоја) [14]

Погон главног кретања је АС мотор са максималном снагом од 16 kW. Преносник за главно кретање је планетарни насадни, са два ступња. Максимални број обрта главног вретена је 19÷6000 o/min. Праћење позиције главног вретена, ради синхронизације са помоћним кретањима при обради завојница, остварено је преко инкременталног енкодера.

Проврт главног вретена допушта провлачење шипке до $\varnothing 42$ mm. Стезање обрадака се изводи помоћу хидрауличног стезног кола. Као прибор за стезање користе се еластичне стезне чауре или глава са чељустима (прирубница вретена према DIN 55027 5x13).

Револвер глава је иза осе стругања, има 13 позиција. Прихват алата је преко цилиндричних дршки држача алата (DIN 69880). Систем држача алата је предвиђен за максимални пресек

дршке ножа 20x20 mm. Носач задњег шиљка се ручно позиционира, при припреми машине, у уздужном правцу, на посебним вођицама. Ход пиноле је 80 mm. Поред извлачења и увлачења пиноле, помоћу хидроцилиндра, једним хидроцилиндром се, по потреби, остварује ротација носача пиноле, ради одмицања задњег шиљка, или његовог довођења у правац осе главног вретена. Актуација пиноле и обарања носача пиноле се остварује ручно и аутоматски.

Управљачка јединица (Siemens, SINUMERIK 810T) допушта линеарну и кружну интерполацију у XZ равни. На располагању је помоћ послужиоцу у виду фиксних циклуса (стругање, усецање профилисаних жљебова, дубоко бушење и стругање навоја), поједностављеног програмирања контуре и графичке симулације путање алата.

Поред наведеног, редовну опрему машине чине: хидроагрегат, стезно коло, систем за хлађење алата, са резервоаром, систем за централно импулсно подмазивање, механичка рука за прихват и одлагање обрађених делова, посебни попречни клизач за одсецање са хидрауличким погоном и заштитна кабина. Габаритне мере машине су 2.90x1.75x1.70 m, а укупна маса 5000 kg.

3.3. Глодалице за серијску производњу

Машине у обради глодањем или глодалице деле се према конструкцијским решењима на:

- хонзолне (хоризонталне, вертикалне и универзалне),
- безконзолне (хоризонталне, вертикалне и универзалне) и
- глодалице за специјалне намене (алатне, копирне, агрегатне, програмске, одвалне, глодалице за навоје).

У зависности од система управљања разликују се:

- конвенционалне и
- програмске глодалице.

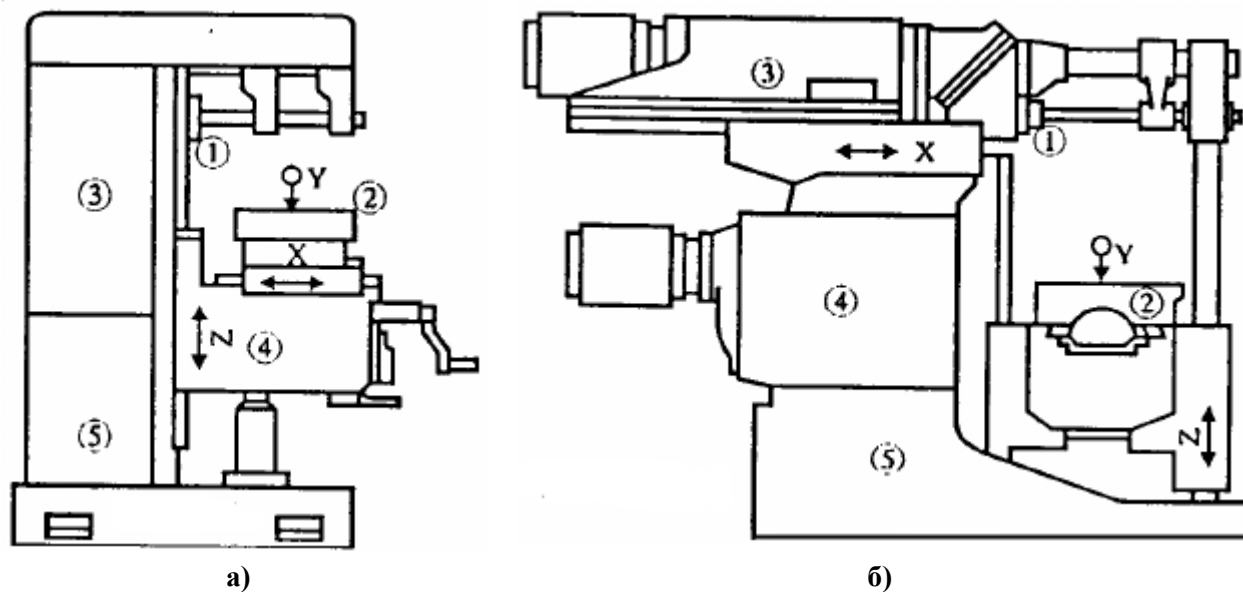
Према положају главног вретена глодалице се деле на:

- хоризонталне и
- вертикалне.

Према броју главних вретена на:

- једновретене и
- вишевретене.

Хоризонталне глодалице (слика 3.12) користе се за обраду равних површина, површина специјалног облика, израду зупчаника појединачним резањем, израду дугоходних завојница и др.



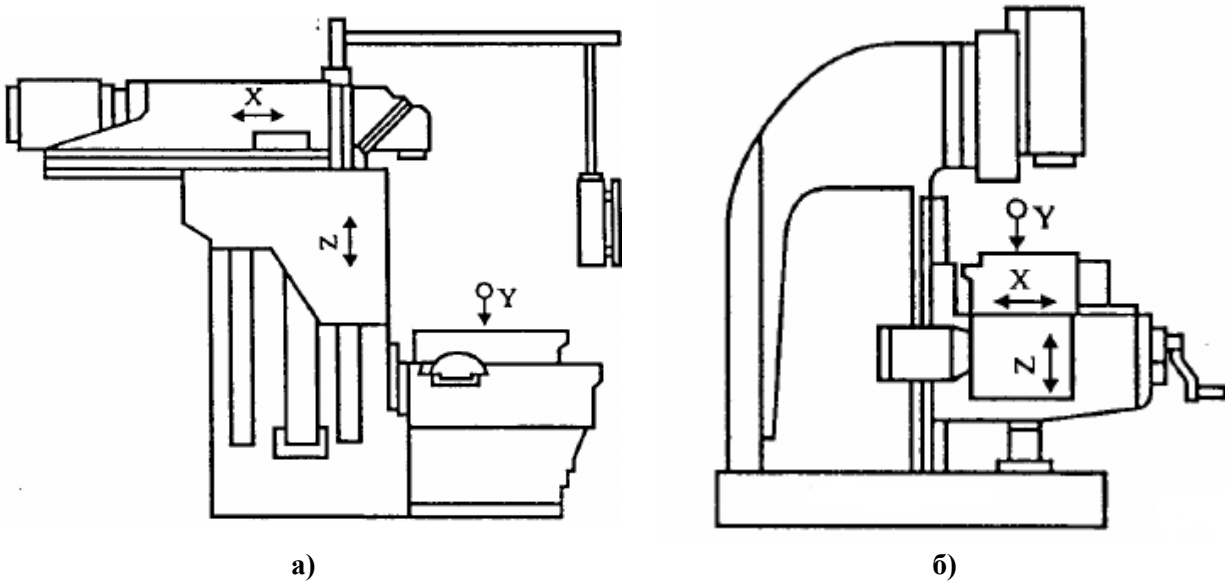
Слика 3.12. Шематски приказ хоризонталне глодалице: а) конзолна глодалица, б) безконзолна глодалица [1]

Главни елементи хоризонталних глодалица су радно вретено (1), радни сто (2), јединица за главно кретање, погонски електромотор и преносник главног кретања (3), јединица за помоћно кретање, погонски електромотор и преносник помоћног кретања и систем преносника типа навојновретено-навртка (4), постоље (5), систем управљања, командна табла, ручице, полуге и друго. Поред наведеног ту су још и систем за подмазивање, систем за хлађење и др.

Основне експлоатацијске карактеристике глодалица су:

- коефицијент прецизности C_{mp} и тачност C_{mpk} ,
- погонска снага P и степен искоришћења η ,
- распон броја обртаја n_{min} до n_{max} и фактор φ_n ,
- распон брзина помоћног кретања V до V_{max} и фактор φ_s ,
- максимална дужина хода радног стола у правцу све три осе.

Код вертикалних глодалица (слика 3.13) положај радног вретена је вертикалан, мада се све чешће израђују глодалице са радним вретенима која се закрећу за одговарајуће угао. Обезбеђују обраду равних површина, површина специјалног облика, израду завојних жљебова, зупчаника и сл. Основни елементи глодалице су исти као и код хоризонталних глодалица, уз чињеницу да су конструктивни прилагођени.



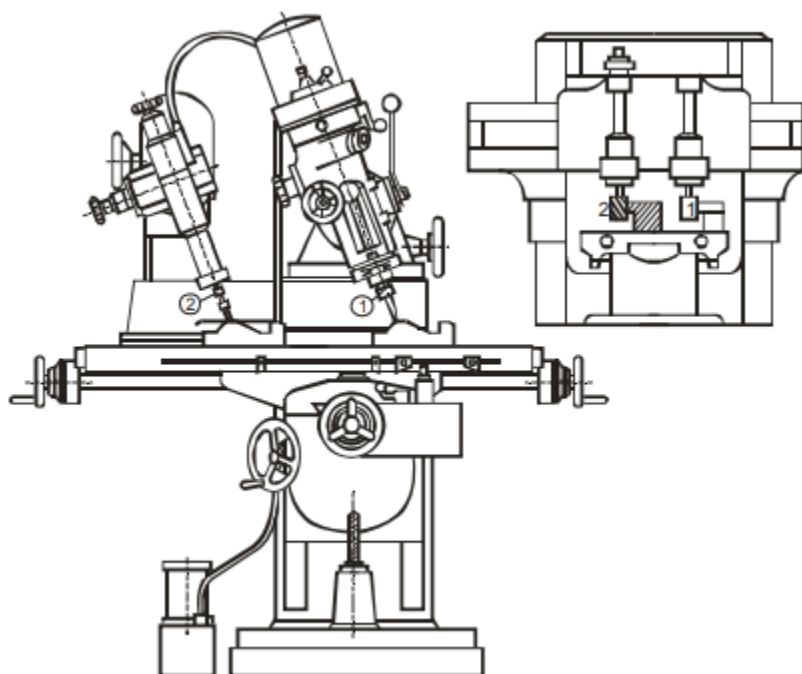
Слика 3.13. Шематски приказ вертикалне глодалице: а) конзолна вертикална глодалица, б) безконзолна вертикална глодалица [1]

Универзалне глодалице су концепцијски тако обликоване да могу радити као хоризонталне или вертикалне. Поред тога већина глодалица обезбеђује и закретање радног стола. Тиме се стварају услови за реализацију великог броја производних операција, па и за израду завојних жљебова и дугоходних завојница применом подеоног апарата.

Универзалне алатне глодалице са хоризонталним и вертикалним радним вртеном се користе за израду резних алата, алата за ковање, пресовање и сл. Конструктивно су тако формиране да обезбеђују обртање радног стола око једне или две осе и обртање носача алата (главног вретена) у циљу постављања вертикалног радног вретена под одређеним углом. Снабдевене су и уређајима за бушење и рендисање, тако да могу радити и као бушилице или рендисалке, што знатно проширује асортиман производних операција.

Копирне глодалице су намењене за обраду криволинијских контура и профилисаних површина. Имају два паралелна вретена од којих је једно вретено главно вретено са глодалом, док је друго вретено намењено за смештај копног шиљка. Копирни уређај ради на хидрауличком или електричном принципу и обезбеђује пренос кретања од копног шиљка до алата. Тако да алат изводи иста кретања као и шиљак.

Копирне глодалице са копирном главом користе се за обраду великих предмета, као што су алати за пресовање аутомобилске каросерије, који могу бити копирати у размери. На слици 3.14, шематски приказана копирна глодалица.



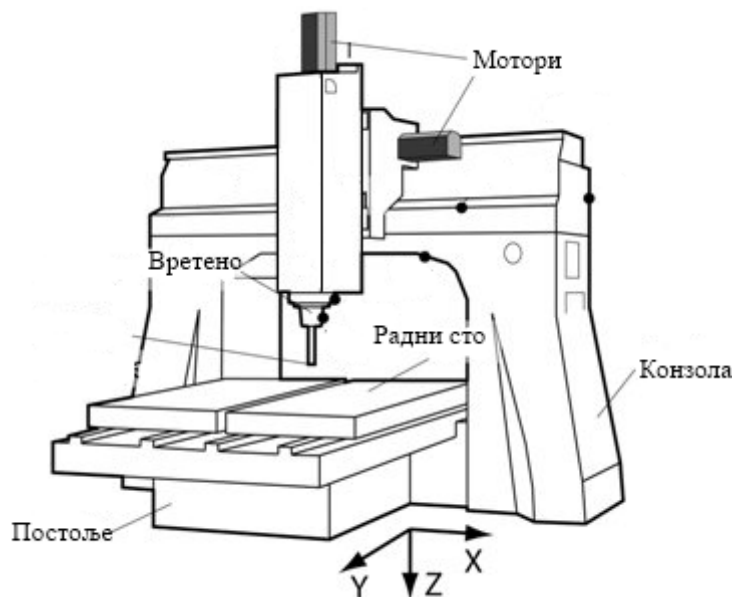
Слика 3.14. Шематски приказ копирне глодалице: 1) главно вретено са глодалом, 2) помоћно вретено са копирним шиљком [1]

Порталне глодалице се користе у великосериској производњи за обраду равних површина код блокова мотора, на главама мотора, картерима, мењачким кутијама и сличним производима. Представају алатне машине великог учинка и веома уског делокруга рада. Принцип рада је такав да предмет се обради у једном пролазу. Као резни алат користи се велике главе са уметнутим сечивима од тврдог метала. Најчешће се користи чеоно глодање.

Порталне глодалице могу бити:

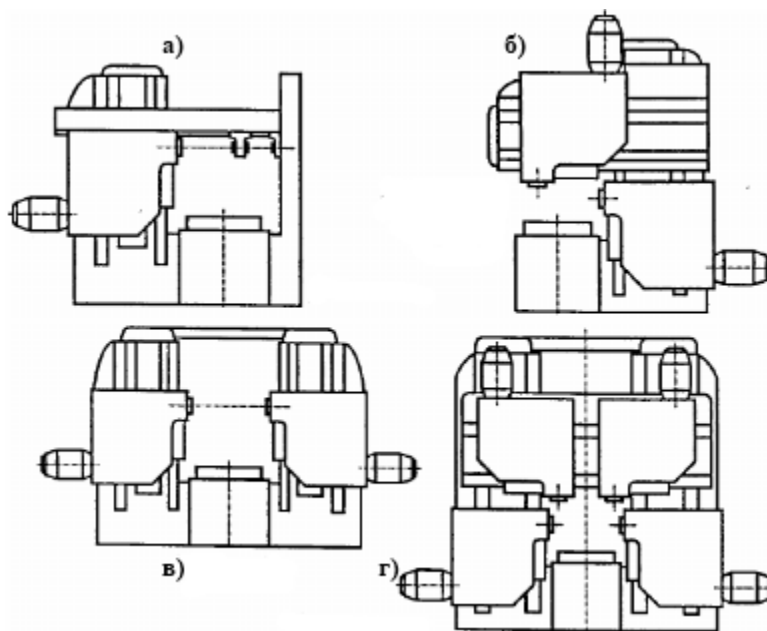
- једновретене или
- вишевретене.

Вишевретене порталне глодалице, као што назив каже, имају више вратила са по једним вретеном и свако вратило ради самостално. Порталне глодалице могу да чине једну станицу на производним линијама или на трансвер линијама. Шематски приказ порталне глодалице приказан је на слици 3.15.



Слика 3.15. Шематски приказ порталне глодалице [15]

У групу специјалних глодалица сврставају се агрегатне глодалице, глодалице са више радних вретена, карусел глодалице, глодалице-бушилице и сLINE. Намењене су великосеријској и масовној производњи стандартизованих и типизираних делова, сличних по облику и димензијама. Агрегатне глодалице (слика 3.16) имају већи број агрегата за обраду глодањем у циљу стварања услова за истовремену обраду већег броја површина на обрадцима већих габарита и сложеније конфигурације.



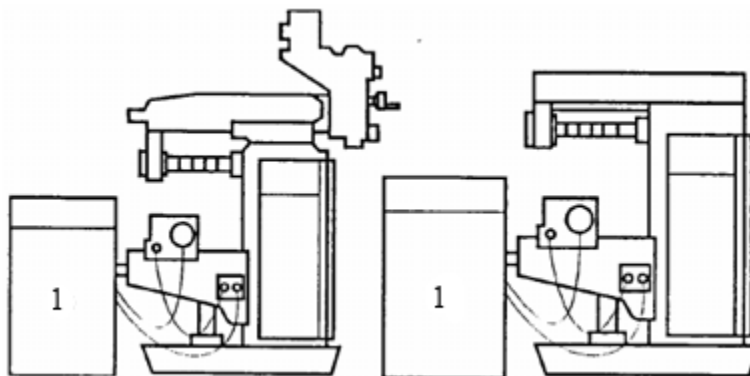
Слика 3.16. Шематски приказ агрегатне глодалице: а) једновретена, б) двовретена са хоризонталним и вертикалним вретеном, в) хоризонтална двовретена, г) четворовретена [1]

Вертикалне револвер глодалице су по радним карактеристикама веома сличне вишевртеним бушилицама са револвер главом, само су способне за теже глодачке обраде. Вишевртене глодалице са револвер главом имају шест главних вретена и све функције су аутоматизоване сем прихвата предмета обраде.

CNC глодалице су тешке и масивне машине које се користе за обраду дрвета, лаганих и тешких метала, резањем тј. стругањем и глодањем. Користе се у великим производним погонима и сходно цени и габариту, као и перформансама, одмах је јасно да се користе у масивној серијској производњи. У случају обраде компоненти неправилних површина које приликом примене троосне обраде захтијевају по неколико стезања, како би се довеле до жељеног издатка, увођење петоосне обраде на уместо троосне показује знатне предности.

Предности се још могу уочити уколико се на тако обрађеним деловима захтева и додатно брушење површина. У случају троосне обраде неравних површина, на површинама остаје додаток за ручну завршну обраду, док петоосна обрада даје већи квалитет обрађене површине. Жељени квалитет површине добија се правилним одабиром кретања и оријентацијом алата приликом обраде. Уколико се ови параметри ваљано поставе у већини случајева додатна обрада није потребна.

Суштина програмског управљања се састоји у аутоматском управљању радним органом машине по унапред задатом редоследу кретања, без учешћа радника. Редослед рада појединих органа машине је дефинисан програмом који се уноси у управљачку јединицу глодалице (1) (слика 3.17).



Слика 3.17. Шематски приказ NC и CNC глодалице [1]

3.4. Бушилице за серијску производњу

Обрада унутрашњих површина, рупа и отвора, у серијској производњи сматра се тежим поступком од обраде спољних површина. Разлози за то су:

1. мања крутост алата,
2. несигурније усмеравање алата,
3. теже је допрети до обрађене површине,
4. тежи услови рада и слабије хлађење сечива.

У општем случају, тачност отвора односно рупа је одређена са:

1. тачности пречника и дубине,
2. тачност кружности,
3. тачност цилиндричности,
4. тачност положаја: истоосност, паралелност оса, управност оса, осно растојање.

Машине у обради бушењем-бушилице могу се разврстати на различите начине. Према положају главног вретена на хоризонталне и вертикалне бушилице, а према броју главних вретена на:

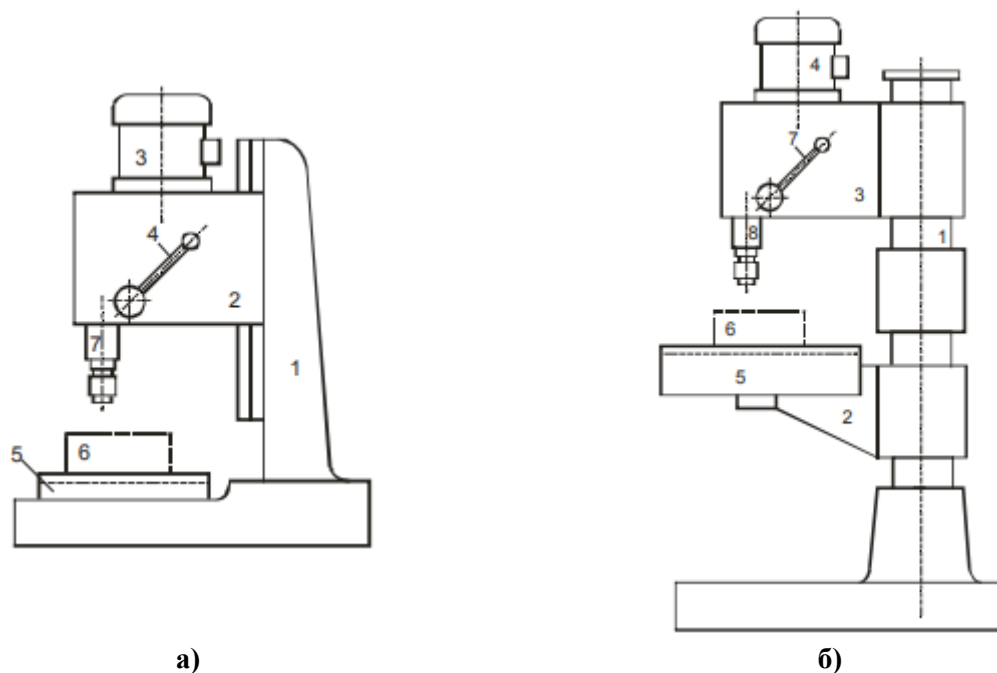
- једновретене,
- вишевретене.

Једновретене бушилице су намењене појединачној и серијској производњи. У ову групу бушилица спадају:

- стоне, стубне,
- радијалне,
- универзалне радијалне и
- координатне бушилице.

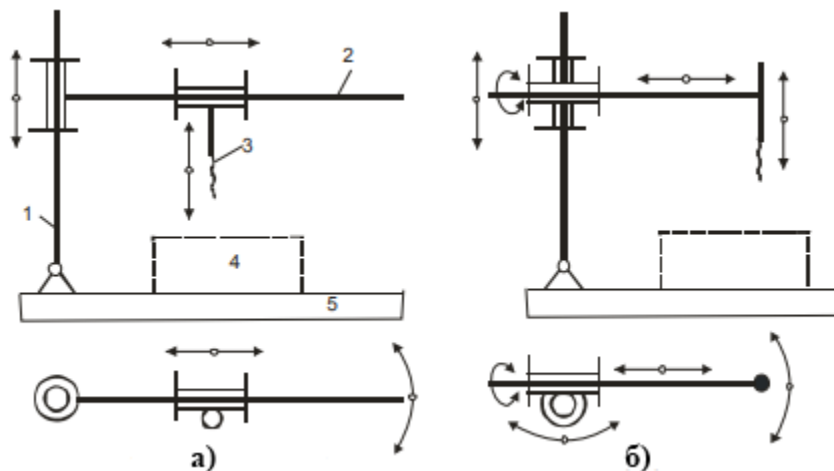
Стона бушилица (слика 3.18а) се састоји од носећег стуба (1), конзоле (2) са погонским агрегатом, електромотор (3) и преносника за главно кретање и радног стола (5). Ручицом (4) се остварује ручно аксијално помоћно праволинијско кретање радног (7) са резним алатом. Предмет обраде (6) се поставља на радни сто бушилице (5).

Стубна бушилица (слика 3.18б) је бушилица код које се на носећем стубу (1) налазе конзола радног стола (2) и конзола погонског агрегата (3) састављеног од електромотора (4) и преносника за главно и помоћно кретање. Посредством ручице (7) се обезбеђује аутоматско или ручноправолинијско помоћно кретање радног вретена (8) са алатом. Радни предмет (6) се поставља на радни сто машине (5).



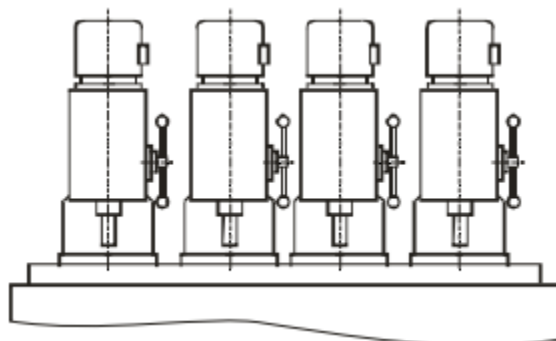
Слика 3.18. Шема бушилице, а) стона и стубна бушилица [1]

Радијална бушилица (слика 3.19) се састоји од носећег стуба (1) на коме се налази вертикално померљива конзола (2) са погонским агрегатом (електромотором, преносницима за главно и помоћно кретање и радним вретеном 3). Бушилица обезбеђује заокретање конзоле у хоризонталној равни, вертикално померање конзоле дуж носећег стуба и хоризонтално померање погонског агрегата дуж конзоле, чиме је обезбеђено довођење алата у радну позицију при бушењу обрадка (4) постављеног на радни сто машине (5). То је посебно значајно код бушења предмета већих габарита.



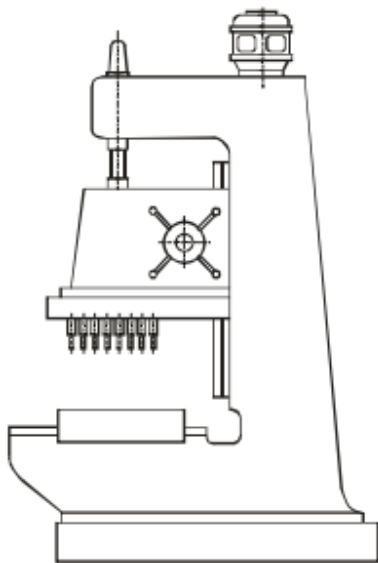
Слика 3.19. Шематски приказ: а) радијалне бушилице, б) универзалне радијалне бушилице [1]

Вишевретене бушилице су намењене масовној и серијској производњи. У питању су редне, бушилице са вишевретеном главом и вишевретене бушилице. Редне бушилице (слика 3.20) су бушилице са већим бројем радних јединица за истовремену обраду, у складу са технолошким поступком израде и обраде отвора. на примерна првој се врши бушење отвора, другој проширивање, трећој развртање, а четвртој израда навоја итд.

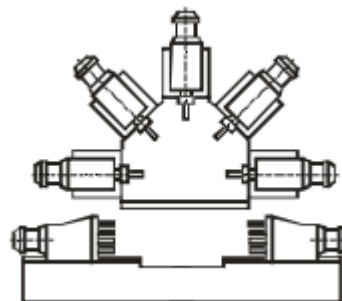


Слика 3.20. Шематски приказ редне бушилице [1]

Бушилице са вишевретеном главом су бушилице које обезбеђују истовремену израду или обраду већег броја отвора. На радно вретено бушилице поставља се вишевретена глава, са већим бројем вретена распоређених у складу са распоредом отвора на предмету обраде. Вишевретене бушилице (слика 3.21а) су бушилице са већим бројем радних вретена распоређених у зависности од намене (конфигурације обрадка). Посебна група вишевретених бушилица су агрегатне бушилице које се састоје од више независних агрегата са сопственим погоном који се монтирају на заједничко постолје зависно од облика обрадка. Могу бити једновретене или вишевретене различито постављених агрегата (слика 3.21б).



а)



б)

Слика 3.21. а) вишевретена бушилица, б) вишевретена агрегатна бушилица [1]

4. Пример прорачуна времена обраде и трошкова код серијске производње

Процес производње обухвата све што се догађа са предметом обраде од његовог улаза у производни процес до изласка из производног процеса.

Технолшки процес је део производног процеса и он се односи на рад на производним радним местима и садржи:

- методе рада на радним местима,
- режиме рада, време и сложеност рада.

4.1. Пример прорачуна времена трајања серије код паралелног типа производње

Код израде серије производа најважније је одредити време операције и време чекања и она се смењују у различитим трајањима. Време производње једне серије зависи од бројних фактора. Посебно се могу издвојити утицај и карактеристике: самог производа, средстава за рад и оствареног режима рада.

Време трајања израде серије применом паралелног типа организације, редоследа операција израчунава се на основу израза [10]:

$$T_{cp} = \sum_{i=q}^m t_i + (q - 1) \cdot t_{imax} \quad [4.1]$$

где је:

T_{cp} – укупно временско трајање паралелног циклуса,

t_i – време трајања i - те операције,

t_{imax} – време трајања најдуже операције,

q – број комада у серији,

m – број производних операција.

Паралетни тип организације серијске производње највише се примењује код великосеријске и масовне производње. Из разлога различитог времена трајања операција између њих се појављују међуоперацијски застоји, те се настоји да се те операције ускладе и теку без застоја. У случају да се вршио усклађивање времена може се доћи до синхронизованог паралелног одвијања проиљзводње који се назива „ланчани систем производње“. Према томе ако се успостави једнако време трајања свих операција постиже се најповољнија варијанта серијске производње [10]. Паралелни тип тока редоследа операција омогућава да се постигне најкраће време трајања производног циклуса.

У наставку рада биће дат пример тока израде серије применом паралелног типа. У датом примеру се један део израђује применом седам производних оперција, а време трајање појединачних оперција приказано је у табели 4.1, приказана временна су у минутима.

<i>Табела 4.1. Приказ оперција по редоследу и времену њиховог трајања</i>							
Операција по реду	I	II	III	IV	V	VI	VII
Време трајања - t_i (min)	20	30	10	15	10	20	15

Израчунава се укупно време трајање производног циклуса, ако се организација редоследа операција врши на основу паралелног типа, без усклађивања међувремена, а број комада који се пушта у производњу је $q = 10$ комада.

Применом образаца 4.1, следи да је:

$$T_{cp} = (30 + 20 + 10 + 15 + 10 + 20 + 15) + (10 - 1) \cdot 30$$

$$T_{cp} = (120) + 9 \cdot 30$$

$$T_{cp} = 120 + 270$$

$$T_{cp} = 390 [\text{min/cik}] = 6,5 [\text{h/cik}]$$

На основу резултата добијеног применом паралелног типа код серијске производње, може се уочити да је производни циклус производње десет комада машинског дела кроз 7 операција трајало 6,5 сати.

4.2. Пример прорачуна трошкова код серијске производње

Начин књижења трошкова на рачунима књиговодства трошкова и учинака зависи пре свега од начина одвијања производног процеса. Према начину одвијања производног процеса можемо разликовати два основна вида производње:

- појединачну и серијску производњу и
- масовну производњу.

Код серијске и појединачне производње стварни трошкови се могу пратити по радним налозима. Књижење радних налога се може вршити директним задужењем рачуна носилаца трошкова, где сваки налог поприма улогу аналитичког рачуна.

Код серијске производње трошкови се прате по групама производа, да би се приликом утврђивања цене коштања производа примењивала додатна калкулација. Додатна калкулација састоји се у томе што се директним трошковима сваке серије додају, на бази неког кључа за расподелу, општи трошкови. Када се на овај начин утврде укупни трошкови серије, односно радног налога, спроводи се поступак дивизионе калкулације

њиховим дељењем са бројем производа у серији. Тако се добија цена коштања појединачног производа. У појединачној производњи, где се за сваки производ отвара посебан радни налог, цена коштања се утврђује само по додатној калкулацији. Код масовне производње потребно је утврдити укупне трошкове обрачунског периода за одређени производ или масу производа, при чему се трошкови најпре обухватају преко рачуна места трошкова а затим се преносе на рачуне носилаца трошкова.

На слици 4.1, приказан је једноставан улазно-излазни модел производног система. Улази обухватају сирове материјале, купљене компоненте, рад запослених, енергију и опрему. Излази обухватају готове производе и отпад. Производни трошкови су збир свих трошкова улаза у систем и уклањања отпада произведеног у систему.

Као мерна величина трошкова користи се јединични производни трошак који се добија дељењем укупних трошкова производње у неком периоду, квартал или годину, као и броја јединица производа произведених у том периоду.



Слика 4.1. Улазно-излазни модел производног система [16]

Економичност и продуктивност машинске обраде зависи од варијабилних и фиксних трошкова. Варијабилни трошкови су трошкови настали у процесу производње: резни алати, потрошни материјал (3%,) материјал радних комада (17%). Фиксни трошкови су пратећи трошкови, и то: машине и прибори (27%), људство (31%) и администрација (22%).

Економичност у машинској обради зависи и од снижења трошкова. Трошкови обраде се најефикасније могу смањити повећањем режима обраде, 20% повећања режима обраде смањује трошкове по компоненти до 15% [17]. Трошкови израде су један од основних елемената квалитета технолошког процеса, јер директно утичу на реализацију процеса производње са високим степеном економске ефикасности.

- Пример трошкова серијске производње кроз пример:

Завршни рад

Пре покретања производње серије од 10000 комада одређеног производа потребно је израчунати јединичну цену коштања производа уколико су познати:

- Трошкови материјала $T_1 = 50000$ (NJ/ser.);
- Трошкови енергије $T_2 = 100000$ (NJ/ser.);
- Трошкови амортизације $T_3 = 100000$;
- Трошкови алата $T_4 = 20000$ (NJ/ser.);
- Трошкови одржавања основних средстава за рад $T_5 = 10000$ (NJ/ser.);
- Трошкови транспорта $T_6 = 30000$ (NJ/ser.);
- Трошкови припреме производа $T_7 = 150000$ (NJ/ser.);
- Трошкови погонске режије $T_8 = 40000$ (NJ/ser.);
- Остали трошкови $T_9 = 50000$ (NJ/ser.);
- Врдноост утрошеног људског рада $T_{10} = 2000000$ (NJ/ser.).

За вредност производа посматране врсте узета је вредност од 300 NJ/kom.

Цена коштања (C_k) се израчунава као збир свих трошкова:

$$C_k = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} \quad [4.2]$$

$$C_k = 50000 + 100000 + 100000 + 20000 + 10000 + 30000 + 150000 + 40000 + 50000 + 2000000 = \mathbf{2550000} \text{ (NJ/ser.)}$$

Јединична цена коштања:

$$\frac{C_k}{Q} = \frac{2550000}{10000} = \mathbf{25,5} \text{ (NJ/ser.)}$$

5. Закључак

Појавом серијске производње почетком XX века појавио се проблем контроле и одржавања квалитета производа. У новим условима серијске производње неопходна је примена статистичких и нумеричких математичких метода, како због повећаног обима производње, тако и због обимних процеса који укључују велики број машина, превозних средстава, улазних материјала и другог.

Код серијске производње најважније је дефинисати време операције и време чекања и она се смењују у различитим трајањима. Време производње једне серије зависи од бројних фактора. Посебно се могу издвојити утицај и карактеристике: самог производа, средстава за рад и оствареног режима рада.

Формирање технолошког процеса серијске производње је сложен процес и треба водити рачуна да трошак процеса буде у одговарајућем односу са очекиваним резултатима квалитета, производности, економичности и др. До оптимума технолошког процеса може се доћи применом више варијанти решења процеса, при чему се за сваку варијанту процеса утврђују укупни трошкови за серијску производњу неке компоненте, дела или склопа.

Код серијске производње трошкови представљају изражену вредност утрошеног рада, као и других средстава која су потрошена у већој производњи нових производа. Поделу трошкова серијске производње могуће је извршити према елементима производње, према употребљивој производњи, њеној припреми и другим факторима који утичу на трошкове.

У наредном периоду, када је реч о серијској производњи, пажња ће бити усмерена на даље проширење производног програма и унапређење технологије израде. Такође, веома битан фактор у унапређењу серијске производње биће примена знања, искуство, поштовање принципа примене контроле квалитета у свим сегментима производног процеса, као и континуална оптимизација и побољшање процеса.

У индустријској производњи, очекивања су да се у што већој мери примени серијска производња. Ипак, код серијске производње могу се јавити проблеми који се односе на величину серије и време израде. Поред тога ту су и потребан ниво залиха, трошкови израде сваке серије и друго. Оно што серијску производњу чини карактеристичном јесте да сваки производ има своје посебности, као што су дизајн и величина производа, иако припадају истој врсти. Ипак, без обзира на трошкове производње, серијска производња има значајне предности код производње сложенијих делова сличне конструкције.

Литература:

- [1] Б.Недић, М. Лазић: Производне технологије (Обрада метала резањем), скрипта, Машински факултет, Крагујевац, 2007.
- [2] G. Roger Schroeder: Управљање производњом: Одлучивање у функцији производње, МАТЕ д.о.о., Загреб 1999.
- [3] А. Јовановић, С. Крстић, В. Божић, Пословна економија; функције предузећа, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2004; стр. 23.
- [4] Megapixel, Illustration: Production Line Of Touchscreen Tablet Phones. Pack: <https://www.megapixel.com/production-line-of-touchscreen-tablet-phones-pack-illustration-43311092>, приступљено 23.10.2019.
- [5] Подела производних процеса, наставни материјал, извор: https://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/35657/mod_folder/content/0/2017%20podela%20proizvodnih%20proces.pdf?forcedownload=1, приступљено 24.10.2019.
- [6] М. Перинић, Технолошки процеси, Технички факултет Свеучилишта у Риједи, наставни материјал, школска 2014/2015, извор: <http://dorada.grf.unizg.hr/media/Ak.god.%202014.-2015./Evokacija%20Operativna%20priprema%20proizvodnje.pdf>, приступљено 24.10.2019.
- [7] М. Воркапић, Модел за обезбеђење унапређења процеса производње и лансирање новог производа у предузећима малосеријског типа производње на територији Републике Србије, Докторска дисертација, Универзитет у Новом Саду Технички Факултет „Михајло Пупин“ Зрењанин, Зрењанин 2015.
- [8] Серијска производња, наставни материјал, извор: https://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/21269/mod_resource/content/3/serijska%20proizvodnja%20_3_.pdf, приступљено 25.10.2019.
- [9] Параметри линија, Коефицијент обимности, временски губици, међуоперационе залихе, Факултет организационих наука, Индустијско и менаџмент инжењерство – наставни материјал, извор: <http://imi.fon.bg.ac.rs/projektovanje-proizvodnih-sistema/wp-content/uploads/sites/15/05a-Parametri-linija-obimnost.pdf>, приступљено 26.10.2019.
- [10] Ж. Марчетић, Организација и припрема серијске производње у фабрици прехранбених производа, Факултет техничких наука, Чачак, стручни рад, 2013.
- [11] Д. Регодић, Технички системи – прво издање, Универзитет Сингидунум, Београд 2011.
- [12] S. Januati, Engineering Notes, Working of Single Spindle Automatic Machines, извор: <http://www.engineeringenotes.com/industrial-engineering/automatic-machines/working->

- of-single-spindle-automatic-machines-industrial-engineering/25453, приступљено 28.10.2019.
- [13] Tech Spex, Turning Center Model, извор: [https://www.techspex.com/turning-machines/star\(2477\)/5298](https://www.techspex.com/turning-machines/star(2477)/5298), приступљено 28.10.2019.
- [14] Numerički upravljani revolver strug Potisje PH 42 – CNC, извор: http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/statut99/ma/ma_files/pdf/ph42cncfinal.pdf, приступљено 29.10.2019.
- [15] CNC Konstrukce, Pokročilé teplotní kompenzace portálového obráběcího centra, извор: <http://www.cnckonstrukce.cz/clanek-118/pokrocile-teplotni-kompenzace-portaloveho-obrabeciho-centra.html>, приступљено 28.10.2019.
- [16] Д. Домазет, Пројектовање за производњу, наставни материјал, извор: <https://www.slideserve.com/tevy/projektovanje-za-proizvodnju>, приступљено 29.10.2019.
- [17] Д. Лукић, Интегрисани CAPP системи и технолошка база података, Избор алата и режима обраде, наставни материјал, извор: <http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/predmeti/Integrisani%20CAPP%20sistemi%20i%20tehnolo%C5%A1ka%20baza%20podataka/Vezba%204.pdf>, приступљено 29.10.2019.
- [18] Н. Стефановић, Трошкови производње, Инжењерски менаџмент 1 (2) (2015) 92-102, Студентски часопис за теорију и праксу менаџмента, Технички факултет у Бору, 2015.