

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ – МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ**

Дипломске академске студије – 2. година

Модул: **ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО**, шк. год. 2010/2011.

Предмет: **ИНТЕЛИГЕНТНИ ТЕХНОЛОШКИ СИСТЕМИ (ПРО220-0131)**

Предметни наставници: Проф. др. Зоран Миљковић и проф. др. Бојан Бабић

**ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК**  
**(2/2)**  
**ПРОЈЕКТОВАЊЕ ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА**  
**ПРИМЕНОМ РАЧУНАРА**  
**(CAPP – Computer Aided Process Planing)**

Пројектовати технолошки процес за следеће делове дате на скицама: чаура 1÷5.  
Решењем пројектног задатка обухватити:

1. Избор припремка;
2. Одређивање редоследа обраде;
3. Избор елемената обрадног система;
4. Избор режима обраде
5. Израду технолошке документације

Приликом пројектовања користити програме Rezanje и Secocut.

**Напомене:**

1. Пројекат се ради на нивоу групе у терминима предвиђеним за то;
2. Рокови израде појединачних пројектних целина дефинисани су планом и програмом предмета (Course Outline);
3. Сва питања, сугестије и евентуалне проблеме предочити у директном контакту са предметним наставницима, проф. др. Зораном Миљковићем и проф. др. Бојаном Бабићем, као и путем електронске поште на [zmiljkovic@mas.bg.ac.rs](mailto:zmiljkovic@mas.bg.ac.rs), [bbabic@mas.bg.ac.rs](mailto:bbabic@mas.bg.ac.rs), а посебно у разговору са сарадницима у настави и на е-пошту: [nvukovic@mas.bg.ac.rs](mailto:nvukovic@mas.bg.ac.rs) и [bbojovic@mas.bg.ac.rs](mailto:bbojovic@mas.bg.ac.rs);

Задатак издао:

\_\_\_\_\_ (Божица Бојовић)

## Резиме

Сусрећући се са пројектовањем различитих производа у већини случајева наилазимо на реч "искуство". Тежња да се млади инжењери што пре укључе у пројектовање технологија, заједно са амбицијом да се обједине технички захтеви, технолошки и економски услови који заједно умногоме компликују процесе пројектовања технологија довео је до стварања САРР система. Основна тема овог пројектног задатка била је стога окренута управо пројектовању технолошких процеса путем рачунара. С тим у вези прво смо се осврнули на начела формирања фамилија делова на основу којих смо извршили синтезу типичног представника, да бисмо потом прешли на анализу технолошких процеса. Анализа процеса извршена је у три различита софтвера (Rezanje, SecoCut, PROTEH-R, MASbaza). Радом у њима увидели смо њихове предности и мане, а што је најважније схватили смо значај САРР система и потребу за унапређењем ове недовољно развијене гране примене рачунара.

---

<sup>1</sup> **Јелена Петронијевић 1035/09**, Универзитет у Београду – Машински факултет студент друге године Дипломских академских студија.

Е-пошта: [cini\\_mi\\_se\\_da\\_sam\\_videla\\_macu@yahoo.com](mailto:cini_mi_se_da_sam_videla_macu@yahoo.com)

<sup>2</sup> **Никола Симеуновић 1194/09**, Универзитет у Београду – Машински факултет студент друге године Дипломских академских студија.

Е-пошта: [nikolajsimeunovic@gmail.com](mailto:nikolajsimeunovic@gmail.com)

<sup>3</sup> **Катарина Срећковић 1185/09**, Универзитет у Београду – Машински факултет студент друге године Дипломских академских студија.

Е-пошта: [katarinasr@gmail.com](mailto:katarinasr@gmail.com)

<sup>4</sup> **Марко Станојевић 1200/09**, Универзитет у Београду – Машински факултет студент друге године Дипломских академских студија.

Е-пошта: [ajkulaopcs@gmail.com](mailto:ajkulaopcs@gmail.com)

## Списак слика

Слика 5.1: Репрезентативни део .....	13
Слика 6.1: Насловни екран софтвера Proteh-R .....	16
Слика 7.1: Изглед почетне стране програма .....	17
Слика 7.2: Одређивање вредности додатака за обраду .....	18
Слика 7.3: Избор ножа за обраду уздужног стругања .....	18
Слика 7.4: Модул Систем машина алатки .....	19
Слика 7.5: Скица нумерички управљаног струга TRAUB TNS-26D .....	19
Слика 7.6: Препоручени режими за обраду резањем .....	20
Слика 7.7: Обрадљивост материјала .....	21
Слика 8.1: Почетак рада у софтверу SecoCut .....	22
Слика 8.2: Одабир носача и облика резне плочице External turning .....	23
Слика 8.3: Одабир облика резне плочице External turning P .....	23
Слика 8.4: Одабир нападног угла резног клина .....	24
Слика 8.5: Одабир групе материјала .....	24
Слика 8.6: Илустрација значења понуђених термина .....	25
Слика 8.7: Груба обрада пречника .....	25
Слика 8.8: Фина обрада пречника 80мм .....	26
Слика 8.9: Груба обрада средњег пречника обрадка .....	26
Слика 8.10: Завршна обрада средњег пречника обрадка .....	27
Слика 8.11: Груба обрада најмањег дела .....	27
Слика 8.12: Завршна обрада најмањег пречника дела .....	28
Слика 8.13: Забушивање бургијом од 3мм .....	29
Слика 8.14: Бушење рупе пречника 18мм на дубину 38мм .....	29
Слика 8.15: Бушење рупе пречника 20мм на дубину 38мм .....	30
Слика 8.16: Израда аксијалног жлеба .....	30
Слика 9.1: Поређење карактеристика материјала .....	31
Слика 9.2: Одабрани материјал за репрезентативни део .....	32
Слика 9.3: Избор припремка и додатака за обраду .....	33
Слика 9.4: Опис првог цилиндра .....	33
Слика 9.5: Опис другог цилиндра .....	34
Слика 9.6: Опис трећег цилиндра .....	34
Слика 9.7: Избор редоследа обраде .....	35
Слика 9.8: Избор алата .....	35
Слика 9.9: Избор режима .....	36
Слика 9.10: Технолошка документација .....	37
Слика 10.1: Почетни екран МасБазе .....	38
Слика 10.2: Дефинисање технолошког поступка .....	39
Слика 10.3: Дефинисање матрице фамилије делова .....	39
Слика 10.4: Унос класификационог кода .....	40
Слика 10.5: Уношење информација за извештај .....	40
Слика 10.6: Извештај технолошког поступка за жељени део .....	40
Слика 10.7: Преглед делова по фамилији .....	41
Слика 10.8: Добијање извештаја за изабрани класификациони број .....	41

## **Списак табела**

Табела 1: Приказ Opitz класификације .....	11
Табела 2: Приказ CODE класификације .....	12
Табела 3: Кодови делова добијених Opitz класификатором .....	38

## Садржај

Резиме .....	2
1. Увод .....	6
2. Пројектовање технолошког поступка .....	7
3. Групна технологија .....	9
4. Класификација фамилије делова .....	11
4.1 Кодирање помоћу Opitz класификатора .....	11
4.2 Кодирање помоћу CODE класификатора .....	12
5. Анализа датих делова .....	13
6. Опис примењених софтвера .....	14
6.1 Софтвер Rezanје .....	14
6.2 Софтвер SecoCut .....	15
6.3 Софтвер Proteh-R .....	15
6.4 MASbaza .....	16
7. Примена софтвера Rezanје на дефинисање технолошког поступка за репрезентативни део 17	
8. Примена софтвера SecoCut на дефинисање технолошког поступка за репрезентативни део 22	
9. Примена софтвера PROTEH-R на израду технолошког поступка за репрезентативни део .31	
10. MASbaza .....	38
11. Закључак .....	42
12. Литература .....	43

## 1. Увод

Рад на пројектном задатку започели смо анализом групних технологија и проблема пројектовања технолошког поступка. Разлог за то лежи у чињеници да је управо групна технологија била један од првих корака ка смањењу обима посла при пројектовању различитих производа. Налажење заједничких карактеристика водило је ка остварењу овог циља. Заједничке особине свих делова који припадају фамилији, концентрисане у једном делу омогућавају да се тачним одабиром карактеристика формира сваки део из фамилије.

Задатак смо наставили тако што смо прешли на класификацију фамилија делова. То смо чинили посредством два кода, Opitz и CODE. То нам је омогућило да кроз табеле наших делова које смо формирали на једноставан начин уочимо заједничке карактеристике и издвојимо специфичности сваког дела. Након тога, користећи добијене информације и цртеже сваког дела формирали смо репрезентативног представника делова.

Следећи циљ у пројекту било је упознавање са пројектовањем технологија коришћењем рачунара. У том циљу користили смо три софтвера: MASbaza, Rezanje, SecoCut, PROTEH-R.

Упознали смо се са специфичностима свакога од њих и извршили пројектовање технолошког процеса прво за претходно формирану репрезентативну део у Rezanju, затим смо у SecoCut-у и у PROTEH-R- у. У MASbazi смо са друге стране на основу претходних класификација формирали фамилију делова и генерисали технолошки поступак.

На самом крају извршили смо анализу поменутих софтвера и извели закључке о потреби развоја CAPP система.

## 2. Пројектовање технолошког поступка

Технолошки процес је скуп међусобно повезаних активности чији је циљ трансформација полуфабриката у готов део, подсклоп или склоп, тј. трансформација сировог материјала (иницијална фаза) у жељени облик (завршна фаза), [2].

Када говоримо о проблематици пројектовања технологије уочавамо низ фактора који у великој мери утичу. Разликујемо:

- Технички захтеви – квалитет обраде (тачност остварених мера, положаја и облика површина) и квалитет обрађене површине, дефинисани на цртежу дела
- Технички услови – избор метода обраде, техничке карактеристике обрадних система, алата, прибора, материјала и др.
- Економски услови – цена производа као функција серије И укупног броја комада (обима производње)

Анализаа технологичности дела обухвата:

- Геометријски облик
- Мере и толеранције,
- Олеранције облика
- Овршинску апавост,
- Рсту материјала и његову тврдоћу,
- Величину серије

При одређивању распореда обраде постоје и правила, а нека од основних су према [2]

- Пре неке посматране површине обрађује се површина у односу на коју је посматрана површина пројектована, а приоритет имају површине које су пројектоване у односу на базу
- Површина у односу на коју је дефинисана толеранција положаја неке површине има приоритет при обради
- Редослед обраде треба да буде технологичан
- Треба водити рачуна о економским ограничењима

Постоје три модела пројектовања, као што су варијантни, генеративни и хибридни приступ.

Код варијантног дела се користи цртеж дела, кодира се, претажује фамилија, претражују се групни технолошки поступци помоћу базе групних технолошких поступака и добија се технолошки поступак. Генеративни приступ из CAD система анализира податке, потом следи технолошко препознавање, па CAPP, а затим технолошки поступци које прати постпроцесирање и на крају добијамо планирање и терминирање производње. Хибридни модели који представљају различите комбинације варијантног и генеративног приступа.

За генерисање технолошког поступка неопходна су тачна и добро организована знања о делу, знања о обрадним процесима, правила пројектовања, знање о обрадљивости, знање о машинама, алатима, помоћним приборима.

Архитектура модела САРР система састоји се из основног описа компонената система и њихових веза и тока информација. У основне компоненте система спадају база знања, механизам за прикупљање и представљање знања, контрола комуникација између компоненти система, кориснички интерфејс база података за пројектовање технолошког процеса.



### 3. Групна технологија

Групна технологија је концепт по коме логичан смештај и редослед свих аспеката фирминих операција усмерен ка омогућавању примене масовне производње различитих делова. Овај приступ је супротан управљању на функционалан начин чији је циљ побољшање само појединачних процеса производње. Основа групне технологије је ћелијска производња. У производном систему, ћелија се састоји од одређеног броја машина и радника који управљају њима. Радници у једној ћелији су обично обучени за коришћење свих машина у истој. Ћелија функционише као једна машина која садржи делове који су класификовани према облику, материјалу и величини. У ћелији се обрађују и састављају делови у један међупроизвод који онда иде на следећу обраду, често у другу ћелију.

Предности ове технологије су:

- Део се обрађује без прекида од уласка у ћелију до завршетка и изласка из ћелије
- Скраћује се производно време
- Смањује се количина различитих појединачних делова и број операција

Смањење броја међупроизвода и циљеви групне технологије:

- Количина међупроизвода се смањује на само оно што је потребно.
- Свака ћелија је пројектована да у кратком временском периоду може да се прилагоди новој групи производа
- Знатно смањење простора које је потребно за складиштење међупроизвода
- Ова уштеда оправдава додатно време за усклађивање машина за сваку нову групу међупроизвода
- Радници су задовољнији ћелијском конфигурацијом јер је сваки радник обучен за рад на свим машинама у једној ћелији и посао није монотон.

Да би показали предности групне технологије упоредићемо га са класичним прилазом на једноставном примеру.

Код традиционалног концепта групишу се сродне машине, док се код групне технологије у ћелију смештају различите машине, што омогућава производњу сличних полупроизвода у знатно краћем времену. На пример, претпоставимо да имамо групу од 100 сличних полупроизвода и 4 минута обраде за сваки процес. Код традиционалног приступа, где има 6 корака у производном процесу добијамо :

4 мин./маш. x 6 машина/ком. x 100 ком. = 2400мин.

Дакле свака међупроизводна група од 100 комада траје 2400 минута.

Код концепта групне технологије за исту групу од 100 сличних полупроизвода са временом обраде од 4 минута за сваки процес добијамо:

- и даље имамо 6 корака у производном процесу, али смештај различитих машина у једној ћелији омогућава велику уштеду у транспорту
- први полупроизвод захтева  $4+4+4+4+4+4=24$  минута израде.
- Израда осталих полупроизвода захтева  $4 \times 99 = 369$  мин (4 мин/ком.  $\times$  99 ком. = 369 мин.)
- Дакле време потребно за израду групе од 100 полупроизвода је

24 минута + 369 минута = 420 минута

То значи да групна технологија ствара уштеду од  $2400 - 420 = 1980$  минута у односу на класичну методу.

Предности груписања полупроизвода

Групна технологија се препоручује за малосеријску и средњесеријску производњу. Не одговара за делове који се могу производити на линијски начин.

Полупроизводи једне групе:

- Састоје се од сличних али не истих материјала, геометрија и величина
- Произведени су специфичним ћелијама које су специјализоване за ту групу производа
- Материјали су груписани на једном месту, алат је специфично расподеђен и производни распоред је унапред одређен.

Групна технологија је слична масовној производњи: локација је иста, рад долази раднику, нивелиран ток производа. Предност јој је у односу на масовну линијску производњу то што одговара производњи малих и средњих група и не зависи од великих количина поруџбина да би оправдала финансијско постојање.

Груписање производње полупроизвода према сличним задацима

Слични процеси у решавању типских задатака укључују:

- Сличне производне технике
- Сличне алате
- Раднике сличних вештина

На пример, израда закривљених цеви и равних цеви представља два различита типска задатка који захтевају различите технике, алате, вештине и време трајања процеса. У класичном систему организације то не би било могуће. Зато групна технологија групише типске задатке заједно, који су уједно ефикаснији за производњу.

## 4. Класификација фамилије делова

Формирањем фамилија делова бавили смо се на самом почетку експерименталног рада на пројектном задатку и том приликом смо се определили за метод кодирањем. Кодирање представља одређивање сличности делова помоћу симбола. Постоје два вида сличности делова: пројектни атрибути (геометријски облик и величина) и технолошки атрибути (редослед обраде). Кодни систем је низ алфанумеричких карактера [3].

### 4.1 Кодирање помоћу Opitz класификатора

Opitz код се састоји из 9 цифара, при чему се геометријски облик кодира помоћу првих пет цифара, а преостале цифре се односе на полуфабрикат [3].

За решавање нашег проблема користили смо Opitz класификатор за ротационе делове. Прва цифра овог кода односи се на тип дела. Анализом је утврђено да сви наши делови носе ознаку "1", тачније свим деловима је однос  $L/D$  у опсегу  $0.5 < L/D < 3$ . Друга цифра се одређује на основу основног облика. С обзиром на то да прва три дела имају једнострану степенасту структуру без посебних облика они носе ознаку "1", док четврти део носи број "4" као последицу поседовања функционалног жљеба. Први део не поседује отворе тако да он на месту треће цифре има број "0", док сви остали по дефинисању унутрашњег облика спадају у групу "све остало", те су означени бројем "9". Цифра четири представља равне површине делова и с обзиром на то да сви делови имају спољашње равне површине означили смо их цифром "2". Прелазећи на последњу цифру из описа геометрије, бавили смо се помоћним отворима и озубљењима. Први део поседује помоћне отворе без озубљења па је понео цифру "0", док сви остали делови имају ознаку "1" јер их карактеришу аксијални отвори без озубљења који нису на подеоном кругу. У следећем кораку осврнули смо се на допунске четири цифре које се односе на полуфабрикат. Пречници делова се крећу од 50 до 100 mm, сви осим четвртог дела израђени су од тврдих нискоугљеничних челика без термичке обраде, док је четврти део израђен од легираног термички обрађеног челика. Свима је полуфабрикат округла шипка, а тачност им није дата тако да смо као резултат добили код: "2300" за прва три дела, а "2600" за преостали део. Приказ ове класификације можемо видети у табели 1 која следи.

Табела 1: Приказ Opitz класификације

Део број	Геометријски код					Код за полуфабрикат (допунски код)				Коначни код
	Класа дела	Спољашњ и облик	Унутрашњ и облик	Равне површине	Помоћни отвори и озубљење	Пречник	Материјал	Полуфабрикат	Тачност	
1	1	1	0	2	0	2	3	0	0	110202300
2	1	1	9	2	1	2	3	0	0	119212300
3	1	1	9	2	1	2	3	0	0	119212300
4	1	3	9	2	1	2	3	0	0	139212300

## 4.2 Кодирање помоћу CODE класификатора

CODE представља хибридную структуру и има код од 8 цифара. Свака цифра је представљена хексадецималном вредношћу за разлику од децималних вредности које има већина кодних система [3]. Код овог класификатора чини 8 цифра. Прва цифра за све делове има вредност "1" јер се ради о ротационим деловима. Друга цифра има вредност "2" јер се ради о цилиндричним једнострано степенастим деловима. Када посматрамо главне отворе закључујемо да први део има вредност треће цифре "1" јер не поседује отвор, док остала три дела имају вредност цифре "3" јер поседују рупу. Сва четири дела имају вредност четврте и пете цифре "0" јер немају помоћне отворе, навоје, а само један део поседује жљеб који спада у групу "Разно" тако да ће бити обухваћен наредном цифром. Шеста цифра је код прва три дела једнака нули, док је код четвртог дела једнака четворци јер он поседује жљеб. Цифра седам односи се на максимални пречник који се за сва четири дела креће у опсегу од 40 до 80 mm, те се на том месту јавља број "6". Осма цифра има вредност "7" јер се максималне дужине делова крећу у опсегу од 100 до 160 mm. Приказ ове класификације можемо видети у табели 2 која следи.

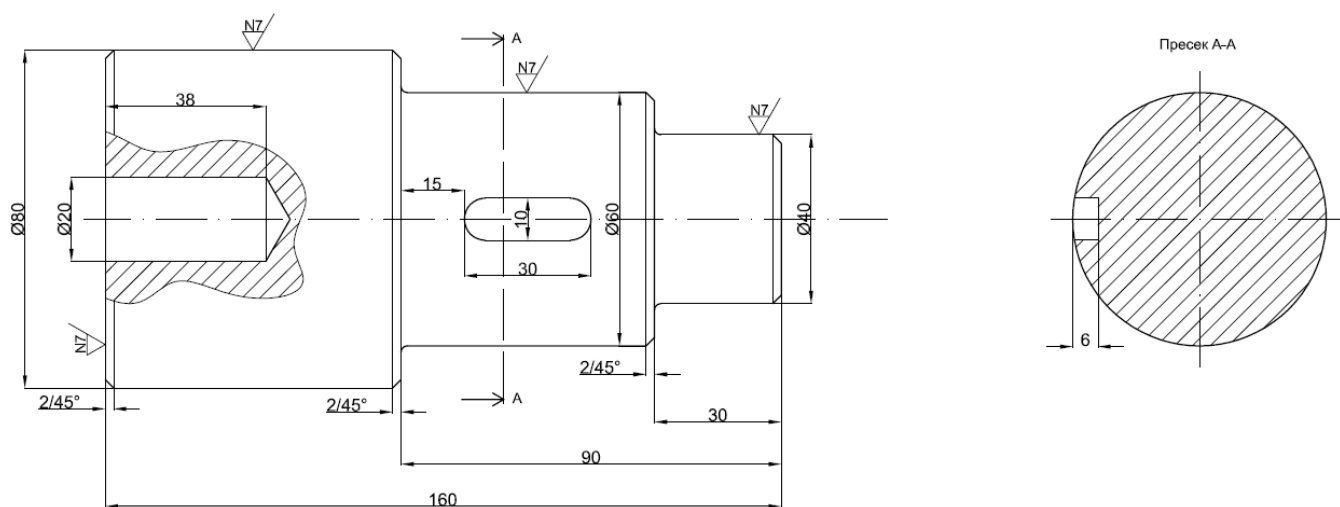
**Табела 2: Приказ CODE класификације**

Део број	Ротацион и делови	Спољњ и облик	Главн и отвор	Помоћн и отвори	Жљебови, спољашњ и навој	Разн о	Максималн и пречник	Максималн а дужина	Коначни код
1	1	2	1	0	0	0	6	7	1210006 7
2	1	2	3	0	0	0	6	7	1230006 7
3	1	2	3	0	0	0	6	7	1230006 7
4	1	2	3	0	0	4	6	7	1230046 7

## 5. Анализа датих делова

Након извршених класификација делова користећи две наведене методе можемо закључити да делови имају сличне особине те се могу сврстати у једну фамилију. Наиме, када посматрамо заједничке карактеристике свих делова видимо да су сви ротациони и једнострано степенести. Један део има спољашњи жљеб, док три дела имају рупе. Класа тачности коју је потребно постићи назначена је на цртежима и износи N7.

Анализа делова даље нам омогућује формирање репрезентативног представника фамилије. Репрезентативни или типични представник има особине свих делова тако да се из њега одговарајућим одабиром карактеристика могу добити сви делови фамилије. На слици 5.1 видимо изглед нашег репрезентативног представника.



Слика 5.1: Репрезентативни део

## 6. Опис примењених софтвера

Рад на пројектном задатку подразумевао је упознавање са САРР системима што се заснивало на коришћењу четири софтвера који ће у наредним редовима бити укратко описани.

### 6.1 Софтвер *Rezanje*

Софтверски пакет *Rezanje* нам омогућава да на основу података датим радионичким цртежом дефинишемо додатке за обраду, као и да одаберемо алате, помоћни пробор, машину, режиме резања и обрадљивост материјала.

Софтвер *Rezanje* се састоји из следећих модула:

- Систем материјала
- Систем квалитета и тачност обраде
- Додаци за обраду
- Систем алата
- Систем машина алатки
- Систем стандардних помоћних прибора
- Режији резања и
- Обрадљивост материјала

*Систем материјала* је модул у ком на основу унете ЈУС ознаке материјала добијамо све остале карактеристике траженог материјала.

*Систем квалитета и тачности обраде*, у овом модулу дефинишемо задату класу храпавости, на основу чега, у податак о нападном углу, помоћном нападном углу, и радијусу врха алата, добијамо корак за тај режим.

*Додаци за обраду* нам помажу да на основу врсте и облика припремка, врсте и типа обраде, укупне дужине дела и називног пречника добијемо додатке за обраду, на основу којих дефинишемо пречник и димензије препремка.

*Систем алата* је модул који нам омогућава да на основу понуђеног и нама потребног, изаберемо алат. Постоји могућност прегледа различитих врста алата (стругарских ножева, глодала, тоцила, тестера, бургија, проширивача, забушивача, развртача, упуштача) сврстаних у групе, и за сваки од понуђених алата постоји стандард, неопходна геометрија и скица алата на коме се поменута геометрија може видети.

*Систем машина алатки* је модул који нуди палету машина алатки (стругови, глодалице, бушилице, обрадни центри...) сврстаних у групе, са потребним карактеристикама за извог одговарајуће машине. Дата је скица сваке машине, и на основу понуђених карактеристика можемо одабрати одговарајућу машину за нашу обраду.

*Систем стандардних помоћних прибора* је модул у коме је омогућен одабир помоћног прибора адекватног за нашу обраду. Понуђене су машинске стеге и електромагнетне плоче, универзалне стезне главе, шилџи, универзални стезачи за лате са цилиндричном дршком, а за сваки од прибора је дат стандард, потребне димензије и скица са ознакама.

*Режими резања* омогућавају да на основу неких познатих параметара добијемо информацију о брзини резања, распону корака, препорученом материјалу алата, постојаности, броја обрта, кораку и главном времену... У овом модулу је направљена подела на основу типа обраде (глодање, стругање...). Излаз из овог модула зависи од одабраног метода обраде.

*Обрадљивост материјала* је модул у коме добијамо информације о обрадљивости на основу метода обраде и још неки потребних података.

## **6.2 Софтвер SecoCut**

Ово је софтвер Шведске фирме „Seco“ која се бави производњом алата за обраду различитих материјала. Софтвер поседује три основна дела и то су: глодање, стругање и бушење. На основу дефинисања групе материјала, полупречника дела, дубине резања, одабир алата за тип обраде (унутрашњу или спољашњу) генеришу се препоручени режими обраде при резању.

За стругарске операције овај софтверски пакет на основу поменутих карактеристичних параметара, уз одабир и носача алата као и облика резне плочице, генерише препоручене режимо за сваки од могућих, понуђених, димензија држача алата.

Друга два модула се користе на сличан начин. Дефинише се облик алата и носача алата, група којој припада материјал који се обрађује, и још неке карактеристичне параметре за посматрани тип обраде. На основу задатих информација добијају се препоручени режими обраде.

## **6.3 Софтвер Proteh-R**

На основу анализе теоретских поставки пројектовања технолошких процеса, могућности примене рачунара, логике развијених САРР система, постављених сахтева и успостављеног модела система за аутоматизовано **пројектовање технолошких процеса** за класу ротационих делова, развијен је софтверски пакет Proteh-R.



Слика 6.1: Насловни екран софтвера Proteh-R

Proteh-R је САРР систем вишег нивоа за аутоматизовано пројектовање технолошких процеса за класу ротационих делова која се обрађују на стругу. Систем је заснован на интерактивном раду пројектанта технолошког процеса. Обухвата избор додатака за обраду и припремка, дефинисање материјала дела, формално описивање дела, аутоматизовани избор операција и захвата са одређивањем њиховог редоследа, извор алата, аутоматизовани извор режима и прорачун времена обраде, као и генерисање технолошке документације. Систем Proteh-R је развијен помоћу MS Access-а 2000 на PC - пентијум рачунару у Windows окружењу. Софтвер садржи више програмских модула написаних у VBA (Visual Basic for Applications) језику. Програмски модули садрже правила за претраживање табела материјала, додатака за обраду, алата, препоручених вредности режима овраде и др., као и правила пројектовања технолошких процеса, садржаних у бази знања.

#### 6.4 MASbaza

MASbaza такође је софтверски пакет базиран на MS Access програму, али код кога уочавамо нови приступ у односу на горе дефинисане софтвере. Реч је о програму који користећи класификацију делова омогућава формирање фамилија делова који као крајњи продукт има формирање технолошког поступка и G кода.



## 7. Примена софтвера Rezanje на дефинисање технолошког поступка за репрезентативни део

У овом програму можемо на основу задатог облика, мера и толеранција површина одредити додатке за обраду, алате које је потребно изабрати, помоћни прибор, режиме резања, обрадљивост материјала и машине на којима ће се вршити обрада.

Покретањем програма улазимо у радно окружење, где имамо низ могућности:

- Систем материјала
- Систем квалитета и тачност обраде
- Додаци за обраду
- Систем алата
- Систем машина алатки
- Систем стандардних помоћних прибора
- Режији резања
- Обрадљивост материјала



Слика 7.1: Изглед почетне стране програма

Избором опције за систем материјала улазимо у део програма где једноставним уносом ознаке материјала за стандард по којем се претражује и добијамо његове карактеристике.

Пратећи редослед, долазимо до Система квалитета и тачности обраде, где за задату класу храпавости, задатог нападног угла, помоћног нападног угла и радијуса врха алата добијамо вредност корака за тражени режим обраде.

Избором модула Додаци за обраду добијамо вредности додатака за обраду које су нам неопходне за израчунавање димензија припремка.

Vrsta pripremljaka <input type="radio"/> Standardni polufabrikat <input checked="" type="radio"/> Otkovak		Oblik pripremljaka <input checked="" type="radio"/> Rotacioni <input type="radio"/> Prizmaticni		Tip proizvodnje Velikoserijska-masovna
Vrsta obrade uzduzna sp		δ1 3.5		Klasa tacnosti Normalna
Završna obrada fina		δ2 1		
Ukupna dužina dela 160		δ3 0		
Nazivni prečnik 80				

Слика 7.2: Одређивање вредности података за обраду

Систем алата је део програма који је организован као база података где можемо изабрати одговарајући алат и добити све податке о њему. Алати су подељени у групе:

- Стругарски ножеви
- Бургије, проширивачи и развртачи
- Глодала и тестере
- Тоцила

Ми смо изабрали стругарски нож са плочицом од тврдог метала чије су карактеристике дате на следећој слици.

Redni broj: 11  
 Tip držača: PCLN  
 κ: 90  
 κ1: 5

Mere držača									
Smer	h	b	l1	l2	f	a1	a	γ	λ
R/L	16	16	H	26.1	20	12	11.1	-6	-6
R/L	20	20	K	27.4	25	12	11.1	-6	-6
R/L	25	25	M	28	32	12	11.1	-6	-6

Izbor

Prvi alat
Prethodni alat
Sledeći alat
Poslednji alat

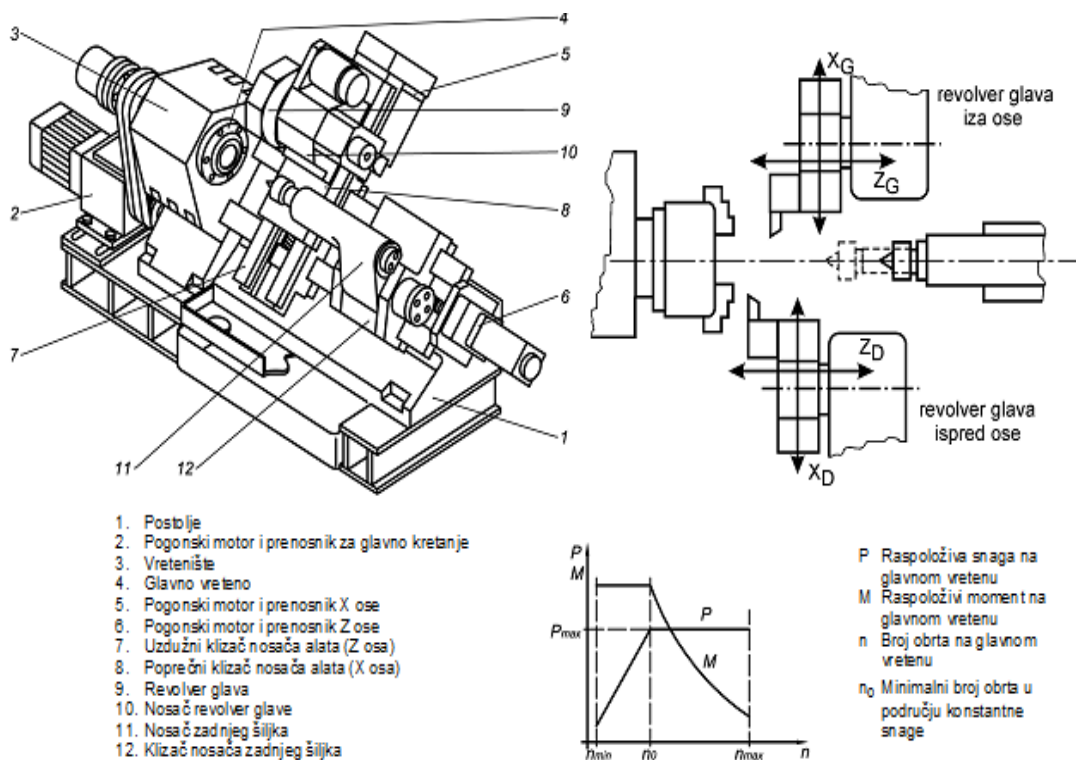
Слика 7.3: Избор ножа за обраду уздужног стругања

Део програма који се односи на Систем машина алатки нам нуди велики избор машина алатки које су класификоване по групама, на начин приказан на слици 7.4.



Слика 7.4: Модул Систем машина алатки

За сваку машину су дате карактеристике и скица машине, што доста поједностављује избор исте. Ми смо изабрали нумерички управљани струг произвођача TRAUB, модел TNS-26D. Њена скица је дата на слици 7.5.



Слика 7.5: Скица нумерички управљаног струга TRAUB TNS-26D

Систем стандардних помоћних прибора је модул програма помоћу којег можемо лако изабрати помоћни прибор за обраду, као што су:

- Универзалне стезне главе
- Универзални стезачи за алате са цилиндричном дршком
- Машинске стеге и електромагнетне плоче
- Шилџи

Сваки алат прати одговарајући број података као што су димензије, стандард и скица са ознакама.

Модул програма Режији резања даје могућност избора брзине резања, распона корака, препорученог материјала алата, постојаности, корака и др. Унутар овог модула је направљена подела на основу изабране методе обраде на групе које се даље деле на све типове обраде који се могу извести том обрадом. На пример Обрада стругањем подразумева следеће типове обраде:

- Уздужно и попречно стругање
- Простругивање
- Одсецање, усецање и фазонско стругање
- Израда навоја

Пошто смо изабрали уздужно стругање и унели основне податке, програм даје препоручене брзине резања, распон корака, препоручен материјал алата и остало, као што је приказано на слици 7.6.

Materijal	Č. 1430	Tvrdoća	125
Dubina rezanja	4.5	Materijal alata	TM
Brzina rezanja	104	Raspon koraka	0.2 - 0.75
Preporučeni materijal alata	P30	Tip obradnog sistema	CNC
Postojanost	30	Kt	1
Prečnik	80	Broj obrta	414.01
Stand. za br obrta	0	Stand. broj obrta	414.00
Usvojeni korak	0.50	Stand za korak	0
Stand. korak	0.5	Dužina obrade	180
Broj prolaza	7	Glavno vreme	5.08595652173913

Слика 7.6: Препоручени режими за обраду резањем

У модулу Обрадљивост материјала на основу одабраног материјала, типа обраде и других основних података, програм даје параметре обрадљивости. Поступак добијања параметара обрадљивости за наш тип обраде је приказан на слици 7.7.

Materijal	Č.1430	Zahvat	Uzduno i poprečno struganje za pomoćni napadni ugao = 0		
Ck1	1900	x1	0.9	y1	0.9
Poprečni presek noža b	16	x h	16	Slobodna dužina noža ln	26.1
		f	20	e	1
Konstanta stezanja	1	C0	0.5594		
Tvrdoća (čvrstoća)	170	kfm	1	Kf kapa	90
				kf gama	5
kf	0.935	Dubina rezanja	3.5	Dozvoljeni napon za dršku (200 - 250 N/mm <sup>2</sup> )	200
Korak s1 (otpornost drške)	0.048	Određivanje koraka s2 (kvalitet)		Korak s2 (s obzirom na kvalitet)	0.202
Stand za korak	0	Merodavan korak	0.05		
Materijal alata	P30	Cv	461	x	0.12
				y	0.31
m	0.35	Kvalitet priprema kvs	0.7	Обрадљивост kv0	1.05
				Zahvat kvz	1
Kontinuitet rezanja kvk	0.8	Stanje mašine kvm	1	kv	0.588
Tip obradnog sistema	CNC	Postojanost	30	Prečnik	80
Snaga mašine Pm	7.00	Stepen iskorišćenja	0.85	nM	3840.5
				broj prolaza i	1
				dubina a'	3.5
s'	0.050	Stand. za br obrta	0	n merodavno	718.09
nm	718.10	nm+1		sm+1	
nm*s	35.91	nm+1* sm+1		n	
Duzina obrade		Glavno vreme		s	

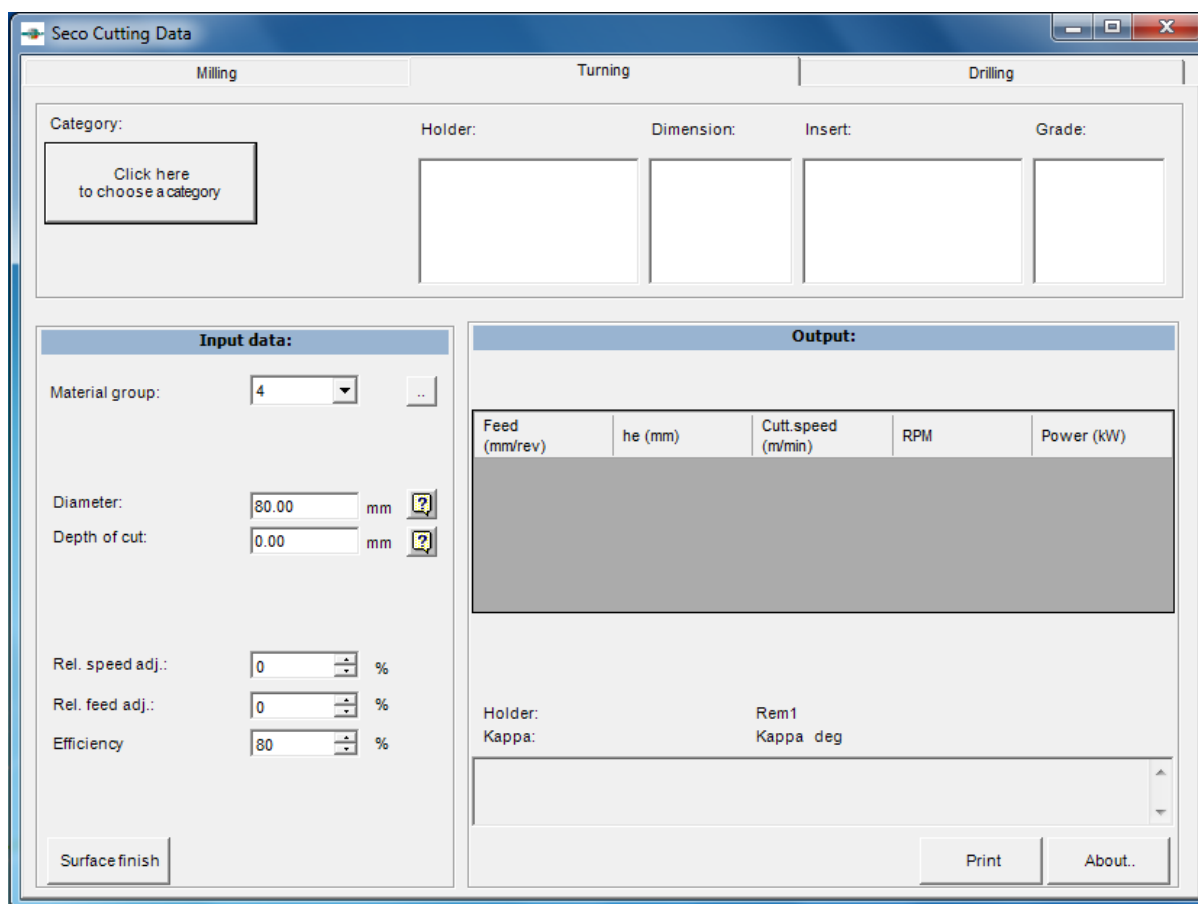
Слика 7.7: Обрадљивост материјала

## 8. Примена софтвера SecoCut на дефинисање технолошког поступка за репрезентативни део

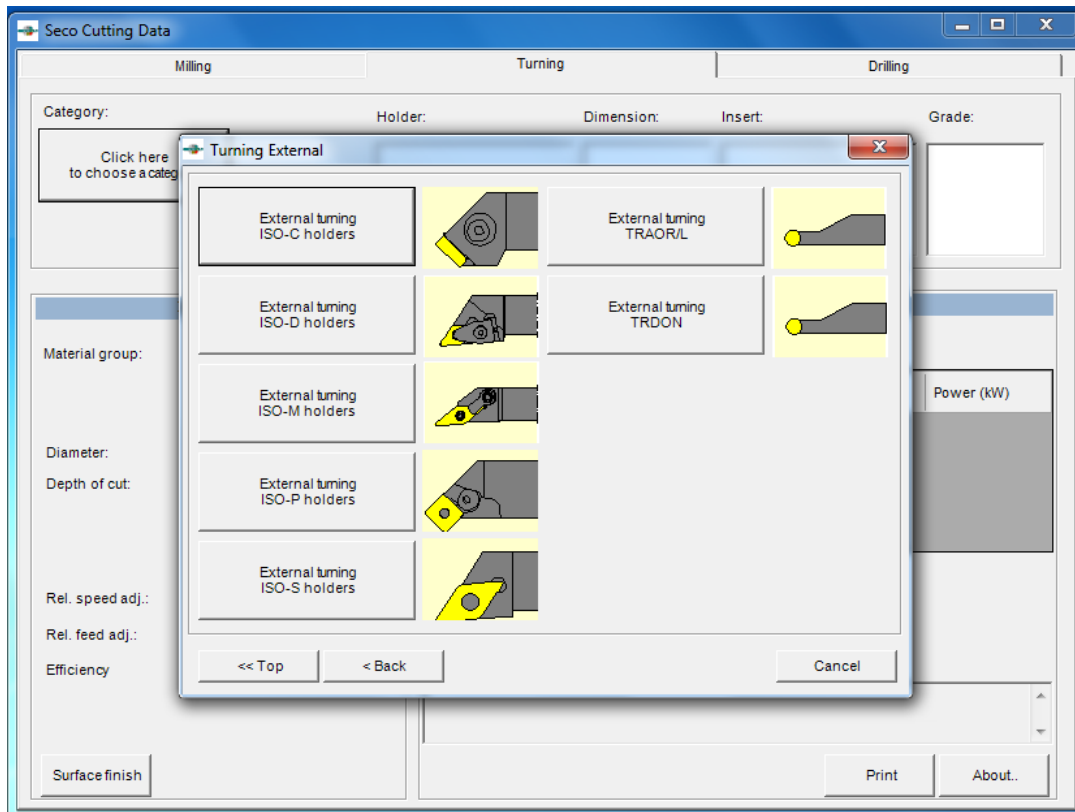
За делове задате текстом пројектног задатка било је потребно одабрати део који ће бити представник фамилије задатих делова. Тај део је степенасто цилиндричног облика, пречника „градираних у једном смеру“ са рупом са једне стране и аксијалним жлебом на средњем пречнику.

У овом софтверу можемо добити параметре обраде за глодање, стругање и бушење. Одабирањем врсте обраде на основу изабраног носача алата (унутрашња или спољашња обрада), пречника са ког се почиње обрада као и дубина резања можемо добити потребне параметре обраде. Софтвер генерише и број обрта као и снагу у [kW] што нам омогућава да извршимо одабир машине на којој ћемо вршити обраду дела. Такође за задавање параметара обраде код КНУ машина можемо користити податке које смо добили применом овог софтвера.

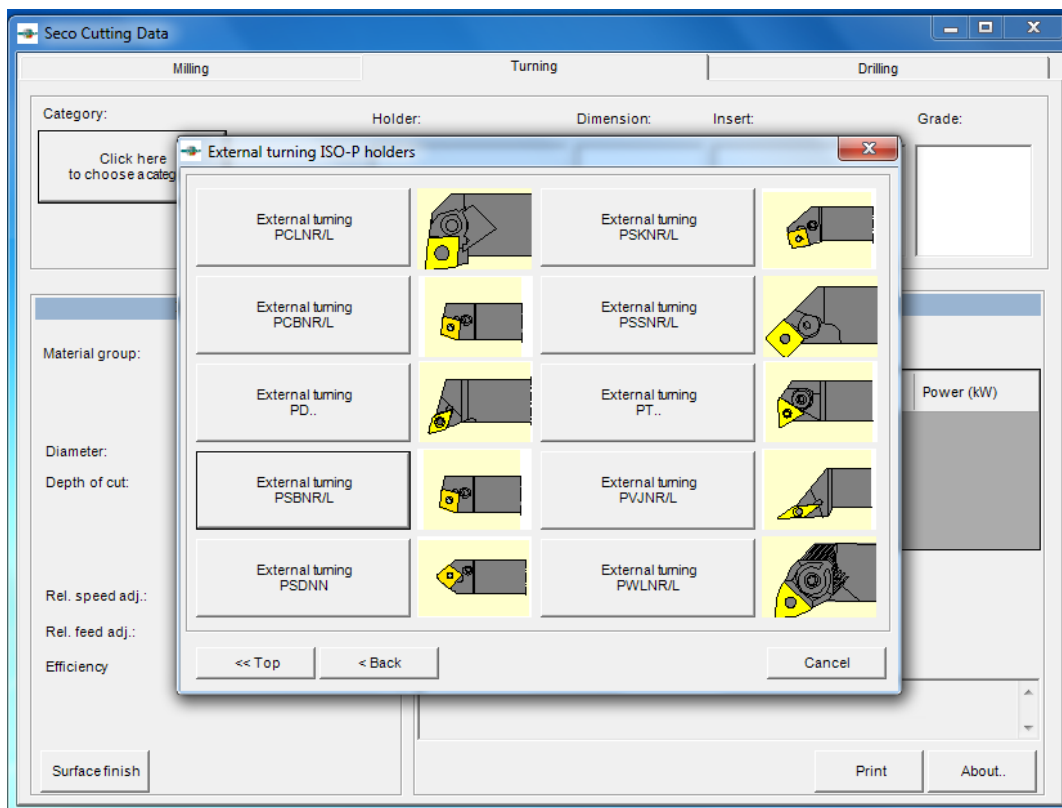
На наредним сликама представљен је принцип коришћења софтвера.



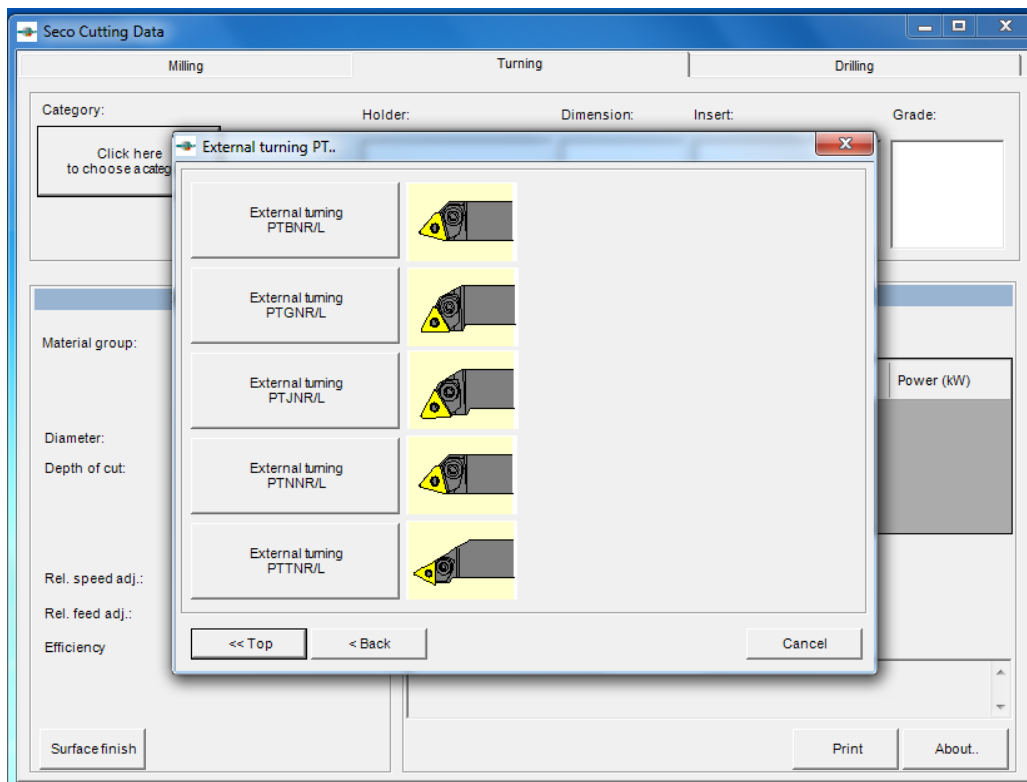
Слика 8.1: Почетак рада у софтверу SecoCut



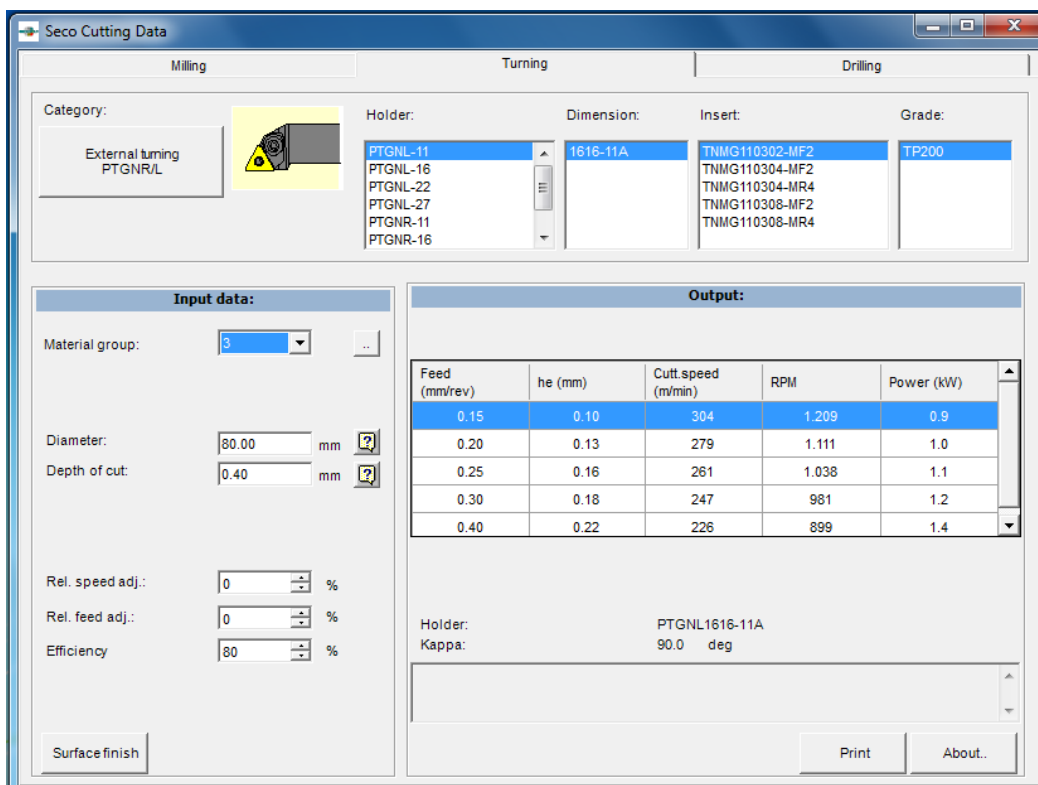
Слика 8.2: Одабир носача и облика резне плочице External turning



Слика 8.3: Одабир облика резне плочице External turning P

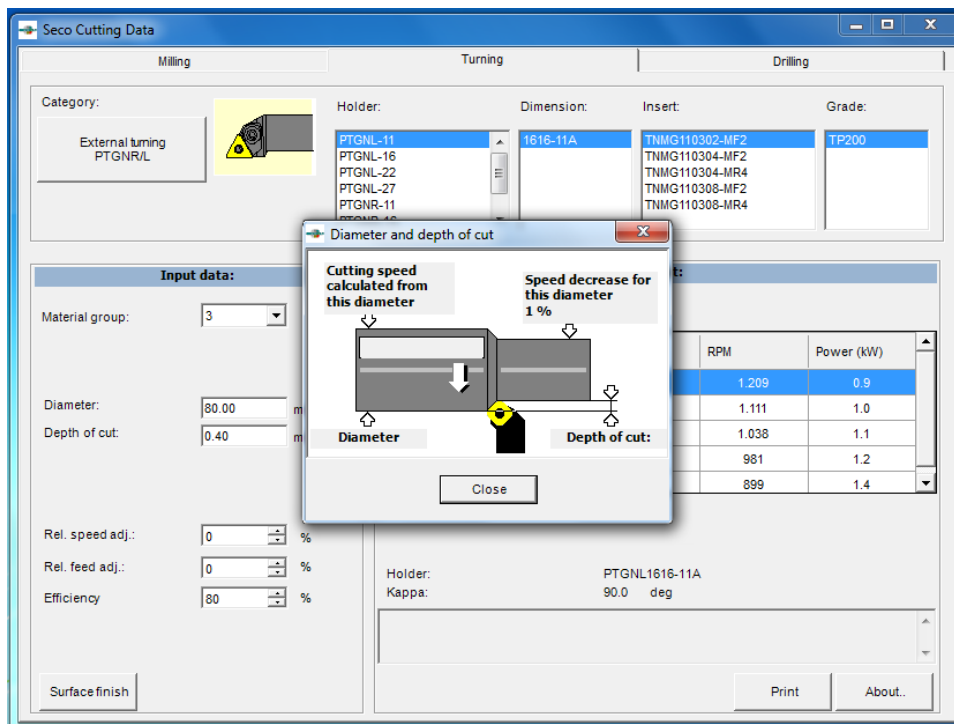


Слика 8.4: Одабир нападног угла резног клина



Слика 8.5: Одабир групе материјала

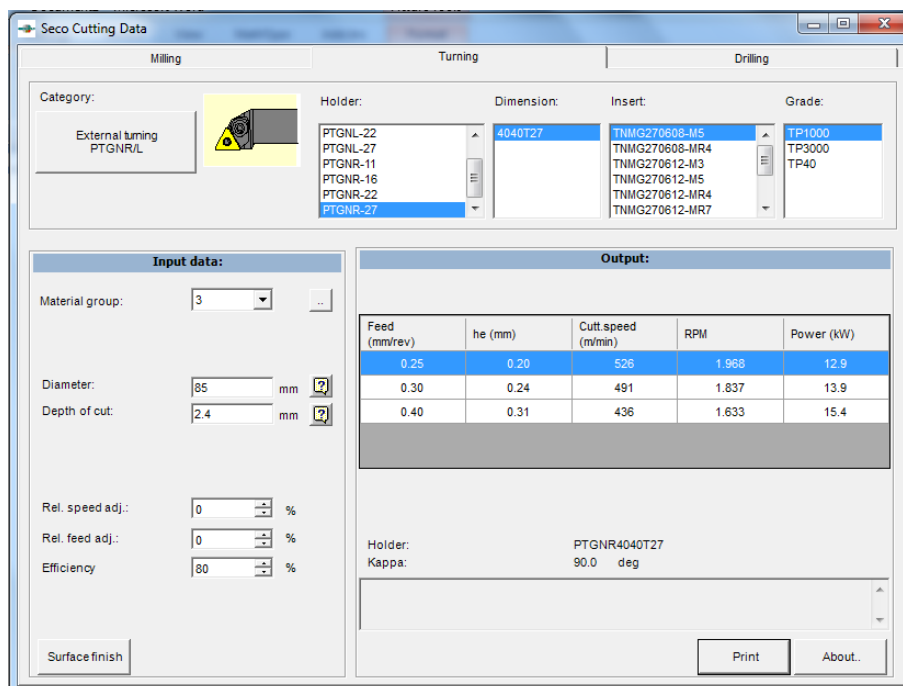




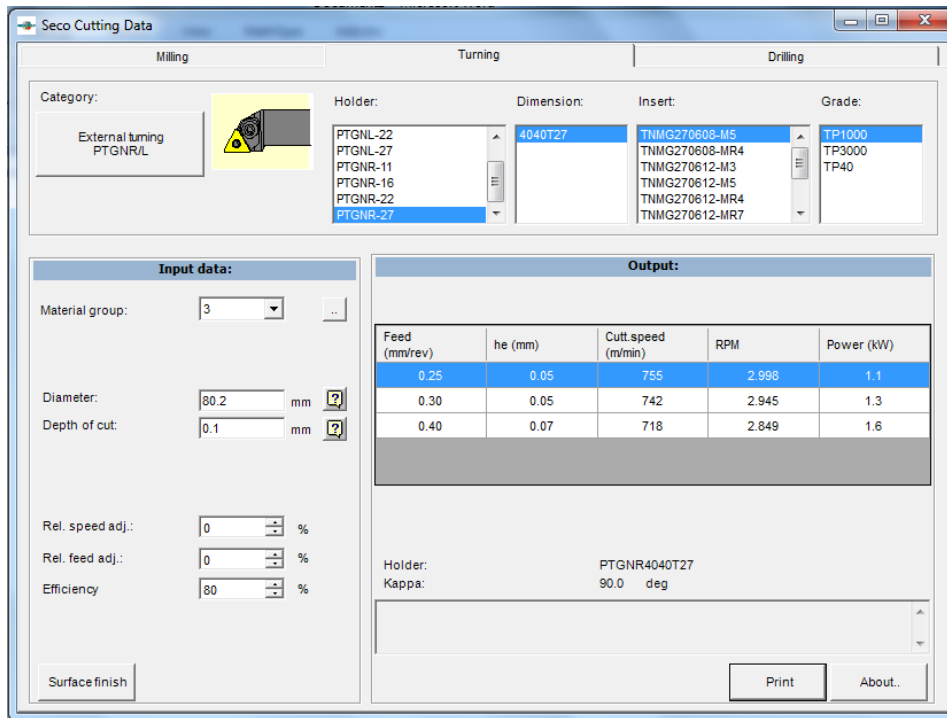
Слика 8.6: Илустрација значења понуђених термина

Задавањем пречника уз претходно одабране карактеристике алата и материјала добијамо параметре обраде у табели софтвера.

На слици 8.7 приказана је груба обрада највећег пречника обрадка.

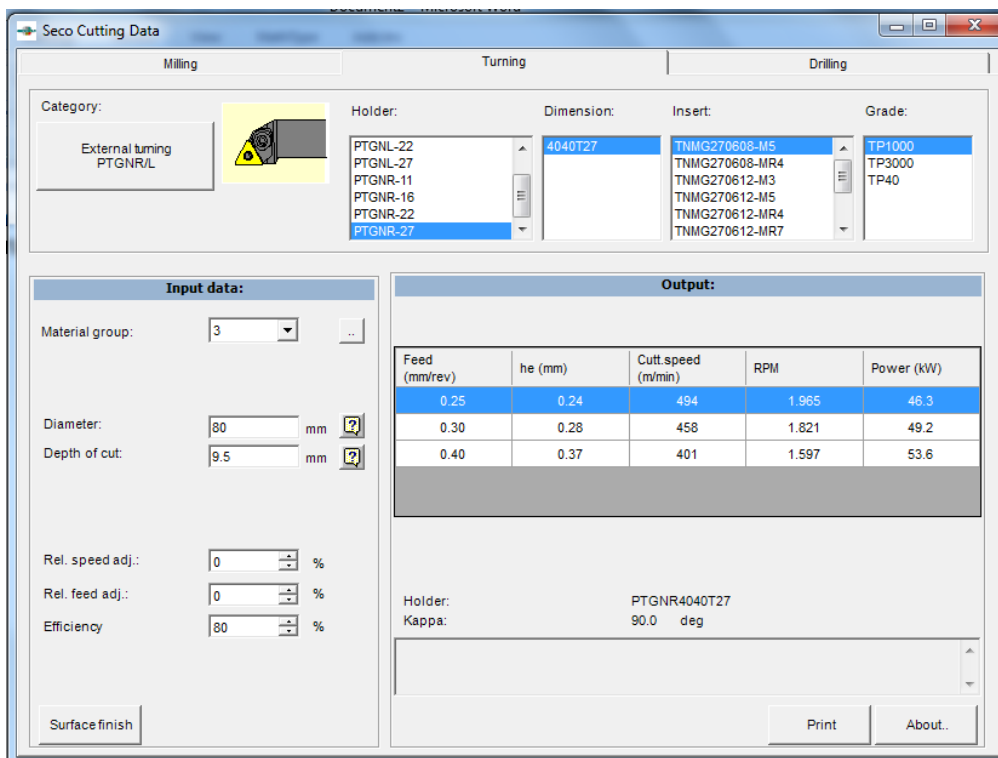


Слика 8.7: Груба обрада пречника

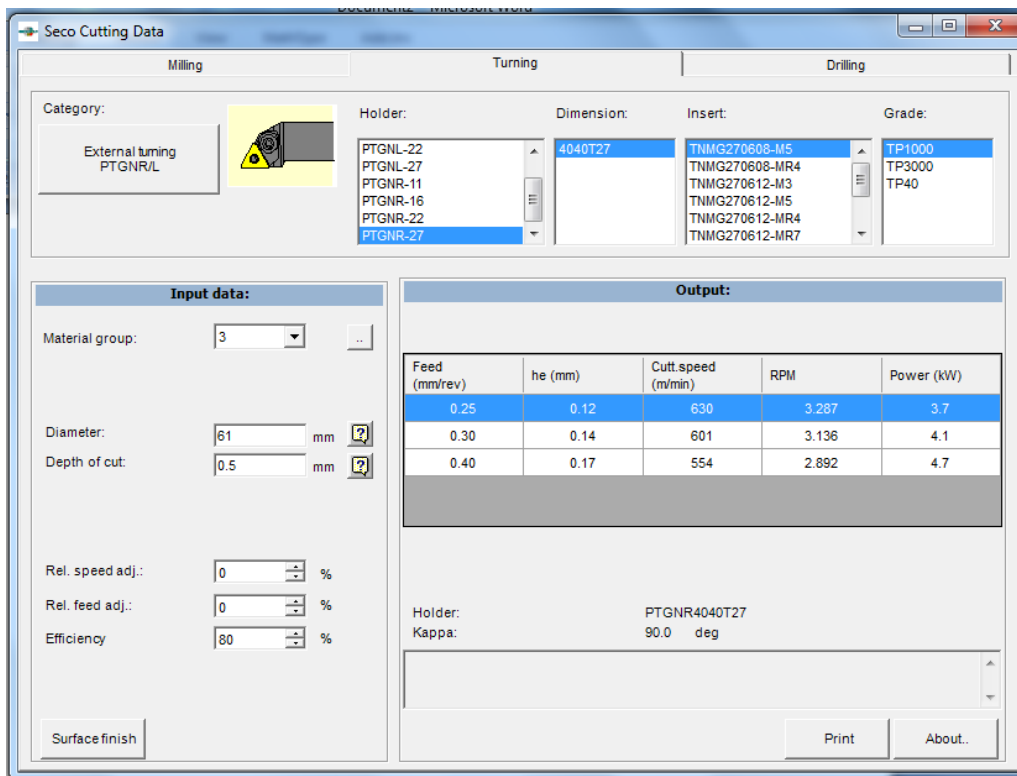


Слика 8.8: Фина обрада пречника 80мм

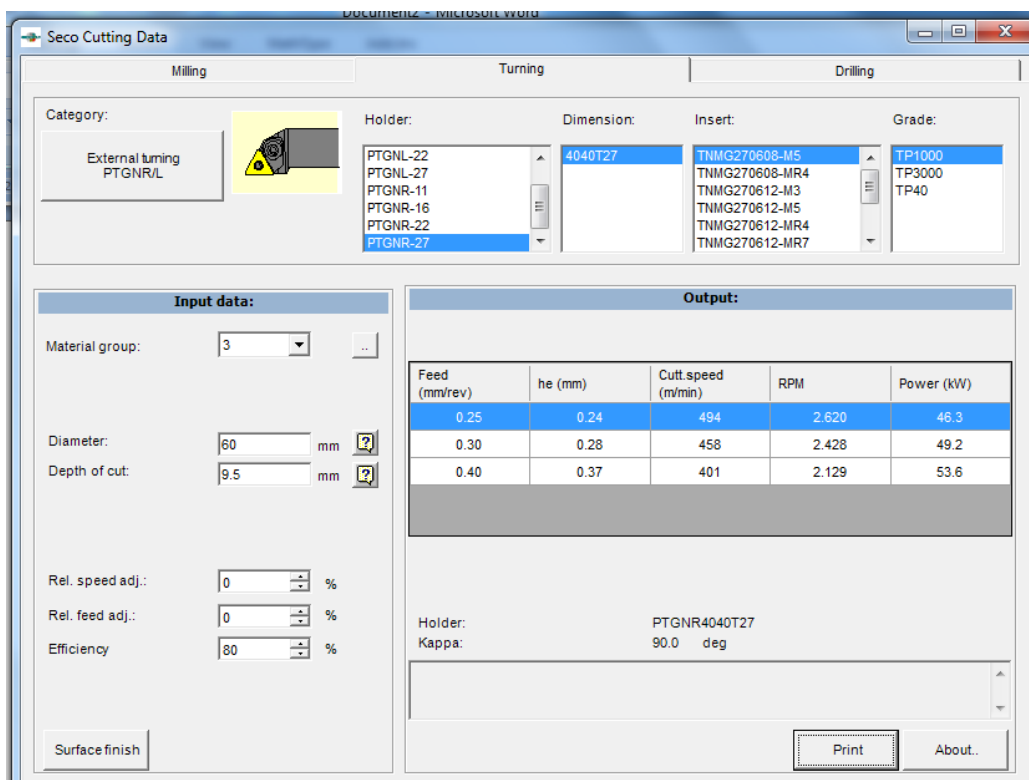
На слици 8.10 дати су параметри за завршну обраду највећег пречника репрезентативног дела дате фамилије делова.



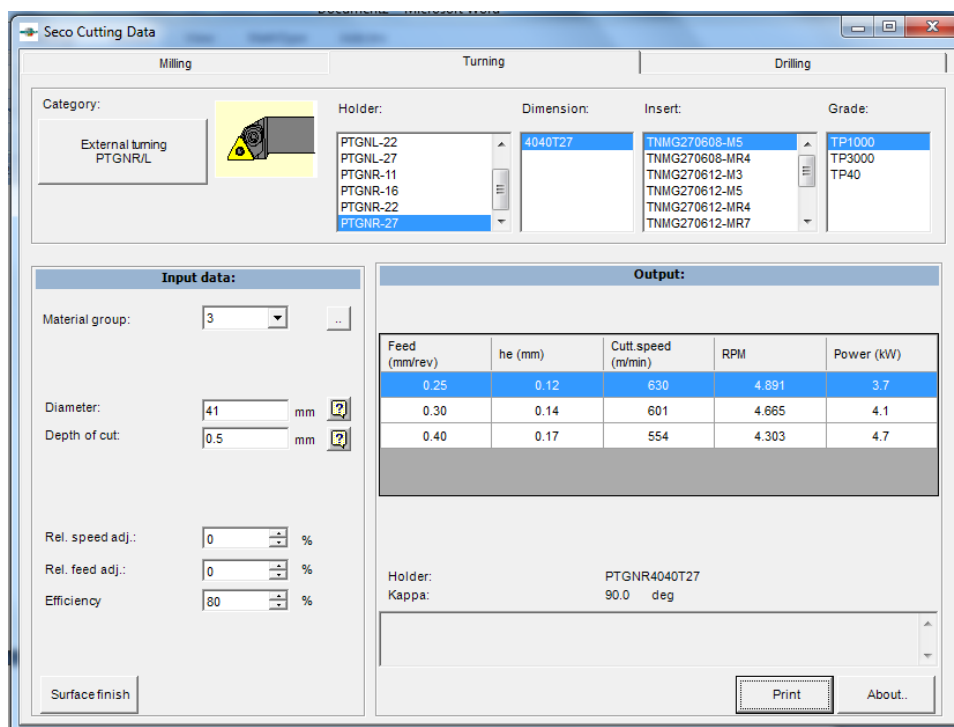
Слика 8.9: Груба обрада средњег пречника обрадка



Слика 8.10: Завршна обрада средњег пречника обрадка



Слика 8.11: Груба обрада најмањег дела

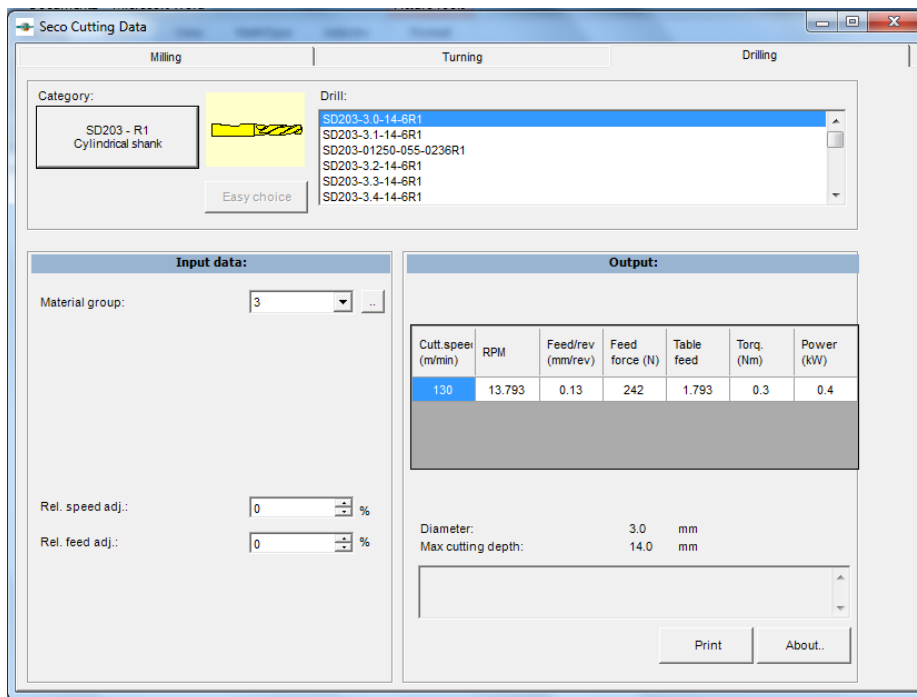


Слика 8.12: Завршна обрада најмањег пречника дела

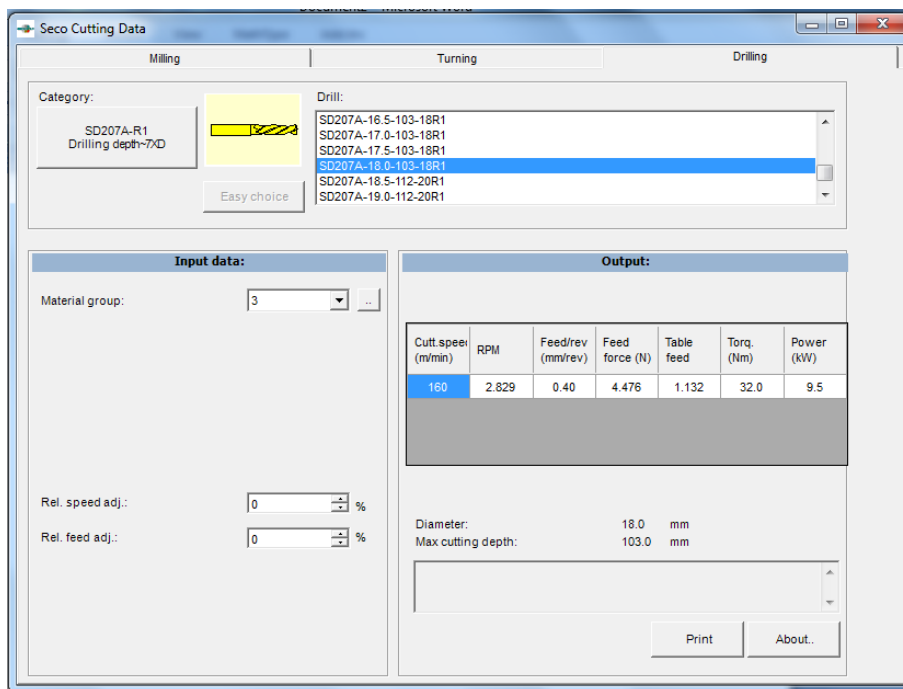
Тиме је добијена документација (параметри обраде) на основу којих се може изабрати машина на којој ће се обрађивати део.

Пре подужне обраде потребно је извршити радијалну (попречну) обраду чеоне површине на жељени квалитет обраде. У случају да на тој чеоној површини у радионичком цртежу „стоји“ рупа или отвор, извршиће се обрада отвора пре обраде чеоне површине ради смањења главног времена обраде.

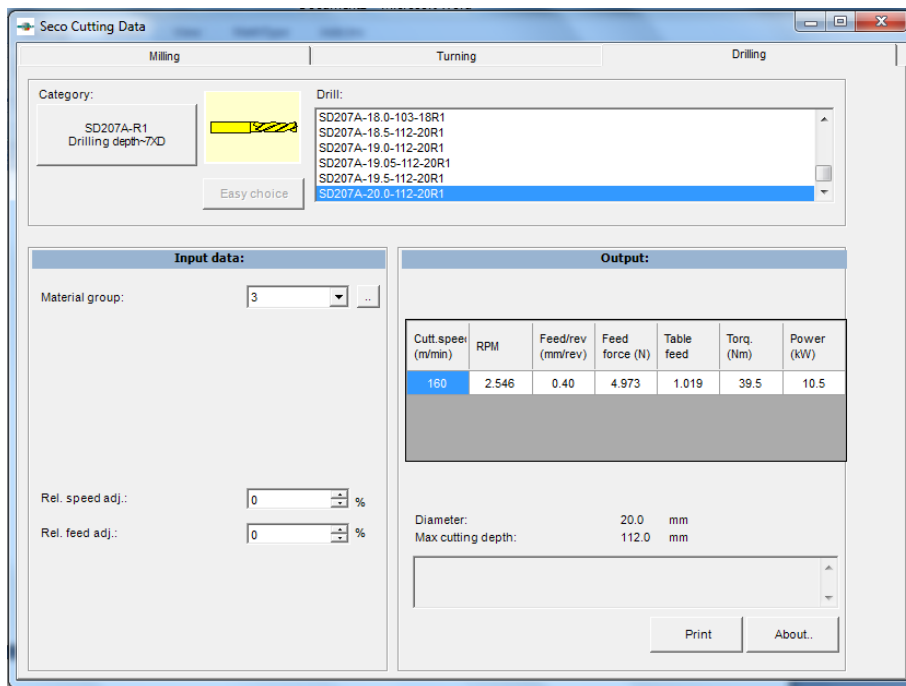
Сликама 8.13 до 8.15 је приказан поступак бушења централне рупе на посматраном делу. Пречник рупе је 20мм и потешно је извршити забушивање, бушење и шроширивање.



Слика 8.13: Забушивање бургијом од 3мм

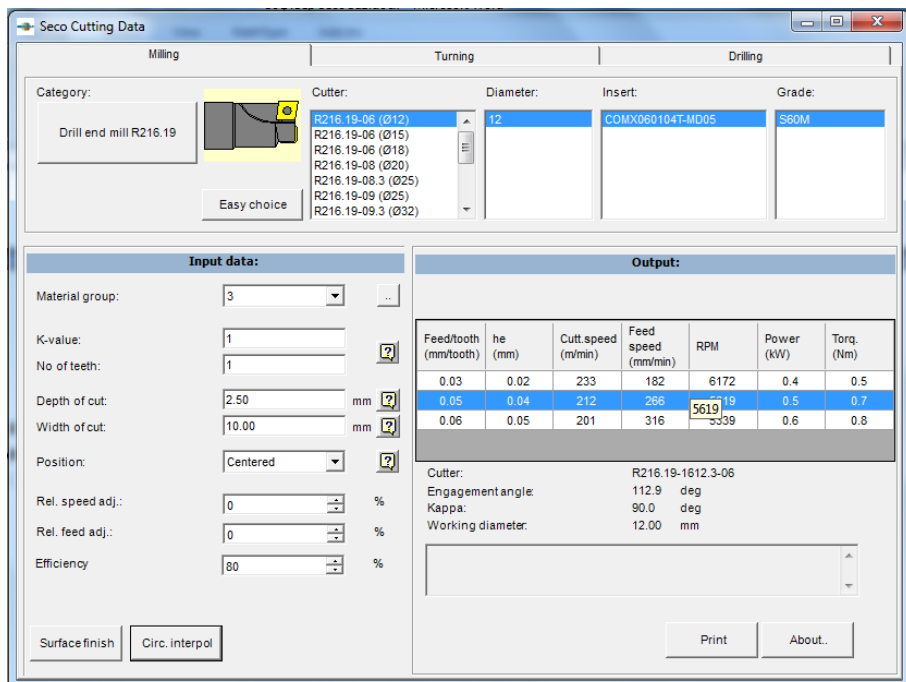


Слика 8.14: Бушење рупе пречника 18мм на дубину 38мм



Слика 8.15: Бушење рупе пречника 20мм на дубину 38мм

Такође је потребно да се уради обрада аксијалног жлеба на средњем пречнику дела димензија 10x30мм. Параметри обраде се могу добити из модула за глодање софтвера SecoCut. Одабир глодала се врши сличним поступком као и код претходне две обраде.



Слика 8.16: Израда аксијалног жлеба

## 9. Примена софтвера PROTEH-R на израду технолошког поступка за репрезентативни део

На основу анализе теоретски поставки пројектовања технолошких процеса, могућности примене рачунара, логике развијених CAPP система, постављених захтева и успостављеног модела система за аутоматизовано пројектовање технолошких процеса за класу ротационих делова, развијен је софтверски PROTEH-R.[4].

Овај систем развијен је за пројектовање технолошких процеса за класу ротационих делова који се обрађују на стругу. PROTEH-R захтева и изванредан степен интеракције пројектанта.

Обухвата следеће модуле:

- Модул за избор података за обраду и избор припремка
- Модул за формални опис дела
- Модул за избор метода обраде и одређивање редоследа обраде
- Модул за избор алата
- Модул за избор режима и прорачун времена обраде
- Модул за генерисање технолошке документације

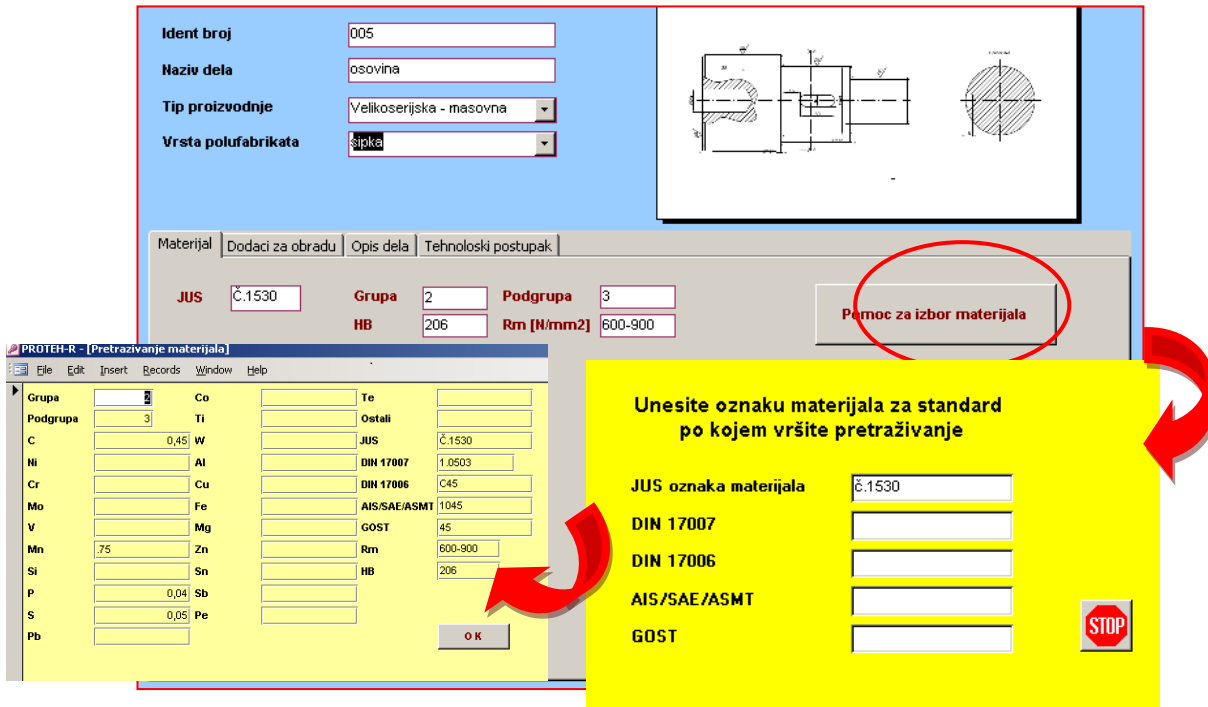
На почетку рада са системом, пре него што смо почели избор припремка користили смо софтвер да одредимо материјал за наш репрезентативни део. Наиме у оквиру овог модула дефинисали смо назив дела, идентификациони број, тип производње и врсту полуфабриката, да бисмо потом унели назначени материјал и као излаз добили његове особине. Понављајући овај поступак за сва четири дела, уз назнаку да је реч о великосеријској производњи и шипкастом полуфабрикату, упоређивали смо карактеристике материјала свих делова и на крају одабрали материјал за типичног представника. Наведени поступак приказан је на слици 10.1.

Materijal	Dodaci za obradu	Opis dela	Tehnoloski postupak
JUS	Č.1430	Grupa: 2 HB: 172	Podgrupa: 3 Rm [N/mm2]: 650-800
JUS	Č.1531	Grupa: 2 HB: 206	Podgrupa: 3 Rm [N/mm2]: 600-900
JUS	Č.1530	Grupa: 2 HB: 206	Podgrupa: 3 Rm [N/mm2]: 600-900
JUS	Č.1680	Grupa: 2 HB: 192-197	Podgrupa: 3 Rm [N/mm2]: 650-660

Слика 9.1: Поређење карактеристика материјала

Одлучили смо се за Č1530 јер његове карактеристике у великој мери одговарају свим осталим материјалима. Такође, имамо могућност и детаљног прегледа његових особина.

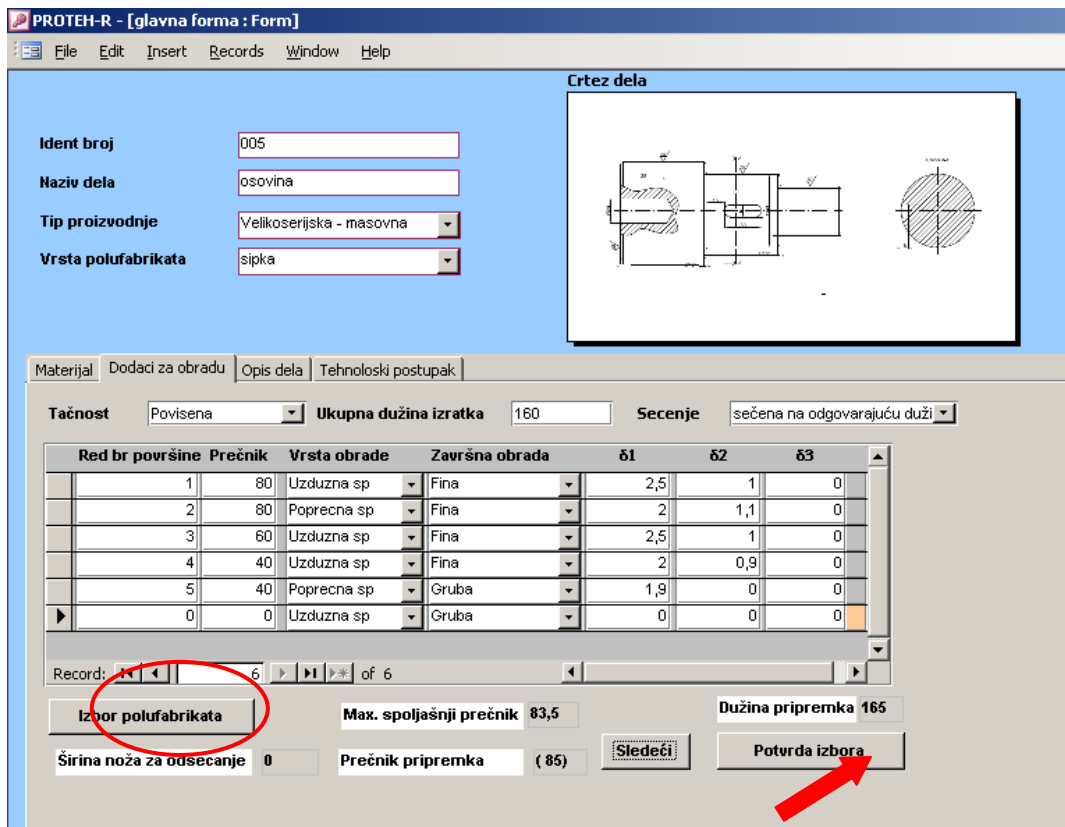
Означавањем помоћи за избор материјала за жељени материјал можемо добити његове ознаке по различитим стандардима.



Слика 9.2: Одабрани материјал за репрезентативни део

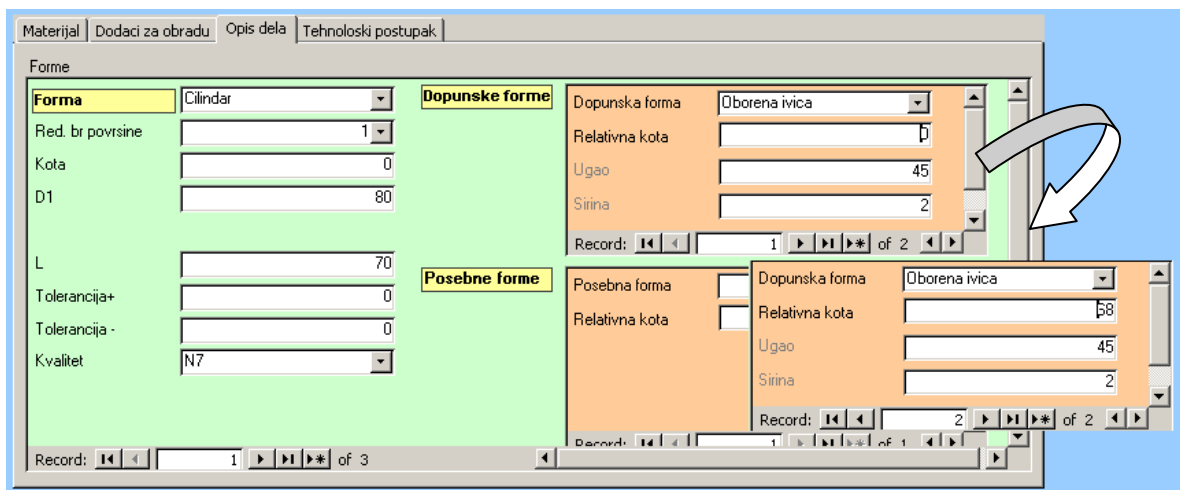
У наредном кораку прелазимо на избор додатака за обраду који је приказан на слици 9.3. Додаци за обраду и одређивање дужине припремка за дати део одређују се на основу одабира тачности, дужине издатка и сечења. За сваки потребан захват одређују се додаци за обраду на основу пречника, врсте обраде и завршне обраде. Након одређених свих додатака потребно је активирати тастер "избор полуфабриката" и тада добијамо понуђене димензије полуфабриката које потврђујемо притиском на дугме "потврда избора".





Слика 9.3: Избор припремка и додатака за обраду

После одређивања додатака прелазимо на опис дела. С обзиром на то да је наш део једнострано степенаст дефинисање ће се одвијати од цилиндра до цилиндра. За сваки од њих биће потребно одредити форму (редни број површине, кату, пречник, дужину, толеранције и квалитет обрађене површине), допунске форме (у нашем случају оборене ивице и жљоб за клин) и посебне форме (којих у случају нашег дела нема). На слици 9.4 видимо дефинисање првог цилиндра који има две допунске форме.



Слика 9.4: Опис првог цилиндра

На слици видимо дефинисање другог цилиндра, који такође има две допунске форме.

Forma		Dopunske forme	
Forma	Cilindar	Dopunska forma	Oborena ivica
Red. br površine	3	Relativna kota	69
Kota	70	Ugao	45
D1	60	Širina	1
L	60	Record: 1 of 2	
Tolerancija+	0	Posebne forme	
Tolerancija -	0	Posebna forma	Zijeb za klin
Kvalitet	N7	Relativna kota	15
Record: 2 of 3		Duzina	30
		Dubina	6
		Record: 1 of 2	

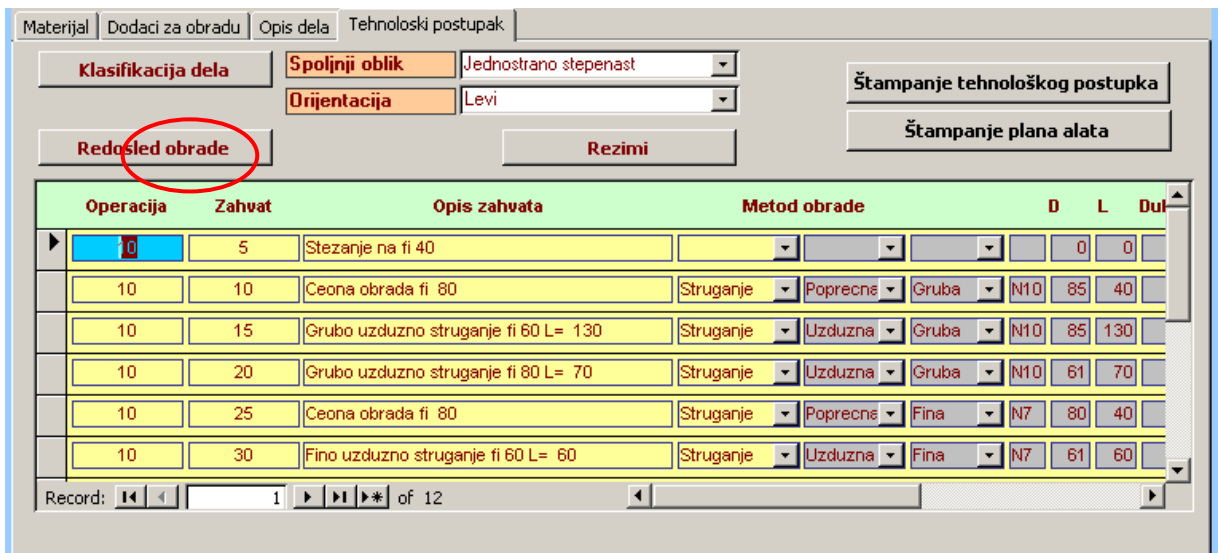
Слика 9.5: Опис другог цилиндра

На крају описа дела дефинисали смо трећи цилиндар са једном допунском формом.

Forma		Dopunske forme	
Forma	Cilindar	Dopunska forma	Oborena ivica
Red. br površine	4	Relativna kota	28
Kota	130	Ugao	45
D1	40	Širina	2
L	30	Record: 1 of 1	
Tolerancija+	0	Posebne forme	
Tolerancija -	0	Posebna forma	
Kvalitet	N7	Relativna kota	0
Record: 3 of 3		Record: 1 of 1	

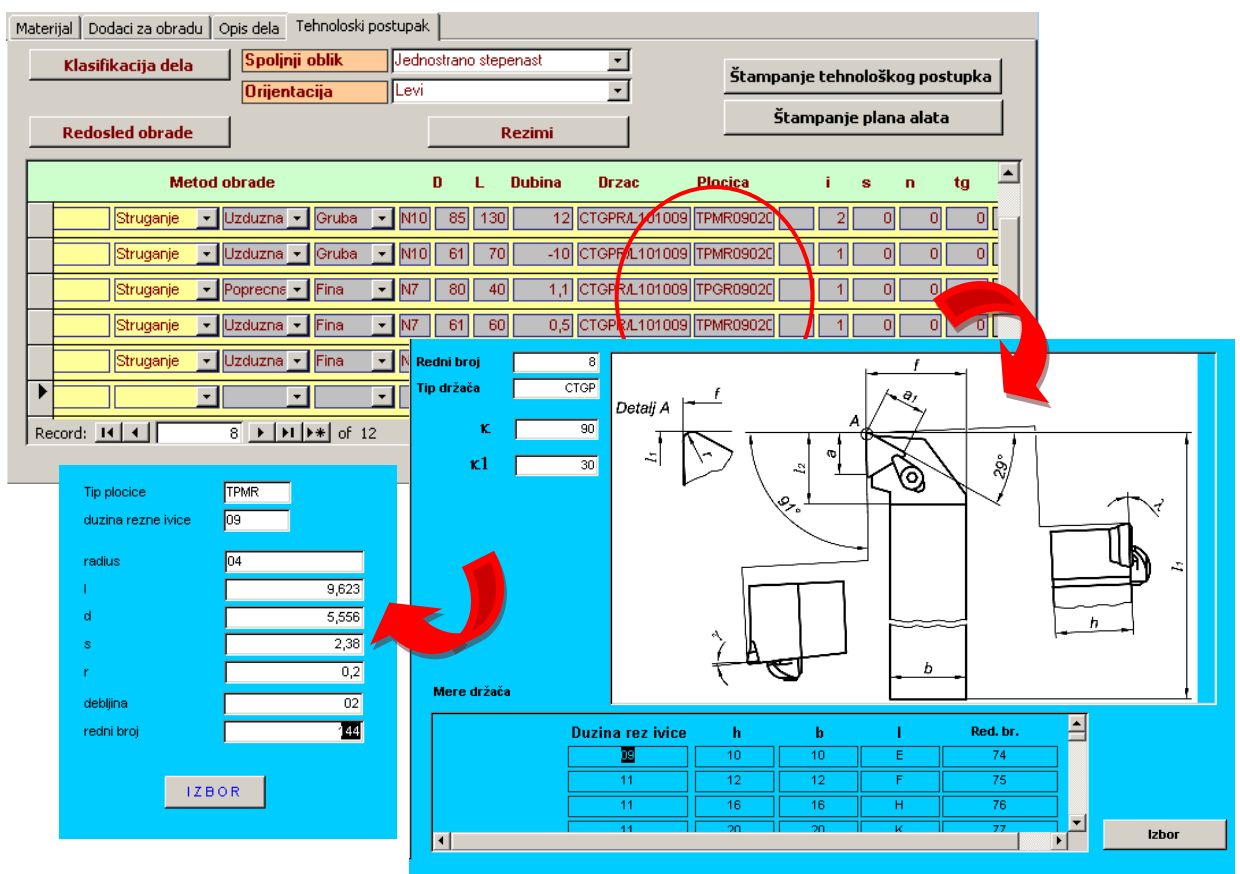
Слика 9.6: Опис трећег цилиндра

Следећи корак је дефинисање технолошког поступка за дати део. Прво што одређујемо је редослед обраде. То чинимо тако што прво извршимо класификацију дела, а затим притиснемо тастер "редослед обраде".



Слика 9.7: Избор редоследа обраде

Затим, користећи модул за избор алата бирамо држач ножа и плочицу. Овај модул не даје препоруке за избор држача и плочице, већ само нуди различите врсте које бирамо у зависности од нашег пројектног задатка и искуства.



Слика 9.8: Избор алата

Режими обраде генеришу се аутоматски, коришћењем унутрашњих база и веза, притиском на тастер "режими".

Materijal Dodaci za obradu Opis dela Tehnološki postupak

**Klasifikacija dela** Spoljnji oblik Jednostrano stepenast  
 Orijentacija Levi

Redosled obrade **Rezimi** Štampanje tehnološkog postupka  
 Štampanje plana alata

	D	L	Dubina	Drzac	Plocica	I	s	n	tg	t	kor.a	tip	orij.	post.
Gruba	N10	85	40	2	CTGPR.L101009	TPMR0902C	P20	1	0,27	468	0,32			
Gruba	N10	85	130	12	CTGPR.L101009	TPMR0902C	P30	2	0,27	356	1,35			
Gruba	N10	61	70	-10	CTGPR.L101009	TPMR0902C		1	0,27		0			
Fina	N7	80	40	1,1	CTGPR.L101009	TPGR0902C	P20	1	0,1	497	0,80			
Fina	N7	61	60	0,5	CTGPR.L101009	TPMR0902C	P10	1	0,1	835	0,72			
Fina	N7	81	70	0,5	CTGPR.L101009	TPMR0902C	P10	1	0,1	629	1,11			

Record: 1 of 12

Слика 9.9: Избор режима

На крају целокупан технолошки поступак може се представити штампањем технолошког поступка за дати део.

<b>Tehnološki postupak</b>											
<b>Ident broj</b>	005	<b>Ime dela</b> osovina									
<b>Materijal</b>	Č.1530	<b>HB</b> = 206	<b>RM [N/mm<sup>2</sup>]</b> = 600-900				<b>Grupa</b>	2	3		
<b>Tip proizvodnje</b>	Velikoserijska - masovna										
<b>Pripremak</b>	sipka	JUS C.B3.021	<b>D=</b>	85	<b>L=</b>	166	Povisena	tačnost			
<b>Operacija</b>	10										
Zahvat	a [mm]	D	n	s	i	L	tg	Alat	Pločica		
5 Stezanje na fi 40	0	0	0	0	0	0	0,000				
10 Ceona obrada fi 80	2	85	468	0,27	1	40	0,317	CTGPR/L101009	TPMR090204		
15 Grubo uzdužno struganje fi 60 L= 130	12	85	356	0,27	2	130	1,352	CTGPR/L101009	TPMR090204		
20 Grubo uzdužno struganje fi 80 L= 70	-10	61		0,27	1	70	0,000	CTGPR/L101009	TPMR090204		
25 Ceona obrada fi 80	1,1	80	497	0,1	1	40	0,805	CTGPR/L101009	TPGR090204		
30 Fino uzdužno struganje fi 60 L= 60	0,5	61	835	0,1	1	60	0,719	CTGPR/L101009	TPMR090204		
35 Fino uzdužno struganje fi 80 L= 70	0,5	81	629	0,1	1	70	1,113	CTGPR/L101009	TPMR090204		
40 Stezanje na fi 60	0	0	0	0	0	0	0,000				
45 Ceona obrada fi 40	2	85	468	0,27	1	43	0,336	CTGPR/L101009	TPMR090204		
50 Grubo uzdužno struganje fi 40 L= 30	22,05	85	356	0,27	4	30	0,312	CTGPR/L101009	TPMR090204		
55 Ceona obrada fi 40	1,1	41	968	0,1	1	21	0,212	CTGPR/L101009	TPGR090204		
60 Fino uzdužno struganje fi 40 L= 30	0,45	41	1245	0,1	1	30	0,241	CTGPR/L101009	TPMR090204		

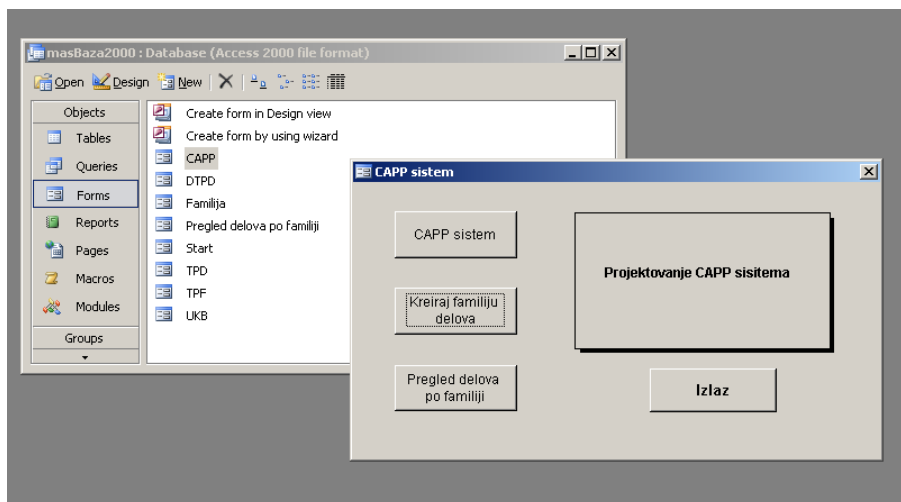
Strana 1 od 1

Слика 9.10: Технолошка документација

## 10. MASbaza

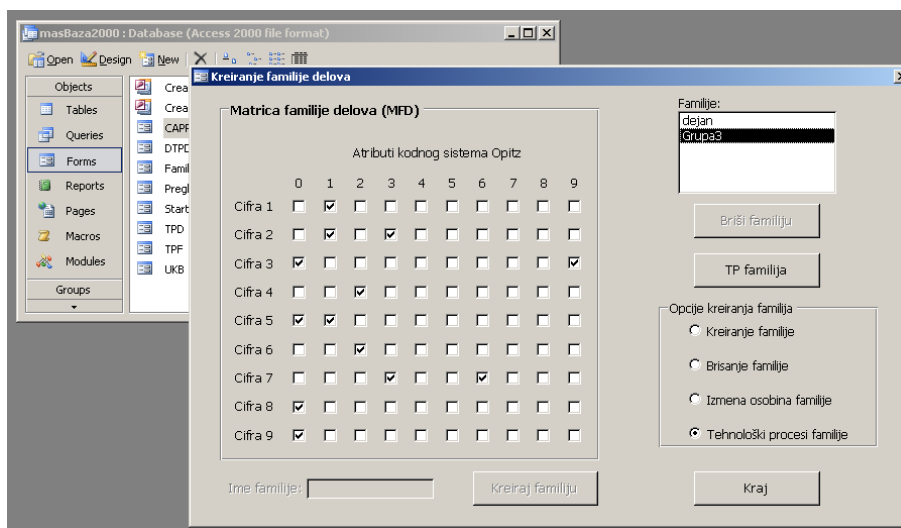
Масбаза је софтверски пакет заснован на MS Access-у, и његов приказ је представљен на следећим сликама. Класификација делова је извршена Opitz класификатора, њиховим карактеристикама делова. Код дела се формира на основу табела које садрже различите ознаке у зависности од карактеристика дела. Кодови делова су пердстављени у табели 3.

Табела 3: Кодови делова добијених Opitz класификатором									
Цифра	Основна					Допунска			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Део 1	1	1	0	2	0	2	3	0	0
Део 2	1	1	9	2	1	2	3	0	0
Део 3	1	1	9	2	1	2	3	0	0
Део 4	1	3	9	2	1	2	6	0	0

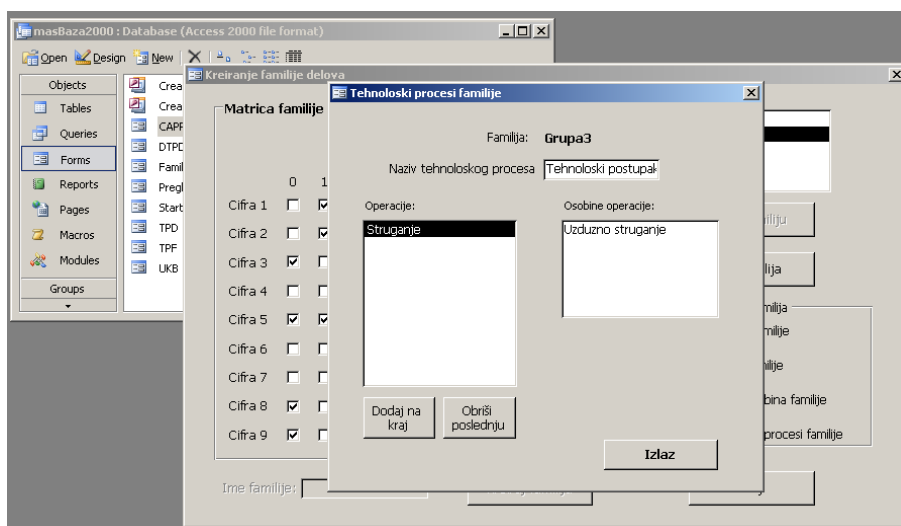


Слика 10.1: Почетни екран МасБазе

Прво је потребно формирати фамилију делова кликом на дугме „Креирај фамилију“ након давања имена фамилији, и попуњавања матрице фамилије делова. Кликом на Технолошки процеси фамилије и селектовањем фамилије добијамо могућност дефинисања технолошког поступка што је представљено на сликама 10.2 и 10.3.

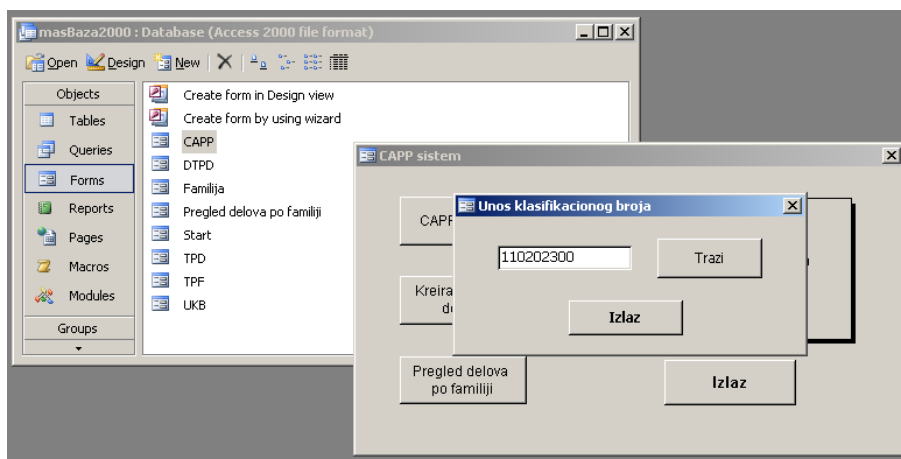


Слика 10.2: Дефинисање технолошког поступка

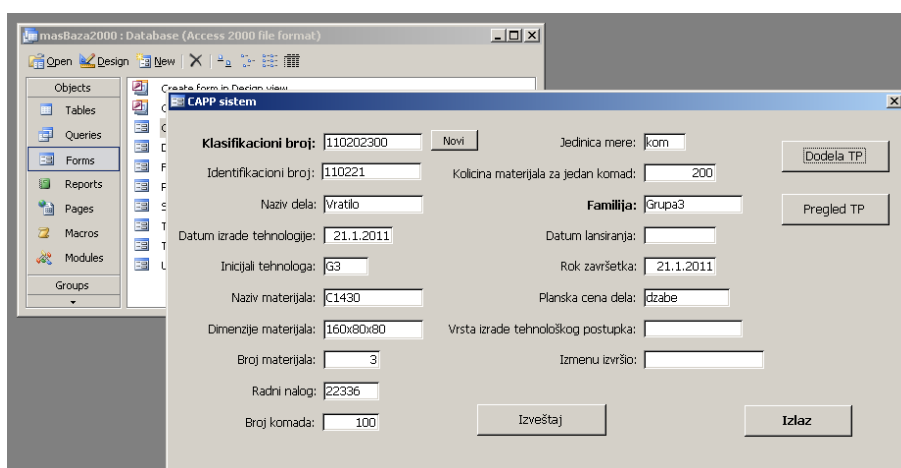


Слика 10.3: Дефинисање матрице фамилије делова

Уношење класификационог броја врши се кликом на "CAPP sistem". Након чега се код потврђује кликом на "Trazi". Тиме добијамо могућност да попунимо извештај дела чији код смо претходно унели. Информације се потврђују кликом на "Dodela TP" чиме се оне додељују технолошком процесу. Ови поступци су приказани на сликама 10.4, 10.5 и 10.6



Слика 10.4: Унос класификационог кода



Слика 10.5: Уношење информација за извештај

## Tehnološki postupak

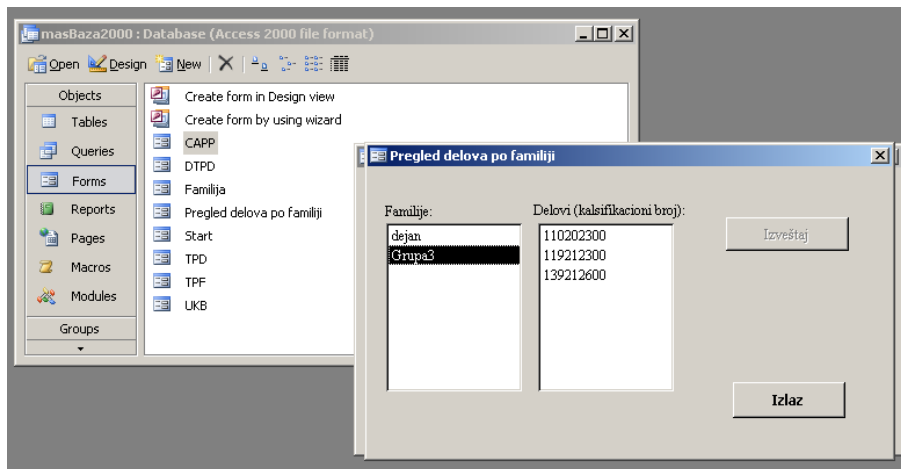
<b>Klasifikacioni broj:</b> 119212300	Jedinica mere: kom
Identifikacioni broj: 22125	Količina materijala za jedan komad: 0
Naziv dela: vratilo	<b>Familija:</b> Grupa3
Datum izrade tehnologije: 21.1.2011	Datum lansiranja: 21.1.2011
Inicijali tehnologa: G3	Rok završetka: 21.1.2011
Naziv materijala: c1530	Planska cena dela:
Dimenzije materijala: 130x80x60	Vrsta izrade tehnološkog postupka:
Broj materijala: 3	Izmenu izvršio:
Radni nalog: 22153	
Broj komada: 200	

RedniBroj	Naziv operacije	Osobina
1	Struganje	

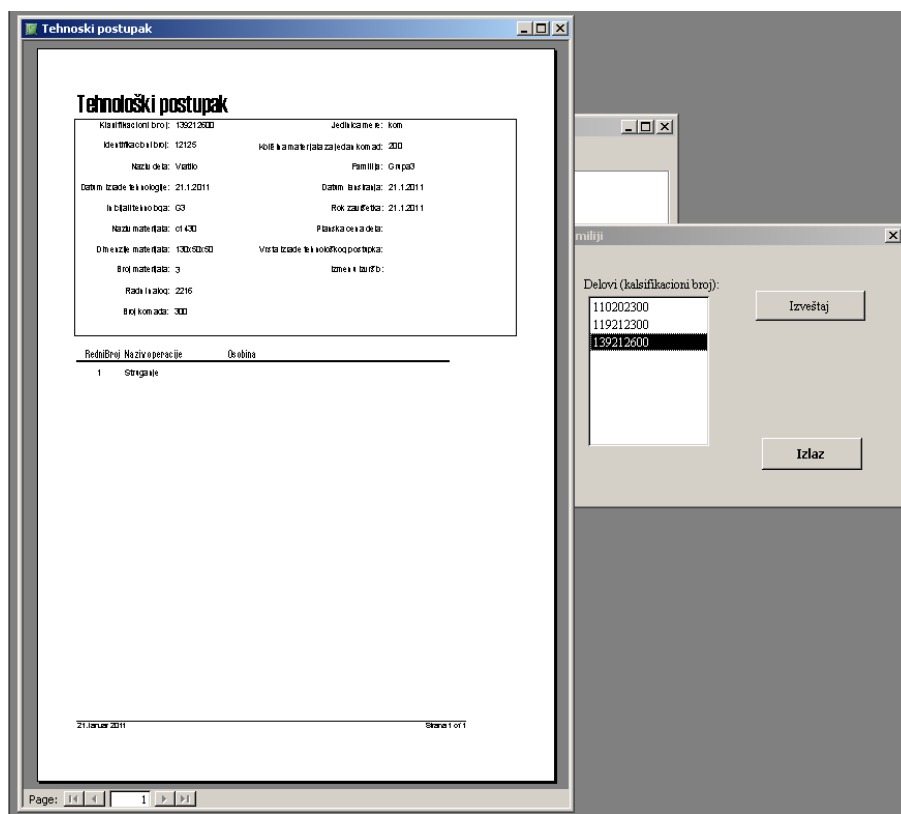
Слика 10.6: Извештај технолошког поступка за жељени део



Кликом на "Pregled delova po familiji" добијамо приказ свих фамилија. Кликом на жељену фамилију појављују се сви делови који су у тој фамилији. Селектовањем жељеног дела омогућава нам се добијање извештаја. И коначно, кликом на дугме "Izvestaj" добијамо извештај изабраног дела, слике 10.7 и 10.8.



Слика 10.7: Преглед делова по фамилији



Слика 10.8: Добијање извештаја за изабрани класификациони број

## 11. Закључак

Коришћењем различитих софтвера за пројектовање технологија путем рачунара можемо закључити да се време потребно за пројектовања технолошког процеса смањује у значајној мери. Није тешко уочити да је ово једна од области коју је потребно унапређивати и довести на ниво развоја CAD i CAM система. То би умногоме олакшало решавање проблема савременим инжењерима и смањило потенцијалне грешке при пројектовању.

Међутим, морамо имати у виду да данашњи софтвери имају одређене недостатке. Радећи у PROTEH-R-у уочили смо да нисмо имали могућност обраде рупе. Технолошки поступак тако може бити комплетиран тек након коришћења још једног софтвера, на пример SecoCut-а. Такође, проблеми се јављају и при покушају генерисања плана алата, док у технолошком поступку недостаје обрада неких допунских форми, обарања ивица.

Софтвер SecoCut је користан алат којим брзо и лако долазимо до потребних параметара обраде чиме се појефињује сама производња. SecoCut има широку примену у индустрији, али и поред својих предности, овај софтвер има и доста недостатака. Нпр. није могуће да софтвер сам избаци број пролаза у случају да је дубина резања већа од дужине резног дела резне плочице, база података се треба допунити јер нема све потребне алате (што се односи на димензије постојећих алата у бази као и алата који уопште не постоје типа забушивача), немогућност добијања параметара обраде за попречну обраду. То су све надоградње софтвера које је релативно лако урадити, а тиме би софтвер био доста погоднији за употребу у још широј области производње. Још једна опција је да се поред постојећих параметара који су потребни за дефинисање обраде дода и активна дужина резања чиме би се могло израчунати и главно време резања.

Програм Rezanје је једноставан за коришћење и лако се долази до тражених података. Избор машина и алата се изводи претраживањем базе података где су садржани и сви подаци о њима, што доста олакшава избор. Недостатак му је то што не може да се прати цео технолошки поступак, корак по корак, на основу ког би се направио комплетан извештај о изабраним параметрима обраде. Такође је недостатак и то што се при сваком изласку из појединачних модула губе унешени подаци што успорава рад, као и недостатак падајућих листа које олакшавају унос података.

MASbaza представља другачији приступ пројектовања технологије који би било занимљиво развијати и даље проучавати. Користан је јер комбинује класификацију делова са проблематиком формирања технолошког поступка. Ипак и код њега уочили смо мале недостатке који су се искључиво односили на отежану имплементацију на одређеном броју рачунара.

## 12. Литература

[1] Бабић, Б., *Flexu – интелигентни експерт систем за пројектовање ФТС*, Серија монографских дела Интелигентни технолошки системи (Уредник серије: Проф. др Владимир Милачић), Књига 5, Универзитет у Београду -Машински факултет, Београд, 2003.

[2] Бабић, Б., Предавања на предмету Интелигентни технолошки системи (ПРО220-0131), Универзитет у Београду -Машински факултет, Београд, 2010.

[3] Нешић, Н., Материјали са аудиторних вежби на предмету Интелигентни технолошки системи (ПРО220-0131), Универзитет у Београду -Машински факултет, Београд, 2010.

[4] Материјали са аудиторних вежби на предмету Интелигентни технолошки системи (ПРО220-0131), Универзитет у Београду -Машински факултет, Београд, 2010.