

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 356/2015

Милош В. Весовић

Савремени обрадни системи за производњу провлакача (мастер рад)

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др. Богдан Недић- ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____
Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Мастер студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Милош Весовић**

Број индекса: **356/2015**

ПРИЈАВА МАСТЕР РАДА

Тема рада: **Савремени обради системи за производњу провлакача**

Задатак: У оквиру мастер рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о савременим обрадним системима који се користе у технологијама за производњу провлакача. Описати примењене технологије у предузећу UNIOR COMPONENTS - Крагујевац са посебним акцентом на савремене обрадне системе - ЦНЦ машине. У другом делу рада извршити одговарајућа мерења вучне силе провлачења и упоредити је са прорачунатом вредношћу.

Мастер рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Основна геометрија провлакача
3. Технологије израде провлакача
4. Карактеристике ЦНЦ машина у предузећу UNIOR COMPONENTS - Крагујевац за производњу провлакача,
5. Прорачун и мерење вучне силе провлачења,
6. Закључци,
7. Литература.

Ментор:

Крагујевац, 27.08.2020.

Др Богдан Недић, редовни професор

Abstract

The theme of this work is tools for broaching. Broaching tools are very expensive tools which use at serial manufactory, predominantly at car industry and airplane industry.

The goal of this work is to bring readers closer and clarify the purpose of the broaching tool. Its application, the very geometry of the broaching tools and the technological process of producing concrete examples of tools are described. It is mentioned the company which is closely related to the production of broaching tools and also the machines disposed by the company.

The master work has seven parts. All of those parts have necessary theory, formulas, tables, sketches and pictures.

Key words: Broching tools, geometry of broaching tools, manufacture tehnology of broaching tools, broaching process, broaching force, machine for manufacture broaching tools.

Резиме

Предмет овог рада су алати за провлачење. Провлакачи су веома скупи алати примењивани у серијској производњи претежно у аутомобилској индустрији и авио индустрији.

Циљ овог рада је да се читаоцима приближи и појасни сврха алата за провлачење. Описана је његова примена, сама геометрија провлакача и технолошки процес производње конкретних примера алата. Поменуто је предузеће које је уско специјализовано за производњу провлакача као и машински парк којим предузеће располаже.

Рад садржи седам целина. Свака од тих целина садржи потребну теорију, обрасце, табеле, скице и слике.

Кључне речи: провлакачи, геометрија провлакача, технологија израде провлакача, провлачење, вучна сила, машине за израду провлакача.

Садржај

1. Уводна разматрања о алатима у обради провлачењем	1
1.1. Класификација провлакача	2
1.2. Материјали за израду алата за провлачење	7
1.2.1. Брзорезни челици	7
1.2.2. Синтеровани алатни челици	9
1.2.3. Тврди метал	10
1.3. Шема резања при провлачењу	11
2. Основна геометрија провлакача	14
2.1. Вучни део (предња дршка провлакача)	15
2.2. Врат, прелазни конус, водећи део	16
2.3. Резни и калибрирајући део (резна геометрија провлакача)	16
2.4. Задњи водећи део	21
2.5. Прихватни део (задња дршка провлакача)	22
3. Технологије израде провлакача	23
3.1. Преглед технолошког циклуса за израду цилиндричног провлакача	24
3.2. Преглед технолошког циклуса за израду призматичног провлакача	37
4. Карактеристике CNC машина у предузећу “Unior Components d.o.o” за производњу провлакача	48
4.1. CNC стругови	48
4.1.1. Примена CNC стругова у предузећу	49
4.1.2. Управљање CNC струговима	50
4.1.3. Алати при обради провлакача стругањем	51
4.2. CNC глодалице	52
4.2.1. Примена CNC глодалица у предузећу	52
4.2.2. Управљање CNC глодалицама	53
4.2.3. Алати при обради провлакача глодањем	54
4.3. CNC оштрилице	55
4.3.1. Примена CNC оштрилица у предузећу	57
4.3.2. Управљање CNC оштрилицама	58
4.3.3. Алати при обради провлакача оштрењем	58
4.4. Ерозимат са жицом	59
4.4.1. Примена ерозимата у предузећу	60
4.4.2. Управљање ерозиматима	60
4.4.3. Алати при обради провлакача ерозирањем	61
4.5. CNC брусилице за равно брушење	61
4.5.1. Примена брусилица у предузећу	62
4.5.2. Управљање брусилицама	62
4.5.3. Алати при обради провлакача равним бушењем	63

4.6. CNC бруснице за профилно брушење.....	63
4.6.1. Примена профилних брусница у предузећу	65
4.6.2. Управљање профилним брусницама	66
4.6.3. Алати при обради провлакача на профилним брусницама	66
5. Прорачун и мерења вучне силе провлачења	67
5.1. Прорачунавање силе провлачења за дати провлакач, проба провлакача и мерење силе провлачења приликом пробе	69
5.1.1. Пример 1.....	69
5.1.2. Пример 2.....	71
5.1.3. Пример 3.....	72
5.1.4. Пример 4.....	74
5.1.5. Пример 5.....	75
5.1.6. Пример 6.....	77
5.1.7. Пример 7.....	78
5.1.8. Пример 8.....	79
5.1.9. Пример 9.....	81
5.1.10. Пример 10.....	82
5.2. Анализа резултата прорачунате и измерене вучне силе провлачења	84
6. Закључак	86
7. Литература	88

1. Уводна разматрања о алатима у обради провлачењем

Провлакачи су резни алати који се примењују у процесу обраде провлачењем. Провлачење представља савремени поступак обраде метала резањем високе производности, тачности и квалитета обраде. Користи се само у серијској и масовној производњи, јер су алати веома скупи и строго наменски пројектовани и израђени. Провлакач се састоји од низа зуба где је сваки следећи зуб за вредност пораста већи од предходног. Материјал се уклања са радног дела зубима који режу један за другим прволинијским главним кретањем алата у односу на радни комад. Код хеликоидног провлачења јавља се и помоћно ротационо кретање у складу са кораком завојнице радног комада у односу на осу провлакача. И поред једноставне кинематике процеса обраде, провлачење спада међу најсложеније поступке обраде. Разлози леже у чињеници да је обрада провлачењем, најчешће, завршна обрада и да се процес обраде изводи при врло високим вредностима оптерећења алата и машине. Машине за провлачење се називају провлакачице и могу бити хоризонталне и вертикалне.^[2]

Провлакачи се употребљавају за обраду отвора, жљебова и спољашњих површина различитог облика.^[2]

Провлакачи се најчешће примењују за обраду отвора пречника од 3 до 300 mm. Међутим највећу примену у индустрији налазе провлакачи пречника од 10 до 75 mm.^[1] Највећу примену имају у аутомобилској индустрији, где се провлаче углавном зупчаници мењачке групе, главчине и остало. У авио-индустрији се најчешће користе за провлачење дискова турбина.^[6]

Висока производност и тачност обраде (2 и 3 класа тачности), а такође и високи степен квалитета обрађених површина (5÷7 класа, а ређе и 8÷9 класа квалитета према GOST-у 2789-51) дозвољавају да се провлачење уброји у најпогодније и најсавршеније начине обраде метала.⁽¹⁾ Квалитет површине провучених делова зависи од материјала радног комада, његове структуре, брзине резања, употребљеног средства за хлађење, као и од стања алата за провлачење. Храпавост расте са повећаним отупљивањем алата и она може одредити тренутак промене алата.^[1]



Слика 1.1. Фотографски приказ више врста провлакача

1.1 Класификација провлакача

Према правцу дејства силе провлакачи се деле на две групе алата:

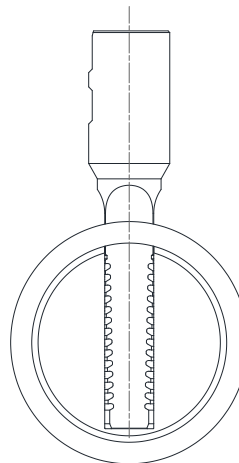
1. провлакаче, (слика 1.2)
2. пробијаче. (слика 1.3)^[1]

Код провлакача сила провлачења дејствује на њихов предњи део, а код пробијача на њихов задњи део. Први су оптерећени на истезање, а други на притисак.^[1]

Док се провлачење искључиво врши на провлакачицама, пробијање се углавном остварује на пресама, мада тој намени могу служити и неке универзалне машине које су прилагођене као што су то рендисаљке, глодалице, стругови, стубне бушилице и слично, применом одговарајућих помоћних алата и уређаја.



Слика 1.2. Скица провлакача са прихватним и вучним делом



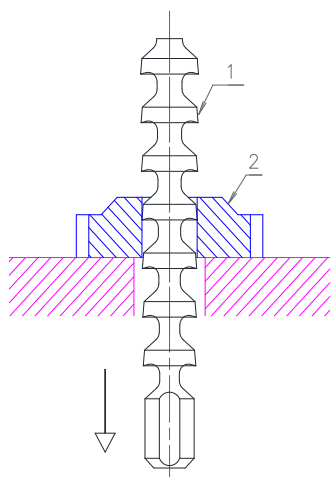
Слика 1.3. Скица пробијача са „WELDON” прихватом за обраду на стругу

У обради провлачењем генерално разликујемо два типа провлакача, што је уједно и њихова основна подела, а то су:

1. провлакачи за унутрашње провлачење,
2. провлакачи за спољашње провлачење.^[5]

Провлакачи за унутрашње провлачење се употребљавају за обраду отвора. Отвори су најчешће кружног попречног пресека. Могу бити и правоугаоног или квадратног или имати специјалну геометрију. Предходно могу бити припремљени ливењем, ковањем, бушењем, стругањем, глодањем, ерозирањем, често су и накнадно брушени због што

бољег центрирања и вођења провлакача. Кретањем алата кроз отвор обезбеђује се обликовање отвора у складу са профилем резних елемената алата и формира се коначан облик високе тачности и квалитета израде.^[4]

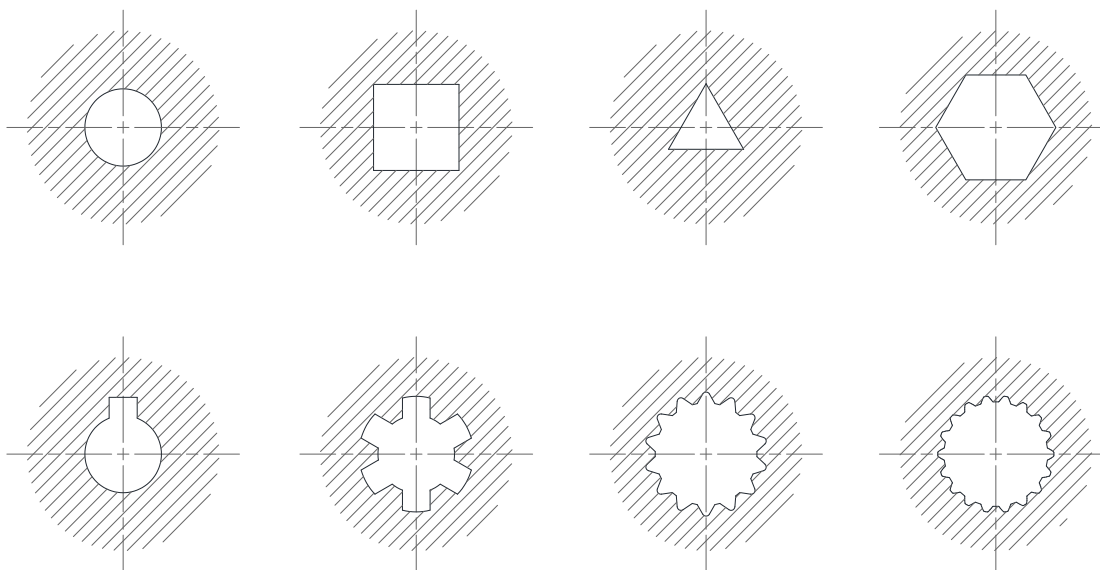


Слика 1.4. Принципу унутрашњег провлачења, (1-алат, 2-радин комад)

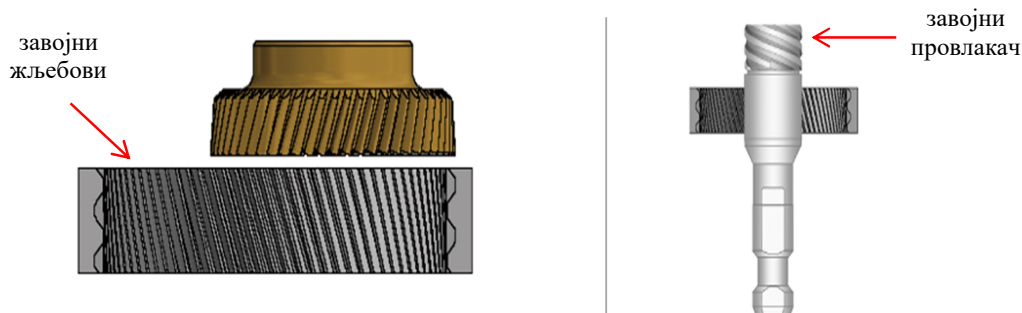


Слика 1.5. Фотографски приказ провлакача за унутрашње провлачење

Добијене форме унутрашњим провлачењем су приказане на (слици 1.6). Могу бити округли, квадратни, троугласти, шестоугаони, жљебасти, са троуглстим озубљењем, еволвентним озубљењем и разни други стандардни и нестандартни профили.



Слика 1.6. Примери форми добијених унутрашњим провлачењем

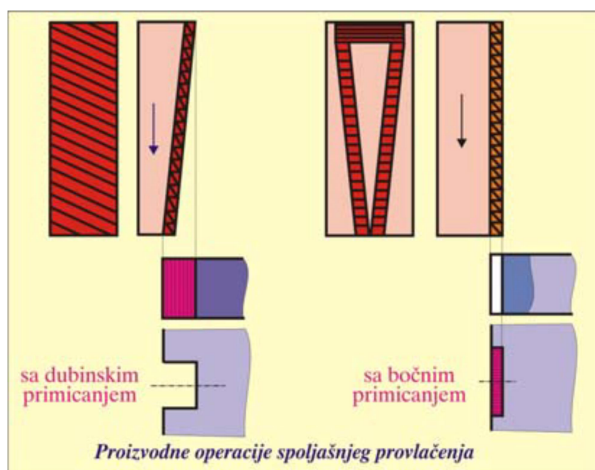


Слика 1.7. Пример завојног провлакача за унутрашње провлачење и радног комада са завојним жлебовима ^[22]

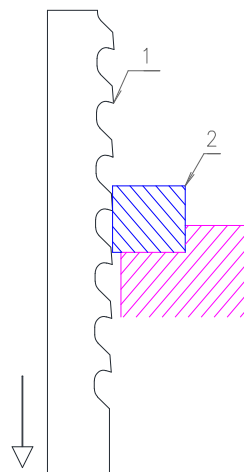
Провлакачи за спољашње провлачење се примењују у масовној производњи за обраду спољашњих површина различите конфигурације. Провлачење се врши на специјалним машинама за спољашње провлачење или на машинама за унутрашње провлачење уз примену специјалних уређаја и помоћних алата.^[1] Спољашње провлачење може бити замена за глодање, рендисање и у већини случајева надмашује ове операције са аспекта продуктивности и квалитета обрађене површине. Алати за спољашње провлачење су најчешће израђени из више сегмената.^[4]

Два основна поступка спољашњег провлачења су са:

1. дубинским примицањем,
2. бочним примицањем.^[4]

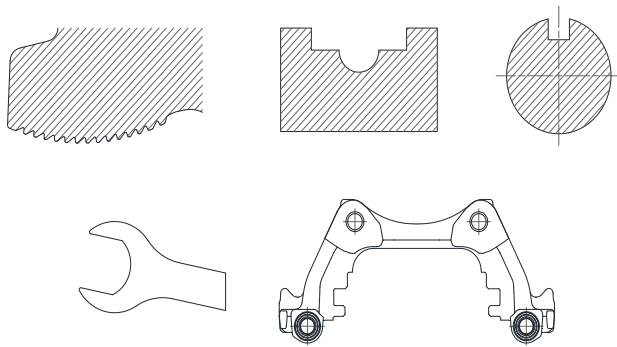


Слика 1.8. Типови спољашњег провлачења^[4]

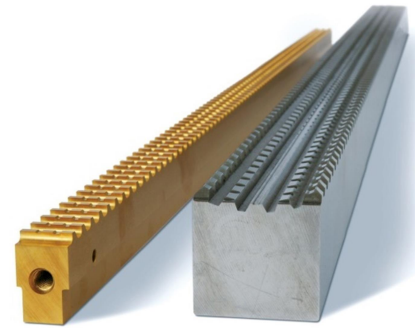


Слика 1.9. Принцип спољашњег провлачења, (1-алат, 2-радин комад)

Један од сложенијих задатака конструктора при пројектовању провлакача за спољашње провлачење је разбијање профила који се обрађује, на такве посебне његове елементе, да је провлакач за сваки елемент најпростији и најпогоднији за експлоатацију.^[4]



Слика 1.10. Примери неких од форми добијених спољашњим провлачењем



Слика 1.11. Фотографски приказ провлакача за спољашње провлачење ^[21]

На (слици 1.12) је приказан завршни провлакач и авио турбина чији се жљебови израђују спољашњим провлачењем. Тolerанција облика жљебова је веома уска ± 0.01 , а то значи да су провлакачи за ову намену веома компликовани од саме конструкције па до израде и веома су скупи. Алат за провлачење се састоји од сета провлакача, 10 до 15 сегмената, оних за грубу обраду, средњу и завршну обраду, који постепено односе вишак материјала. Шема резња је приказана на (слици 1.13).

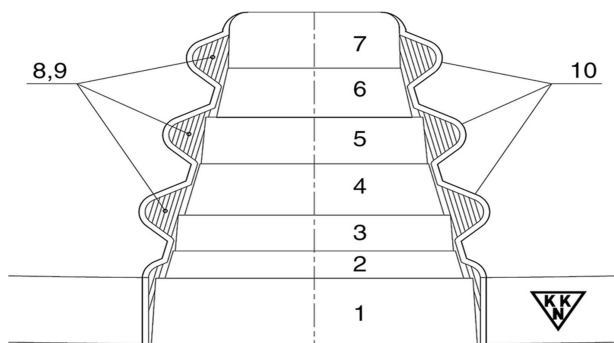


а)



б)

Слика 1.12. Фотографски приказ примера провлакача за спољашње провлачење жљебова специјалне геометрије на диску авио турбине а), и диск авио турбине б) ^[19]



Слика 1.13. Шема резња жљебова на авио турбини (1, 2,...,7- за грубо провлачење, 8, 9- средња обрада, 10- завршни провлакач) ^[23]

На (слици 1.14) је приказан сет за провлачење кочионих чељусти на аутомобилима. Састоји се од централног носача на који се монтирају мањи носачи са провлакачима. Овај тип алата је такође веома захтеван почев од конструкције, преко израде, до саме монтаже. На оваквом типу алата могуће је срести се са провлакачима са уметнутим зубима (слика 1.15) који су прилемљени или механички причвршћени и то су углавном завршни провлакачи. Омогућена је промена зуба тј. плочица које су од тврдог метала када се похабају.^[21]



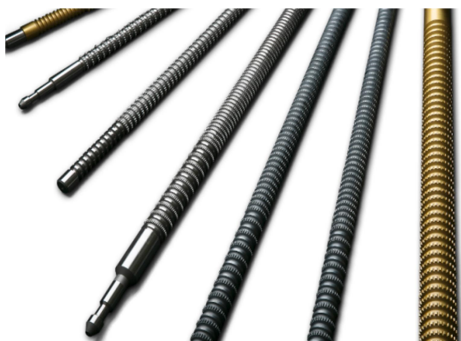
Слика 1.14. Фотографски приказ провлакача за провлачење кочионих чељусти на аутомобилима.^[21]



Слика 1.15. Фотографски приказ провлакача са уметнутим зубима од тврдог метала^[21]

Без обзира да ли је провлакач у питању или пробијач, да ли је алат за унутрашње или спољашње провлачење, на основу геометрије провлакача можемо их разврстати на:

1. призматичне провлакаче,
2. округле провлакаче.^[1]



Слика 1.16. Фотографски приказ округлих провлакача



Слика 1.17. Фотографски приказ призматичних провлакача

1.2 Материјали за израду алата за провлачење

Провлакачи се израђују од алатног челика, високолегираног брзорезног челика или од тврдог метала. Могу бити израђени као једноделни, најчешће од брзорезног челика или као вишеделни када су носећи делови израђени од конструкционог челика, а резни елементи од брзорезног челика, синтерованог челика или тврдог метала.^[2]

1.2.1 Брзорезни челици

Брзорезни челици су челици предвиђени за рад у условима повишене и високе температуре, тј. за резање великим брзинама. Најчешће су брзорезни челици у раду изложени локалном загревању $\approx 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (понекад и $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$), трошењу и ударима. Хемјски састав ових челика карактерише повишени удео угљеника (0.7-1.3%) и легирање јаким карбидима попут хрома, волфрама, ванадијума и молибдена. Повишени удео угљеника утиче на стварање карбида који су постојани и при повишеним температурама. Наведени састав и микроструктура брзорезних челика доводи до постизања изврсне отпорности на трошење и попуштање при радним температурама $500\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Међутим то све узрокује ниску жилавост. Будући да брзорезни челици подразумевају изразито висок степен легираности, представљају најскупљу групу алатних челика.^[3]

Према хемијском саставу брзорезни челици се могу поделити на следеће групе:

- челике са 18% волфрама (нпр. S 18-0-1, S 18-1-2-10),
- челике са 12% волфрама (нпр. S 12-1-4, S 12-1-2-5),
- челике са 10% волфрама (нпр. S 10-4-3-10),
- ванадијум-молибденски челици (нпр. S 6-5-2, S 6-5-2-5),
- молибденски челици (нпр. S 2-9-1).^[3]

Брзорезни челик	Ознака		Састав, %					
	EN	W.Nr.	C	Cr	W	Mo	V	Co
челици са 18% W	S 18-0-1	1.3355	0.75	4	18	-	1.1	-
	S 18-1-2-5	1.3255	0.8	4	18	0.7	1.5	5
	S 18-1-2-10	1.3265	0.75	4	18	0.7	1.5	10
челици с 12% W	S 12-1-2	1.3318	0.9	4	12	0.8	2.5	-
	S 12-1-4	1.3302	1.25	4	12	0.8	3.7	-
	S 12-1-2-5	/	0.8	4	12	1.2	2	5
	S 12-1-4-5	1.3202	1.35	4	12	0.9	3.7	5
челици са 10% W	S 10-4-3-10	1.3207	1.25	4	10	3.7	3.2	10
W-Мо челици	S 6-5-2	1.3343	0.9	4	6.5	5	1.9	-
	S 6-5-2-5	1.3243	0.9	4	6.5	5	1.9	5
Мо челици	S 2-9-1	1.3346	0.8	4	1.7	8.5	1.2	-

Табела 1.1. Хемијски састав брзорезних челика^[3]

Наведена подела брзорезних челика не показује једнозначно и најважније разлике у својствима, тј. применљивости челика. Стога је боља подела брзорезних челика према својствима и применљивости.^[3]

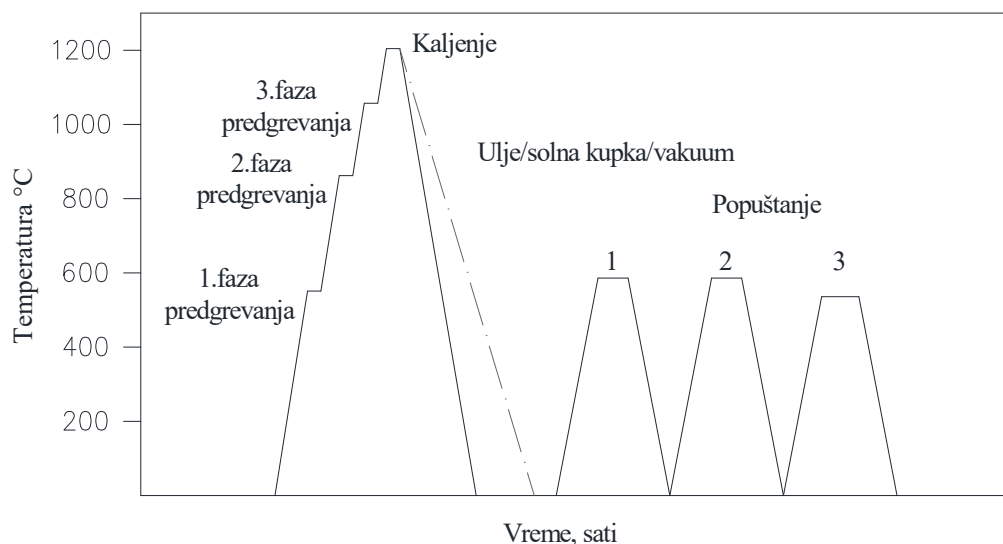
Челици посебно отпорни			Челици најмање осетљиви при топлотној обради	Челици најлакше обрадљиви одвајањем честица
на попуштање (груба обрада)	на трошење (фина обрада)	на ударце (жилави)		
S 10-4-3-10 S 18-1-2-10	S 10-4-3-10 S 12-1-4-5	S 6-5-2 S 6-5-2-5	S 18-0-1 S18-1-2-5	S12-1-2 S 2-9-1
S 12-1-4-5 S 18-1-2-5 S 6-5-2-5	S 12-1-4	S 2-9-1 S 18-0-1	S18-1-2-10 S 12-1-4	S 18-0-1 S 6-5-1

Табела 1.2. Подела брзорезних челика према својствима и применљивости^[3]

Брзорезни челици се испоручују у меко жареном стању (тврдоћа 240-300 НВ). Будући да припада групи ледебуритних (подеутектичких) челика температура аустенитизације ове групе челика је изразито висока (1200-1300 °С), тј. свега 20 °С испод солидус температуре. При тим температурама аустенит отапа довољно угљеника (0.5-0.6%) што је главни предуслов за постизање високе тврдоће мартензита након каљења. Ради постизања довољног садржаја угљеника у аустениту на температури аустенитизације треба се распасти и око 2/3 волумена свих карбида (налазе се у облику карбидне мреже) те њихове саставне делове отопити у аустениту. Отапање карбида је дифузиони процес зависан од температуре и времена задржавања (аустенитизације). Код недовољног времена аустенитизације не постиже се довољна концентracија угљеника у аустениту. Насупрот томе, предуго држање на високим температурама узроковаће пораст аустенитног зрна. Стога је нужно за сваки брзорезни челик утврдити оптималне параметре аустенитизације. Ради високог садржаја легирајућих елемената брзорезни челици имају слабу топлотну проводност па су врло осетљиви на начин загревања. Топлотна обрада брзорезних челика је изразито комплексна тако да се често спроводи предгревање у три ступња (550, 850 и 1050 °С) ради осетљивости челика на нагле промене температуре.^[3]

Висок удео легирајућих елемената у брзорезним челицима утиче на њихову високу прокаљивост па се за гашење смеју користити блажа средства попут уља, термалне купке или струјањем ваздуха (нпр.у вакуумској пећи). Гашењем до собне температуре не постиже се температура завршетка мартензитне трансформације (Mf) па се микроструктура закаљеног брзорезног челика састоји од мартензита, заосталог аустенита и неотопљених карбида (K''- секундарни карбид, K^c- еутектички карбиди). Након попуштања (540-590 °С) из заосталог аустенита се издваја угљеник те настају карбиди попуштања (K^p). Настанком карбида попуштања смањује се концентracија угљеника у заосталом аустениту па долази до пораста температура Ms и Mf. Накнадним хлађењем до собне температуре из заосталог аустенита издваја се секундарни мартензит. Секундарни мартензит доводи до појаве секундарног отврднућа (секундарна тврдоћа) тако да након попуштања тврдоћа може нарасти на 66 НРс.

Углавном се проводи виšekратно попуштање (2-3 пута) због појачавања учинка секундарног отврђавања.^[3]



Слика 1.18. Шематски приказ топлотне обраде брзорезног челика^[3]

1.2.2 Синтеровани алатни челици

Синтеровани челици су челици добијени новом дисциплином, металургијом праха. Данашњи савремени материјали добијају се оптимизацијом састава и микроструктуре материјала према жељеним својствима. R. Kieffer је дефинисао синтеровање као поступак који представља превођење праха метала, металоида, металних или неметалних укључака у чврсту компактну материју под утицајем топлоте, а да при томе бар једна компонента остане нерастављена.^[3]

Механичко уситњавање није омогућавало постизање једнакости величине честица праха потребног за синтеровање челика. Развојем поступка распршивања растопа железа или легуре челика у струји воде или инертног гаса решен је проблем добијања сировине за производњу синтерованог челика.^[3]

Најпознатији поступци распршивања растопа су ASEA-Stora (Шведска) и CRUCIBLE (САД). Оба поступка се темеље на принципу финог распршивања растопа у инертном гасу те брзог хлађења насталих честица. Настале честице праха се затим пуне у одговарајући калуп. Вибрирањем калупа постиже се боља насипна густина насутог праха. Након пуњења сандук се затвори поклопцем који се ободно завари. Следи хладно изостатичко пресовање (CIP) притиском 40 Мпа ради пораста густине насутог праха. Након загревања на 1150 °C калуп се топло изостатички притиска (HIP) притиском 100 Мпа што доводи до настанка готово апсолутно компактног челичног блока. Применом CIP (Cold Isostatic Pressing) и HIP (Hot Isostatic Pressing) поступака знатно је смањен проблем порозности производа. Наведени поступци заснивају се на деловању хидростатичког притиска на прах за синтеровање чиме се постиже 99-100 % попуњеност готовог производа. Добијени челични блок се затим топло обликује и жари поступцима уобичајним за ливене челичне инготе. У (таблици 1.3) су приказани

примери синтерованих челика израђених поступком ASP који се употребљавају за производњу провлакача.^[3] Синтеровани челици се користе углавном за производњу провлакача за авио индустрију и класичних провлакача за провлачење захтевних материјала повишене чврстоће.

Трговачки назив синтерованог челика	Састав, %					
	C	Cr	W	Mo	V	Co
Isomatrix PM (Austrija)						
K 190	2.3	12.5	-	1.1	4	-
M 390	1.9	20	0.6	1	4	-
S690	1.3	4.3	5.9	4.9	4.1	-
S390	1.6	4.75	0.8	2	5	8
SpeedSteel ASP (Švedska)						
ASP 23	1.3	4.2	6.4	5	3.1	-
ASP 30	1.3	4.2	6.4	5	3.1	8.5
ASP 60	2.3	4	6.5	7	6.5	10

Табела 1.3. Примери синтерованих челика за производњу провлакача ^[3]

1.2.3 Тврди метал

Тврде легуре (или тврди метали) представљају материјал састављен од честица карбида тешко топивих метала и неког метала, као везивног средства. Обично се користе карбиди волфрама, титана, тантала, ниобијума, а као везивно средство се користи кобалт, никл или железо. Тврде легуре се одликују, као што и само име каже, великом тврдоћом, затим и великом притисном чврстоћом, отпорношћу на хабање, веома малом жилавошћу. Тврде легуре имају тврдоћу која се креће око 67 HRC. Доња граница тврдоће тврдих легура одговара највећој тврдоћи алатних челика, с тим што тврде легуре задржавају тврдоћу и до температуре преко 1000 °C. Тврдоћа је обрнуто сразмерна уделу кобалта односно везивног метала. Тврде легуре са мањом тврдоћом су погодније за грубу обраду или за обраду која захтева већу отпорност према ударима, док су тврде легуре веће тврдоће намењене за фину обраду. Тврде легуре са карбидом волфрама се препоручује за обраду мекших ливених гвожђа и легура обојених метала, док тврде легуре које садрже карбиде волфрама и титана или тантала служе за обраду тврђих ливених гвожђа (са фином перлитном или мартензитном структуром). Тврде легуре се израђују ливењем или синтеровањем. ^[3]

Подела тврдих легура се обично изводи према намени на тврде легуре Р, К и М типа. Р тип је намењен за резање челика и оних материјала који дају тракасту

струготину, К тип за метријале са кратком струготином, а М тип за материјале са својствима струготине између наведених крајњих могућности.^[3]

Тврди метали се у производњи провлакача користе као калибратори, односно умети за глачање површина, затим у виду чаура за тврдо провлачење, а то значи провлачење комада који су предходно термички обрађени, нпр. цементирани, побољшани, нитрирани.



Слика 1.19. Фотографски приказ чауре од тврдог метала за калибрацију профила



Слика 1.20. Фотографски приказ пеглача од тврдог метала за глачање површина.

Конструктивни челици за израду прихватних, водећих и елемената за пристезање резних делова вишеделних провлакача (сегмената или прстенова) су најчешће челици за побољшање (С60, С45, 42CrMo4, 25CrMo4,) и други.^[1]

За израду тела и вођица провлакача често се користе и челици за цементацију С10, 16MnCr5, 20MnCr5 и по потреби и 15CrNi6.^[1]

1.3 Шема резања при провлачењу

Под шемом резања при провлачењу подразумева се усвојени редослед скидања целог попречног пресека материјала, остављеног на радном делу као додатак за провлачење.^[1]

Шема резања при провлачењу са цилиндричним провлакачем обичне конструкције са порастом на сваком зубу дата је на (слици 1.21.1)^[1]

(Слика 1.21.2) представља шему резања цилиндричним провлакачем са подељеним скидањем материјала (провлакачима са прогресивним и променљивим скидањем), струготина дебљине S_z се скида по секцијама, односно провлакач има неколико зубаца једнаког пречника. Код овакве шеме резања значајно се смањује вредност силе резања, што је особито значајно при малој чврстоћи провлакача или при недовољној сили провлачења машине.^[1]

У општем случају, код провлакача који раде по овој шеми резања дозвољава се већа дебљина слоја који се скида зубцима за грубу обраду, а услед тога се смањује укупна дужина провлакача.^[1]

Шема резања при провлачењу жљебастим провлакачима приказана је на (слици 1.21.3). Код жљебастих провлакача, који се узрађују у гарнитурама од више комада, могуће су две различите шеме резања:

1. ширина жљебова једнака је код свих провлакача гарнитуре (слика 1.21.4),
2. ширина жљебова се смањује од првог ка даљим провлакачима (слика 1.21.5).^[1]

У другом случају се постиже смањење трења на бочним странама жљебова код провлакача последњег пролаза. Да се при том не би добио степенести жљеб, уводи се допунски калибрирајући провлакач, који, поред повећања жљеба по ширини, скида и мали слој материјала по спољашњем пречнику (0.3-0.5 mm).^[1]

Шема резања при раду жљебастим провлакачима са подељеним скидањем материјала приказана је (слици 1.21.6). Скидање струготине дебљине S_z овде се врши по секцијама. Секција се састоји из по два зупца једнаког пречника где први зубац секције скида струготину не додирујући зид жљеба, док други зубац скида остали део додатка по угловима. Провлакачи овакве конструкције обезбеђују високу класу тачности обрађених површина.^[1]

По аналогiji са шемом жљебастих провлакача у гарнитурама, може се поставити шема резања за аналогне еволвентне провлакаче. На (слици 1.21.9) приказана је шема резања гарнитуре еволвентних провлакача, према којој провлакачи првих пролаза имају троугласти жљебаста профил, а калибришући еволвентни. Ова варијанта шеме резања је погоднија у односу на шему приказану на (слици 1.21.10) јер су према њој лакши услови рада провлакача, при чему се обезбеђује и виши степен квалитета обрађених површина.^[1]

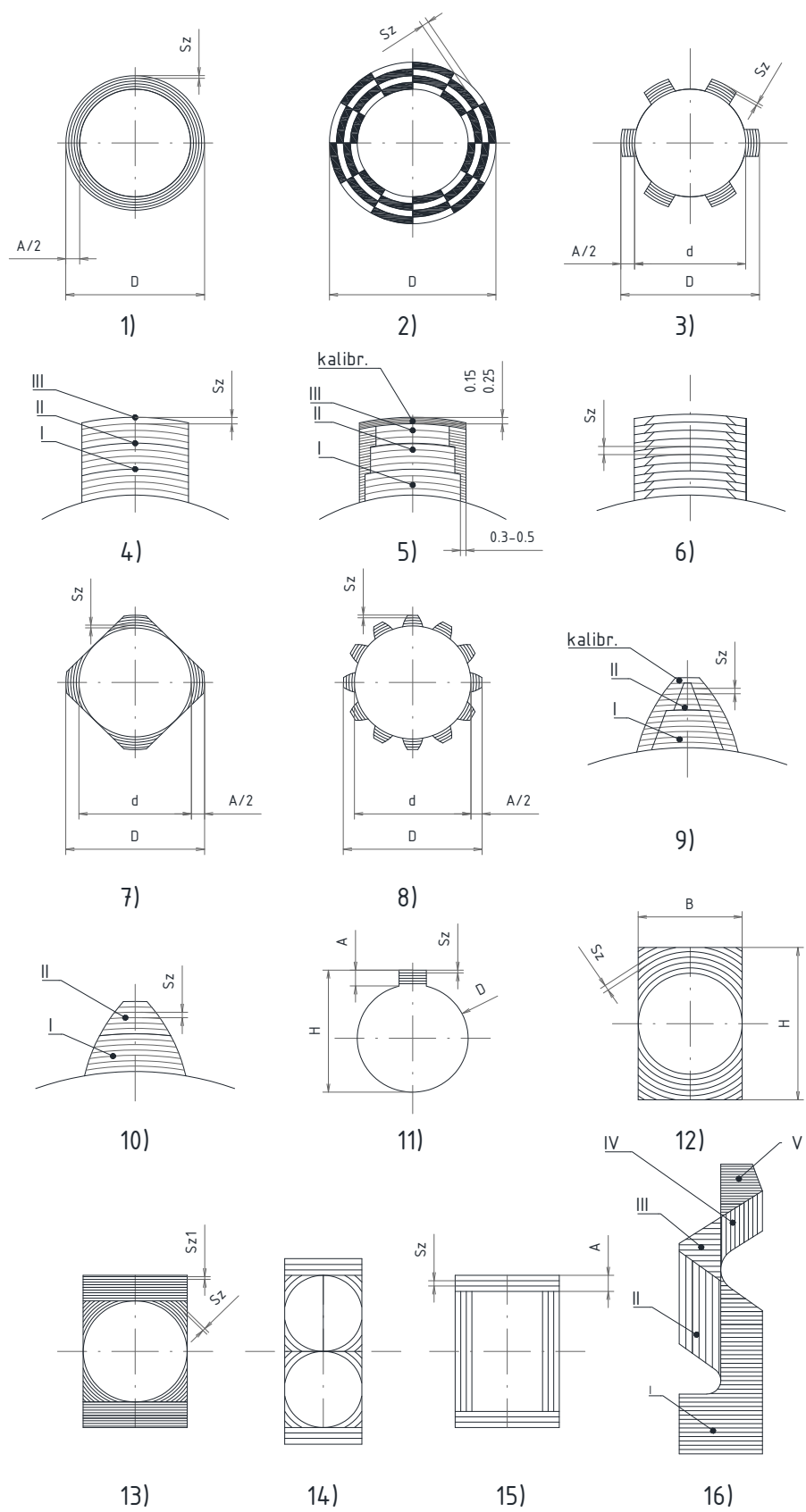
На (слици 1.21.12-13-14-15) су приказане неке варијанте шеме резања при раду са правоугаоним провлакачима.^[1]

При односу страна отвора $H/B \leq 1.5$ целисходно је отвор обрађивати према шеми резања приказаној на (слици 1.21.12). Зуби оваквих провлакача су у облику кружних лукова, па су лакши у погледу технологије израде него провлакачи који имају сечива у облику правих линија.^[1]

При обради отвора, према шемама резања приказаним на (слици 1.21.13-14), првим провлакачима треба изградити квадратни отвор. Правоугаони провлакачи одмах иза квадратних снабдевени су само зупцима на ужим странама. У случају захтева за већом тачношћу и већим степеном квалитета обрађених површина, а такође у случају обраде према шеми резања на (слици 1.21.15) зупци се налазе и на ширим странама провлакача.^[1]

При избору шеме резања за провлакач са сложеним профилем (слика 1.21.16) треба обратити пажњу на следеће:

1. да сечива провлакача буду праве линије или кружни лукови,
2. да се у једној тачки не сусретну два сечива.^[1]

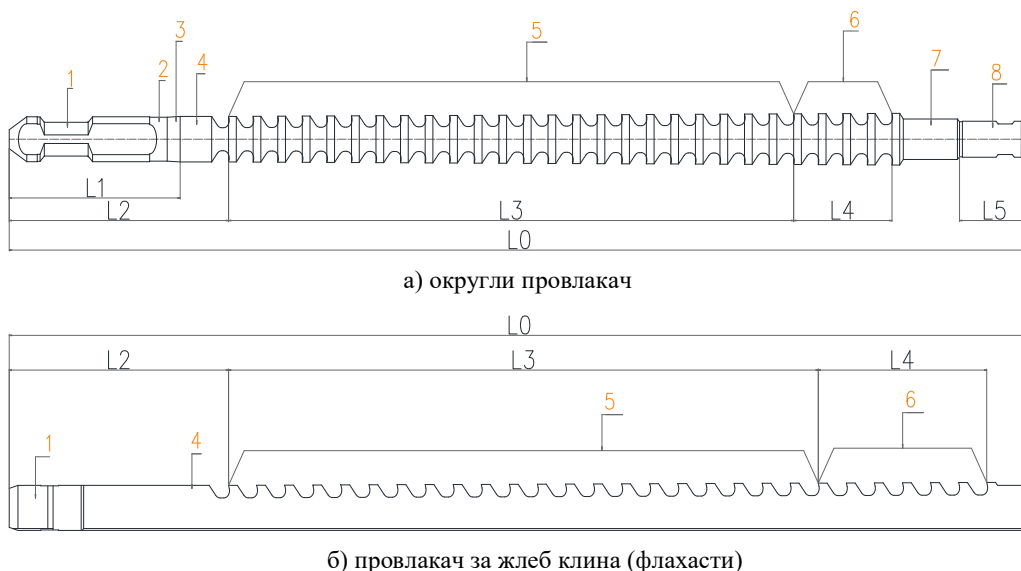


Слика 1.21. Примери шеме резања^[1]

2. Основна геометрија провлакача

Основни конструктивни елементи провлакача дефинишу се, како је речено, у зависности од његове намене. Код провлакача за унутрашње провлачење (цилиндричних провлакача, флахастих нпр. за жлеб клина) основни елементи су следећи:

1. вучни део (предња дршка провлакача),
2. врат,
3. прелазни конус,
4. предњи водећи део провлакача,
5. резни део,
6. калибрирајући део,
7. задњи водећи део,
8. прихватни део (задња дршка провлакача).^[1]



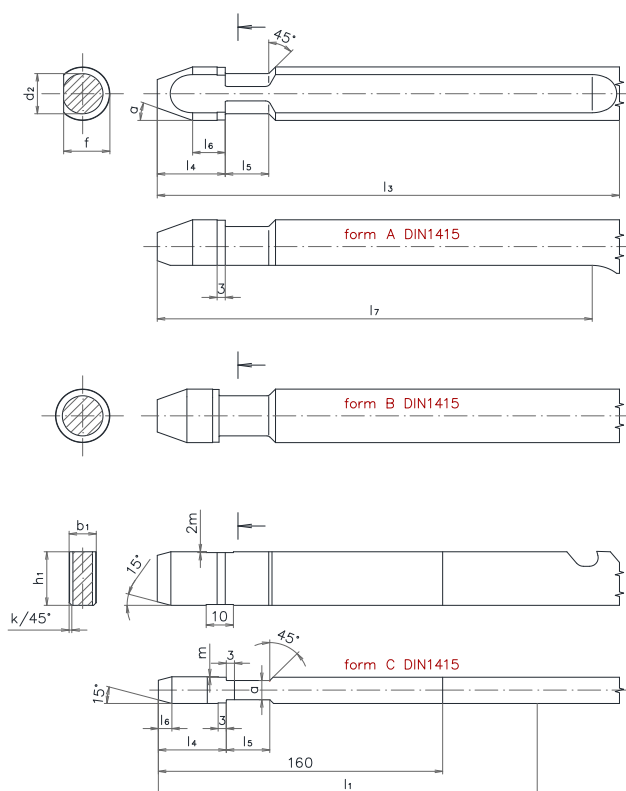
Слика 2.1. Скица провлакача са означеним конструктивним елементима

Неке од најважнијих димензија провлакача су:

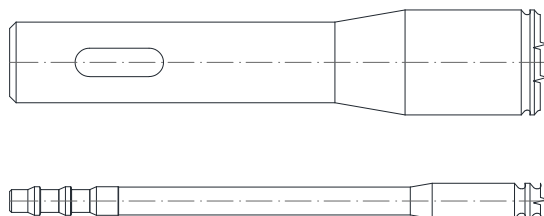
- L_1 - дужина вучног дела, дефинисана стандардом,
- L_2 - дужина до првог зуба, битна димензија при пројектовању провлакача, зависи од хода провлакачице,
- L_3 - дужина резне зоне (број зуба $\times$ корак), пројектује је конструктор, потребно је дефинисати пораст по зубу, а притом остати у дозвољеном опсегу силе резања,
- L_4 - дужина калибрирајуће зоне (број зуба $\times$ корак), зависи од захтеване тачности радног комада,
- L_5 - дужина прихватног дела, дефинисана стандардом,
- L_0 - укупна дужина провлакача.

2.1 Вучни део (предња дршка провлакача)

Предња дршка или вучни део има улогу у прихватању алата и преносу потребне силе за провлачење са погонског система машине на алат.^[5] Предње дршке су дефинисане стандарном DIN1415 и DIN1417 и у зависности од расположиве машине (провлакачице) усвајају се, водећи рачуна о сили провлачења, отвору пре провлачења итд. Димензије дршака могу се наћи у каталозима произвођача машина за провлачење. Такође се могу примењивати и нестандартне вучне дршке код провлачења на импровизованим провлакачицама. Важно је напоменути да се дршке након термичке обраде провлакача попуштају на тврдоћу 45-50 HRC, док резна зона и остали елементи провлакача, сем прихватног дела, задржавају високу тврдоћу.



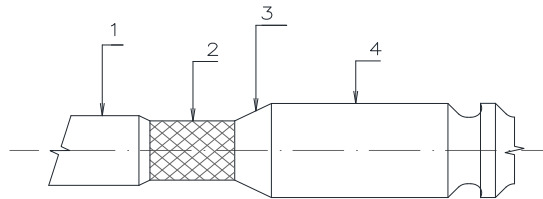
Слика 2.2. Скица стандардних дршака (округлих и призматичних) по стандарду DIN1415^[2]



Слика 2.3. Скица нестандартних дршки

2.2 Врат, прелазни конус, водећи део

Врат и прелазни конус конструктор дефинише јер није стандардом прописан, изузев неких типова дршака. Водећи део провлакача служи за вођење алата кроз претходно обрађени отвор или одговарајући профил који је формирао предходни провлакач (када се ради са комплетом провлакача).^[1]



Слика 2.4. Скица врата, прелазног конуса и водећег дела

- 1- предња дршка,
- 2- врат,
- 3- прелазни конус,
- 4- водећи део.

2.3 Резни и калибрирајући део (резна геометрија провлакача)

На резном делу алата за провлачење формирани су резни сегменти (зуби) који по унапред дефинисаној шеми резања односе комплетан додатак за обраду провлачењем. Дужина резног дела зависи првенствено од дужине провлачења, на основу које се дефинише корак, затим се на основу тога дефинише број режућих зуба и дубина резања по зубу. Пречник првог зуба се усваја да је једнак пречнику предњег водећег дела, а пречник сваког следећег зупца се повећава за $2 \times Sz$. На последња два резна зупца, који претходе калибрирајућим зупцима, пораст по зупцу се постепено смањује. Пречници ових зуба се одговарајуће повећавају за $1.2 \times Sz$, $0.8 \times Sz$ (важи за цилиндричне провлакаче).^[1]

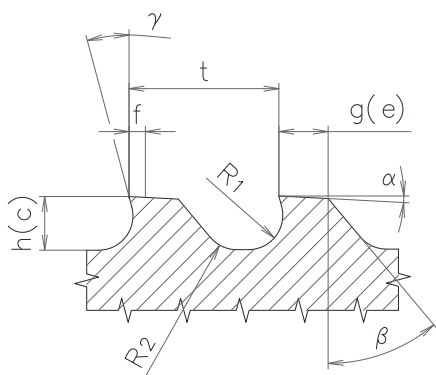
На калибрирајућем делу формирани су калибрирајући зуби. Дужина овог дела алата зависи од типа провлакача и од захтеване тачности радног комада, на основу које се дефинише број калибрирајућих зуба и корак. Према препорукама се усваја:

- за цилиндричне провлакаче $Z=5-8$,
- за провлакаче који обрађују троугласте и еволвентне жљебове $Z=5$,
- за провлакаче који обрађују правоугаоне жљебове и квадратне провлакаче $Z=4$,
- за предходне провлакаче, рад са гарнитурама провлакача, свих типова $Z=2-3$.^[1]

Пречници калибрирајућих зуба једнаки су:

$$D_K = D_{\max} \pm \delta \quad (\text{Образак 2.1})^{[1]}$$

где је: $D_{\max}$ – највећи пречник отвора који се обрађује; δ – величина промене пречника отвора после провлачења, проширивање или скупљање. Ова величина зависи од особине материјала, квалитета израде провлакача, степена хабања сечива, дебљине струготине и других фактора.^[1]



Слика 2.5. Скица корака (основни облик)

γ - грудни угао

α - леђни угао

β - залеђни угао

t- корак

g (e)- ширина леђа

h (c)- дубина корака

f- руб или фазета

R_1 - грудни радијус

R_2 - радијус залеђа

Предходни (приближни) корак резних зубаца t' одређује се према обрасцу:

$$t' = (2.5 \div 2.8) h \quad (\text{Образац 2.2})^{[1]}$$

где је: h- дубина међузубља која се одређује према обрасцу:

$$h = 1.13 \cdot \sqrt{S_z \cdot L \cdot k} \quad (\text{Образац 2.3})^{[1]}$$

где је: S_z - дебљина струготине; L- дужина провлачења; k- коефицијент испуњења међузубља, усваја се табеларно, (табела 2.1).^[1]

Табела 2.1. Коефицијент испуњења међузубља, K ^[1],

Дебљина струготине, mm	Провлачење челика са σ_M kg/mm ²			Провлачење ливеног гвожђа, бронзе, оловне бронзе	Провлачење месинга, алуминијума, бабра
	σ_M , kg/mm ²				
	До 40	Преко 40 до 70	Преко 70		
до 0.03	3	2.5	3	2.5	2.5
преко 0.03 до 0.07	4	3	3.5	2.5	3
преко 0.07	4.5	3.5	4	2	3.5

Максимални број зуба који су истовремено у захвату $Z_{\max}$ израчунава се према обрасцу:

$$Z_{\max} = \frac{L}{t'} + 1 \quad (\text{Образац 2.4})^{[1]}$$

Код величине $Z_{\max}$ одбацују се децимали, задржава се цео број. Датој вредности $Z_{\max}$ одговара низ корака t' . Најмањи корак t , који одговара усвојеној вредности $Z_{\max}$ одређује се према обрасцу:

$$t = \frac{L}{Z_{\max} - 0.1} \quad (\text{Образац 2.5})^{[1]}$$

У циљу добијања што бољег квалитета обрађених површина на радном комаду корак резних зуба провлакача се израђује у толеранцији $t \pm (0.5 \div 1) \text{ mm}$.^[1]

Остали елементи усвојеног корака се даље прорачунавају према следећим подацима:

- ширина леђа: $g(e) = (0.25 \div 0.4) t$,
- радијус у грудима: $R_1 = (0.50 \div 0.75) h$,
- угао залеђа $\beta = (40 \div 60)^\circ$,
- радијус залеђа $R_2 = (0.65 \div 0.70) t$,
- грудни угао γ резних и калибрирајућих зуба се усваја табеларно, (табела 2.2),^[1]

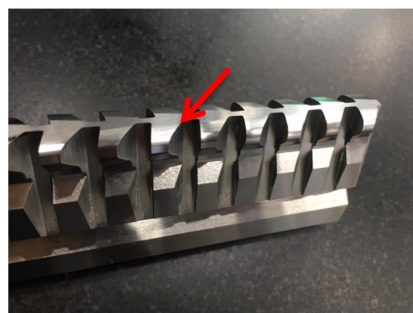
Табела 2.2. Вредности грудног угла^[1]

Материјал за обраду	Угао γ°
Челик $\sigma_M, \text{ kg/mm}^2$ до 60	15-18
Челик $\sigma_M, \text{ kg/mm}^2$ преко 60 до 100	12-15
Челик $\sigma_M, \text{ kg/mm}^2$ преко 100	8-10
Ливено гвожђе тврдоће по Brinellу до 150	8-10
Ливено гвожђе тврдоће по Brinellу преко 150	4-8
Алуминијум	12-15
Бронза	0-5
Лаке легуре	10-15
Црвени бакар	15
Месинг крти	2
Месинг меки	6

- леђни угао α се усваја у границама за резне зубе $2 \div 3^\circ 30'$ за калибрирајуће зубе $30' \div 1^\circ$,^[1]

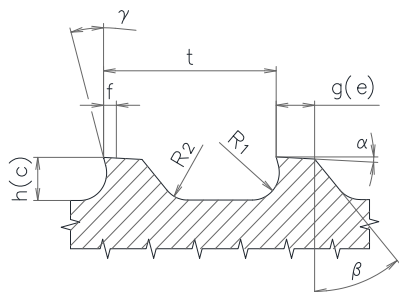
Препоручује се да леђни угао α на резним зубима буде на горњој граници ($3^\circ 30'$), а на последња два-три зуба ближе доњој граници (2°).^[1]

- величина руба или фазете f на резним зубима не треба да је већа од 0.05 mm , док се на калибрирајућим зубима повећава континуално од првог ка последњем за по 0.1 до 0.2 mm .^[1]

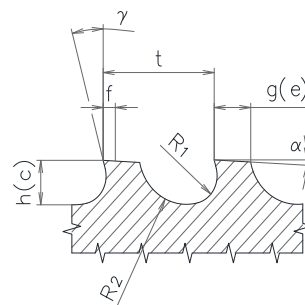


Слика 2.6. Фотографски приказ леђно оштреног профила, (хинтерованем)

Поред поменутог основног облика међузубља, може се примењивати и продужени облик, као и облик са криволинијским залеђем. Најчешће се примењује основни облик, продужени облик се примењује за провлачење дугачких отвора и то при односу $h/t < 0.35$. Облик са криволинијским залеђима обезбеђује добре услове рада, али је компликован за израду, па се због тога ређе примењује. [1]



Слика 2.7. Продужени облик корака



Слика 2.8. Облик корака са криволинијским залеђем

Табела 2.3. Корази и елементи корака по DIN1416 [2]

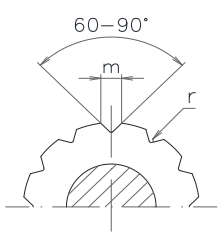
Корак t	Дубина c	Ширина e	Радијус r
3.5	1.2	1.1	0.8
4	1.4	1.2	
4.5	1.6	1.4	1
5	1.8	1.6	
5.5	2	1.8	1.2
6	2.2	2	
7	2.5	2.2	1.6
8	2.8	2.5	
9	3.2	2.8	2
10	3.6	3.2	
11	4	3.6	2.5
12.5	4.5	4	
14	5	4.5	3.2
16	5.6	5	
18	6.3	5.6	4
20	7.1	6.3	
22	8	7.1	5
25	9	8	

Приликом конструисања провлакача, најчешће се усваја корак и елементи корака по стандарду DIN1415. Приликом прорачунавања силе резања, и провери провлакача на напрезање дозвољено је кориговати дубину, ширину леђа, водећи рачуна да се не наруши геометрија магацина за шпон.

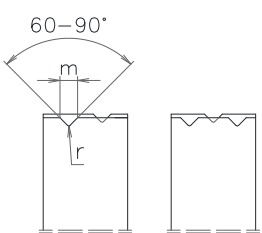
Ради олакшања услова резања, сечива провлакача у зони режућих зуба израђују се са каналима за ломљење струготине. Препоручљиво је да се канали раде са леђним

углом $3\div 5^\circ$. Препоручљиво је да корак између канала буде од 6-8 mm. Провлакачи свих типова израђују се без ломача ако се користе за провлачење ливеног гвожђа или других кртих материјала.^[1]

Табела 2.4. Таблица ломача код цилиндричних провлакача^[1]

 $m = 0.6 \div 1 \text{ mm}; \quad r \approx 0.3 \pm 0.5 \text{ mm}$			
Пречник провлакача, mm	Број ломача	Пречник провлакача, mm	Број ломача
10-13	6	45-50	22
13-16	8	50-55	24
16-20	10	55-60	28
20-25	12	60-65	30
25-30	14	65-70	32
30-35	16	70-75	34
35-40	18	75-80	36
40-45	20	80-85	38

Табела 2.5. Таблица ломача код призматичних провлакача^[1]

 $m = 0.6 \div 1 \text{ mm}; \quad r \approx 0.3 \pm 0.5 \text{ mm}$			
Ширина сечива, mm	Изведба	Први зуб	Други зуб
		Број ломача	
6-10	1-1-1	1	1
10-22	2-1-2	2	1

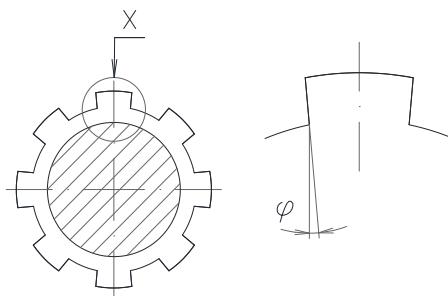


Слика 2.9. Фотографски приказ ломача на цилиндричном провлакачу



Слика 2.10. Фотографски приказ ломача на призматичном провлакачу

Поред грудног и леђног угла, на сечиву постоји и бочни угао φ који има вредност од $1 \div 3^\circ$.^[1] Овај угао побољшава резање јер је алат по боку у захвату са радним комадом само у једној тачки, тачки пресека бока зуба и пречника посматраног зуба. Остали део зуба је практично удаљен од бока радног комада. Овај угао зависи у највећој мери од дужине провлачења, што је већа дужина и угао је већи, од материјала радног комада, од захтеваног квалитета обрађених површина, итд.^[6]



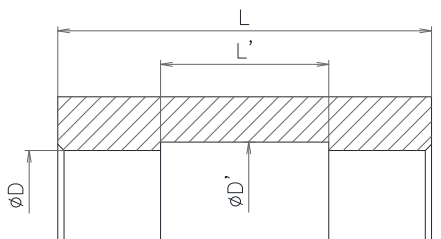
Слика 2.11. Скица бочног угла φ приказан на примеру жлебастог провлакача

2.4 Задњи водећи део

Задњи водећи део има улогу у вођењу алата у тренутку када се последњих пар зуба налазе у захвату. Његова дужина зависи од дужине радног комада и усваја се према обрасцу:

$$l_7 = (0.5 \div 0.7) L \quad (\text{Образац 2.6})^{[1]}$$

Вођење може бити по спољашњем пречнику, по унутрашњем пречнику или по боковима профила радног комада. Задњи водећи део је посебно значајан при провлачењу дугачких радних комада са ослобођењем.^[2]



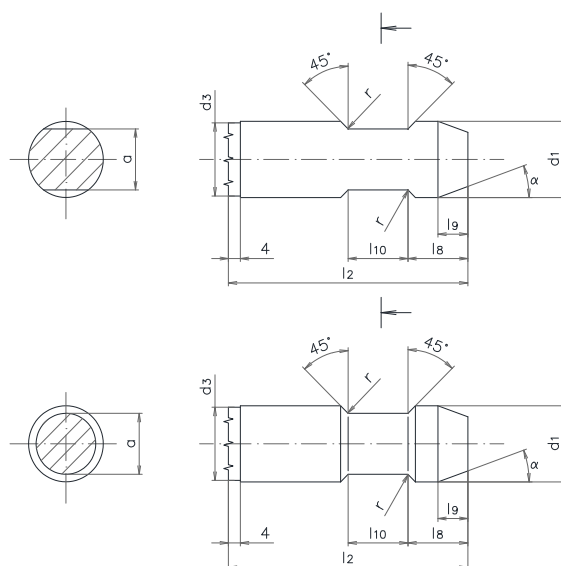
Слика 2.12. Карактеристичан радни комад велике дужине са ослобођењем^[1]



Слика 2.13. Фотографски приказ задњег водећег дела

2.5 Прихватни део (задња дршка провлакача)

Прихватни део или задња дршка провлакача није пројектована на свим провлакачима, већ само на оним чија конструкција и сама намена то намеће. Прихватна глава провлакачице прихвата провлакач преко прихватног дела и има улогу да, приликом провлачења, стабилизује дуге провлакаче ради бољег центрирања и да врати провлакач у почетни положај након извршене операције провлачења. Прописане су стандардом, и то DIN 1415 и DIN 1417.



Слика 2.14. Скица прихватног дела провлакача^[2]

3. Технологије израде провлакача

Израда провлакача је дуг и сложен процес где је укључено више операција, углавном оних везаних за технологију механичке обраде, термичке обраде, као и неконвенционалних поступака попут ерозирања жицом, електродом...

Пут израде провлакача дефинисан је технолошким поступком који ће у овом поглављу детаљно бити описан за два типа провлакача. У поглављу 3.1 биће описан пут израде цилиндричног провлакача са еволвентним озубљењем за унутрашње провлачење. У поглављу 3.2 биће описан пут израде призматичног провлакача за провлачење жљебова на авионским турбинама. Описан је ток израде само једног провлакача из гарнитуре провлакача.

На првом листу сваког технолошког поступка налази се информација о ознаци цртежа провлакача, радном налогу, материјалу обрадка, броју комада, термину испоручивања робе.

На осталим листовима технолошког поступка налазе се операцијске листе са свим информацијама које су потребне за обављање сваке операције. Ово значи да операцијска листа садржи информације о томе шта на предмету обраде треба урадити и којим редоследом, колико је времена предвиђено за извршење операције, машину или уређај на којој операцију треба извести, алат и прибор са којим операцију треба извести и услове извођења операције (нпр. брзина резања, шпоновање, температура, загревање и сл.)

Напомена:

Велики број скица у технолошким упутствима као и примери цртежа округлог и призматичног провлакача су преузети из архиве фирме "Unior Components d.o.o."

[illegible]

24

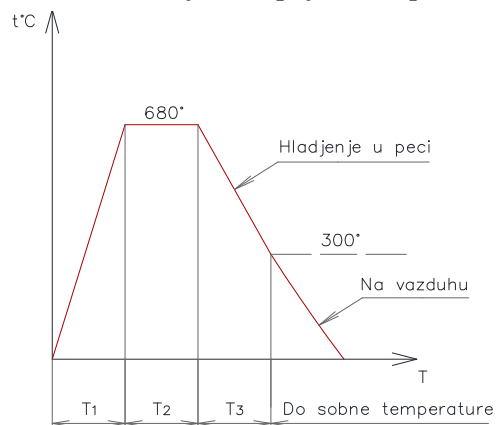
Назив операције: Сечење материјала (машинско)



Користити емулзију као расхладно и подмазујуће средство.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Кружна тестера за сечење		-Тракаста тестера	-Тракасти метар -ПКМ
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 10

Назив операције: Стабилизација материјала- жарење

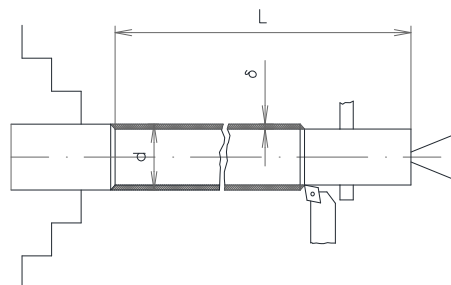


Mera "a" mm	Vreme u min.		
	T ₁	T ₂	T ₃
7–30	25	120	240
31–42	30	150	

Шипке поставити у слободан вертикални положај у пећи везивањем за вучни крај.
Након операције контролисати искривљеност.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Сона купатила			
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 20

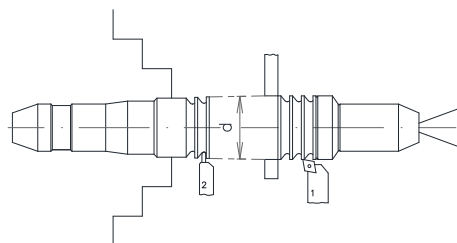
Назив операције: Стругање габарита



Оствити додатак за брушење $0.8 \div 1 \text{ mm}$,
Користити емулзију као расхладно и подмазујуће средство.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Универзални струг	-Стезна глава -Покретна линета	-Носач плочица -Тврдометалне плочице (R0.4, R0.8)	-ПКМ (помично кљунасто мерило)
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 30

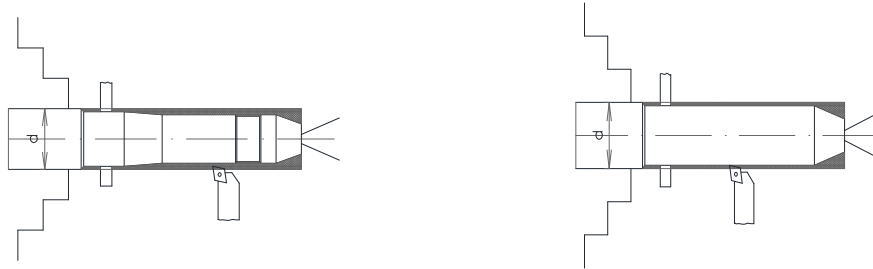
Назив операције: Стругање зуба



Користити CNC програм за израду зуба,
Оставити додатак за брушење $0.8 \div 1 \text{ mm}$,
Користити емулзију као расхладно и подмазујуће средство,
Обавезно скинути пцу, проверити искривљеност игле, по потреби исправити.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-CNC струг	-Стезна глава -Покретна линета	-Носач плочица -Тврдометалне плочице (R1, R1.2, R1.5)	-ПКП
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 40

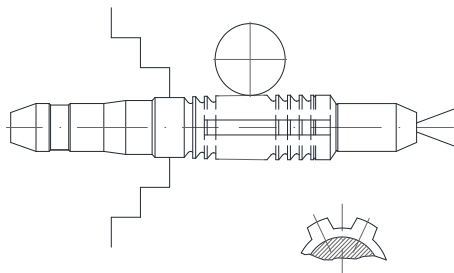
Назив операције: Стругање вучног и прихватног дела



Оставити додатак за брушење $0.8 \div 1 \text{ mm}$,
Користити емулзију као расхладно и подмазујуће средство,
Обавезно скинути пцу, проверити искривљеност игле, по потреби исправити.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Универзлни струг -CNC струг	-Стезна глава -Линета	-Носач плочица -Тврдометалне пчочице (R0.4, R0.8)	-ПКП
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 50

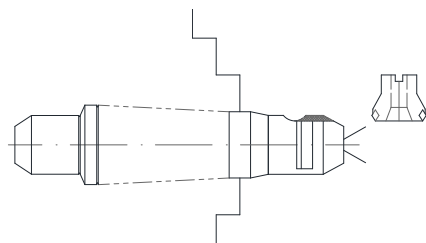
Назив операције: Глодање профила



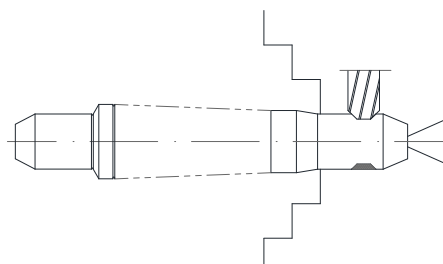
Оставити додатак за брушење $0.8 \div 1 \text{ mm}$,
Користити емулзију као расхладно и подмазујуће средство.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Универзална глодалица (уздужна)	-Подеони апарт	-Модулно глодало	-Микрометар -ПКП -Ваљчићи
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 60

Назив операције: Глодање флахова



Глодање уздужних флахова



Глодање попречних флахова

Оставити додатак за брушење $0.8 \div 1 \text{ mm}$,
Води рачуна о положају флахова у односу на профил,
Користити емулзију као расхладно и подмазујуће средство.

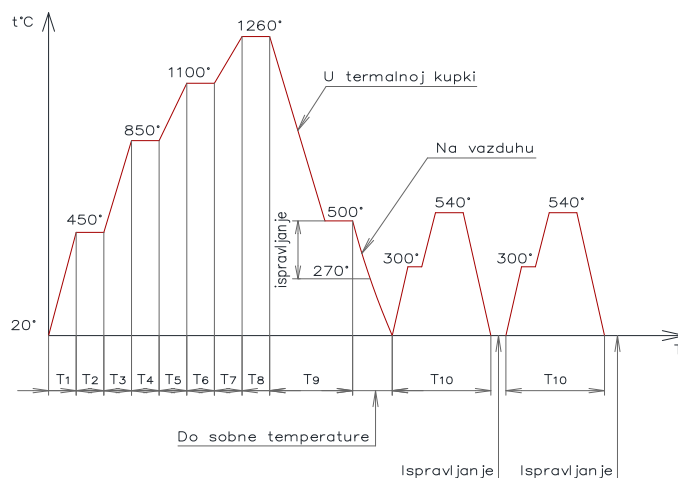
Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Универзална глодалица	-Подсони апарат -Хидлаулична стега	-Глодачка глава -Тврдометалне плочице	-Угаоник -ПКП
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 70

Назив операције: Контрола мера и квалитета израде

Визуелни преглед,
Преконтролисати додатке за финалну обраду, бацање,
Преконтролисати пучне.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
			-ПКМ -Микрометар -Мерни сат
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 80

Назив операције: Термичка обрада



64-66 HRc

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Сона купатила -Комора за хлађење			-Апарат за мерење тврдоће по Роквелу и по Бринелу
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 90

Назив операције: Контрола термичке обраде

Визуелни преглед.

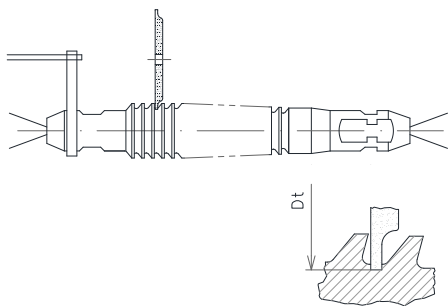
Тврдоћа резног дела: 64-66 HRc

Тврдоћа вучног дела: 45-50 HRc

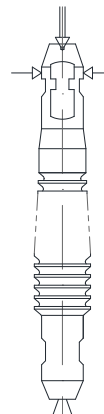
Осна деформација: 0.2÷0.3 mm у зависности од пречника.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
			-Апаратура за мерење тврдоће по Роквелу и по Бринелу
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 100

Назив операције: Брушење средишњег гнезда и места за линете



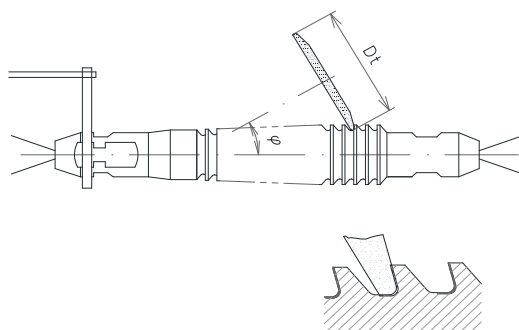
Брушење места за линету (округло брушење)



Брушење средишњег гнезда (места за кирнере)

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Маш. за брушење средишњег гнезда -Брусилица округло	-Непомичне линете -Херц	-Тоцило за сред. гнездо, $< 60^\circ$ -Тоцило $\varnothing 500$	-Мерни сат -Микрометар
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 110

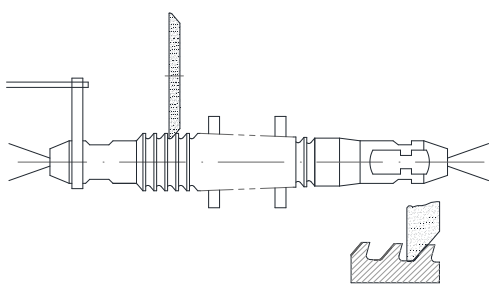
Назив операције: Грубо оштрење грудног угла



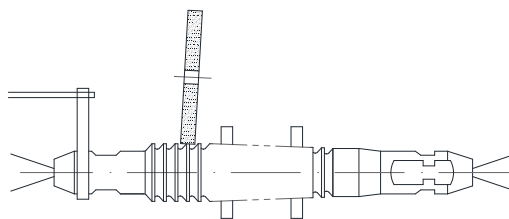
Строго тачан корак, водити рачуна о дужинским мерама.
Користити уље као расхладно и подмазујуће средство.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-CNC оштрилица	-Непомичне линете -Херц	-Тоцило CBN за рад у уљу	-Угломер -ПКМ
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 120

Назив операције: Брушење округло



Израда залеђа и дубине међузубља



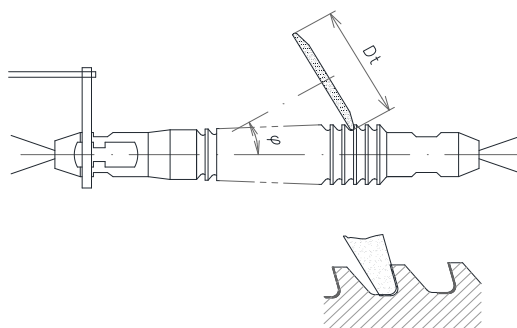
Израда леђног угла

Води рачуна о квалитету површине леђног угла.

Користити емулзију као расхладно и подмазујуће средство.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Брусилаца за спољашње окр. брушење	-Непомичне линете -Херц	- Тоцило Ø500	-Микрометар -Пасометар
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 130

Назив операције: Фино оштрење

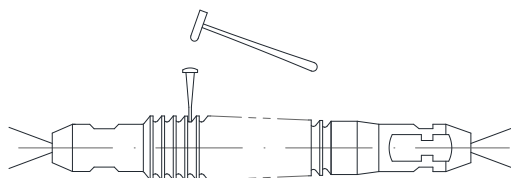


Строго тачан корак, водити рачуна о дужинским мерама.

Користити уље као расхладно и подмазујуће средство.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-CNC оштрилица	-Непомичне линете -Херц	-Тоцило CBN за рад у уљу	-Угломер -ПКМ
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 140

Назив операције: Исправљање

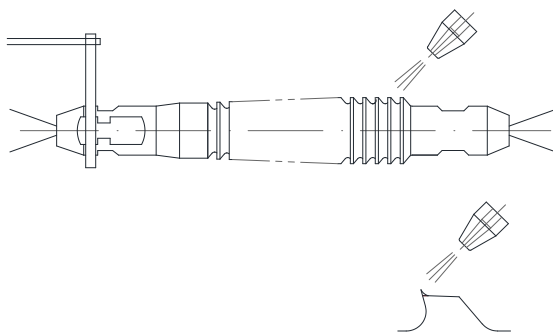


Дозвољено бацање: 0.015mm

Исправљати што пажљивије да не остану трагови и пазити да се не оштети резна површина.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Прилагођен универзални струг			-Мерни сат
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 150

Назив операције: Пескарење



Фино пескарење, елиминисати пучне од финог грудног оштрења.

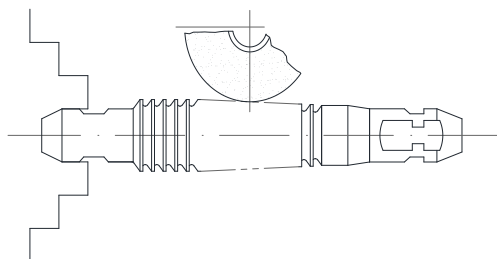
Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Пескара	-Непомична линета -Херц	-Песак фине гранулације	
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 160

Назив операције: Контрола мера и квалитета израде

Визуелна контрола, радијално бацање провлакача,
Контрола грудног и леђног угла по захтеву цртежа,
Контролисати пречнике, пораст по зубу мора бити константан.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
			-ПКМ -Микрометар -Мерни сат
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 170

Назив операције: Уздужно профилно брушење

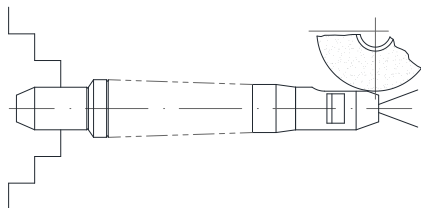


Профил тоцила

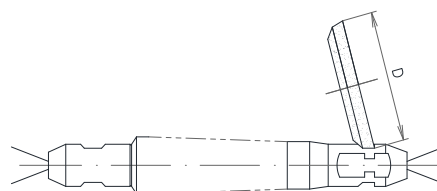
Програм за профилисање тоцила,
Проверити профил тоцила на профил пројектору,
Користити уље као расхладно и подмазујуће средство.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Уздужно профилна брусилница	-Непомична линета -Подеои апарат	-Тоцило ситнозрнасто (120÷160) зрна	-Микрометар -Мерни сат -Мерни ваљци
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 180

Назив операције: Брушење флахова



Брушење уздужних флахова

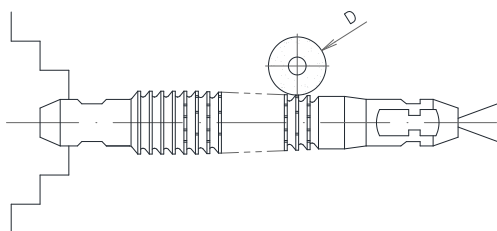


Брушење попречних флахова

Обрусити флахове по захтеву цртежа.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Уздужно профилна брусилица	-Стезна глава	-Тоцило	-Микрометар
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 190

Назив операције: Израда ломача (оштрење)



Водити рачуна о пречнику тоцила да не дође до оштећења наредног зуба.

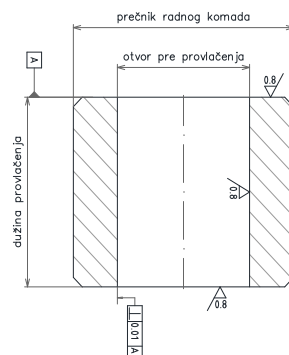
Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-универзална оштрилица	-Стезна глава -Подеони апарат	-Тоцило, ширине (0.3÷1)	-ПКМ
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 200

Назив операције: Контрола и обележавање

Обележити провлакач на месту означеном на цртежу,
Финална визуелна контрола провлакача,
Контрола профила провлакача,
Одобрити пробу провлакача.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
			-Микрометар -Мерни сат -Мерни ваљчићи
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 210

Назив операције: Провлачење (проба провлакача)



Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Провлакачица		-Провлакач	
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 220

Назив операције: Контрола провученог радног комада

Преконтролисати радни комад визуелно,
Преконтролисати захтеване мере и квалитет површина на радном комаду.

Машина	Стезни алат	Рezni алат	Мерни алат
-3D мерна машина			
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 230

Назив операције: Предаја и паковање

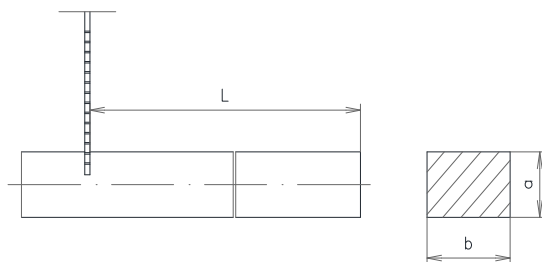
Провлакач одпремити, спаковати у дрвену амбалажу, што боље заштитити од оштећења приликом транспорта.

Машина	Стезни алат	Рezni алат	Мерни алат
Материјал 1.3343	Назив дела Еволвентни провлакач		Број операције 240

[illegible]

37

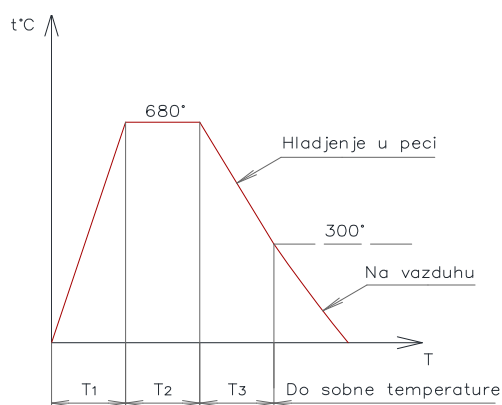
Назив операције: Сечење материјала (машинско)



Користити емулзију као расхладно и подмазујуће средство.

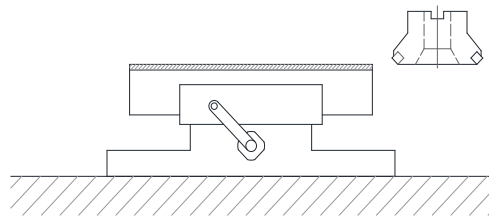
Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Кружна тестера за сечење		-Тракаста тестер	-Тракасти метар -ПКП
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 10

Назив операције: Стабилизација



Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Сона купатила			
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 20

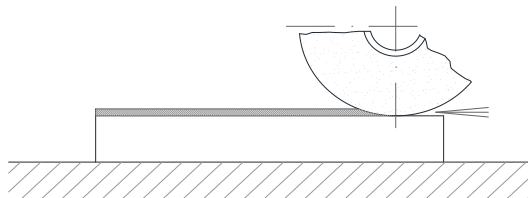
Назив операције: Глодање габарита



Скинути дефектни слој, оставити додатак од 1.2 mm .

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Универзална глодалица	-Хидраулична стега	-Глодачка глава са измењивим плочицама	-ПКМ
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 30

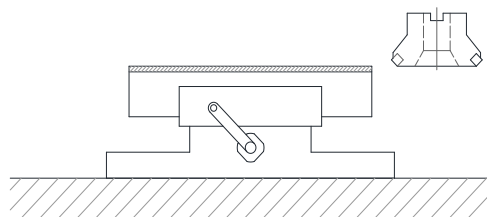
Назив операције: Брушење мерно



Брушење мерно габарита у +1 mm,
Користити емулзију као расхладно и подмазујуће средство.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-NC, CNC брусилице за равно брушење	-Магнетна плоча (сто машине)	-Тоцило крупне гранулације	-ПКМ
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 40

Назив операције: Глодање (комплетно)



Глодање комплетно са додатком за брушење (0.6÷0.8) mm, не резати зубе, не степенувати провлакач. Обавезно маркирачем обележити комаде.

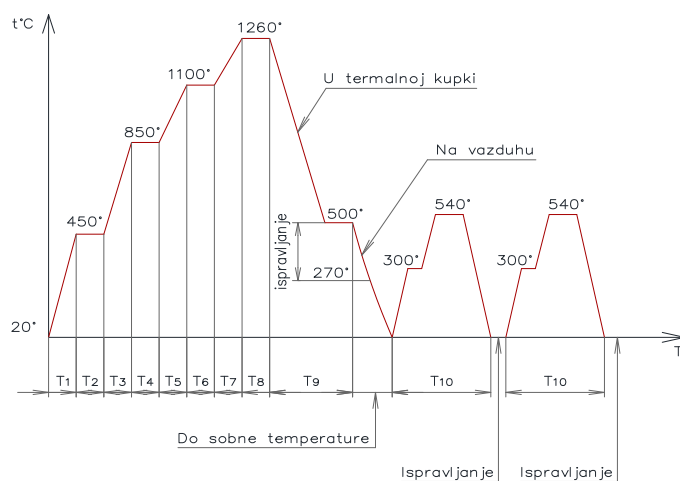
Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Универзална глодалица	-Хидраулична стега	-Глодачка глава са измењивим плочицаца	-ПКМ
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 50

Назив операције: Контрола мера и квалитета израде

Визуелно прегледати провлакач,
Преконтролисати додатке за завршну обраду.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
			-ПКМ
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 60

Назив операције: Термичка обрада



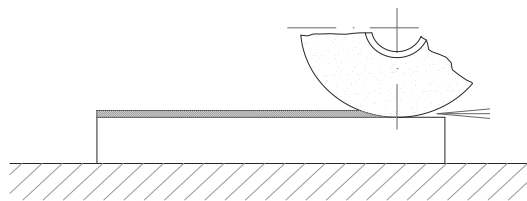
Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Сона купатила -Комора за хлађење			-Уређај за мерење тврдоће по Роквилу и по Бринелу.
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 70

Назив операције: Контрола термичке обраде

Комади морају бити испескарени,
Визуелни преглед,
Тврдоћа 64-66 HRC, равност површине $\pm 0.15 \text{ mm}$.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
			-Уређај за мерење тврдоће по Роквелу и по Бринелу.
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 80

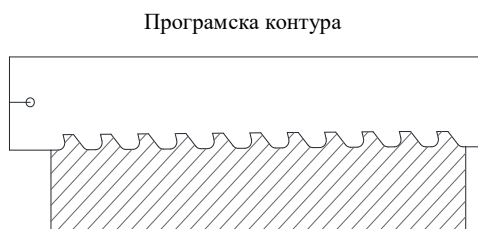
Назив операције: Брушење мерно



Припремити комад за ерозирање, радити провлакач са додатком 0.4mm, дужину урадити на меру. Користити емулзију.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-NC, CNC брусилице за равно брушење	-Магнетна плоча (сто машине)	Тоцило	-Микрометар -Мерни сат
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 90

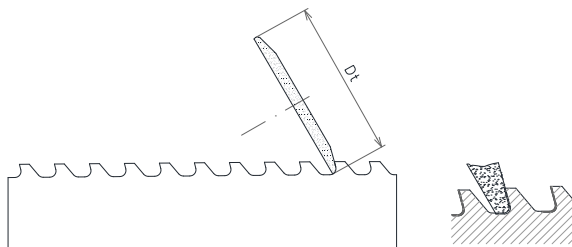
Назив операције: Ерозирање жицом



Користити програм за резање зуба.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Ерозимат	-Призме -Шапице	-Жица Ø0.25 mm	-ПКМ
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 100

Назив операције: Оштрење



Завршно оштрење грудног угла, квалитет Rz0.8, строго тачан корак.
Користити уље као расхладно и подмазајуће средство.

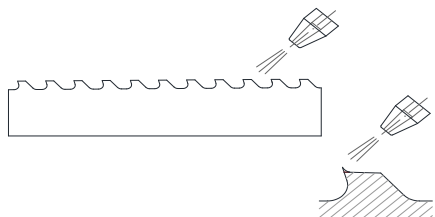
Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-CNC оштрилица	-Магнетна плоча (сто машине)	-CBN тоцило	-3Д тастер
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 110

Назив операције: Контрола провлакача на прслине

Испитати провлакач пенетрантном течношћу.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 120

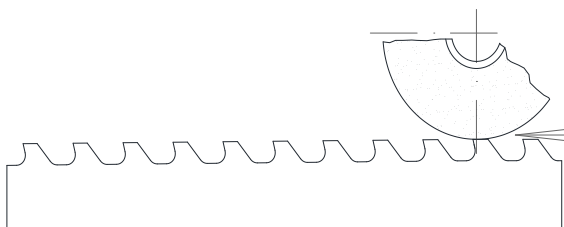
Назив операције: Пескарење



Фино испескарити провлакач, скинути пцу након завршног грудног оштрења.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Пескара	-Шапице	-Песак фине гранулације	
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 130

Назив операције: Брушење мерно



Задовољи тражену равност, паралелност и управност. Профил који се хинтерује Оставити 0,1 mm додатка. Користити емулзију.

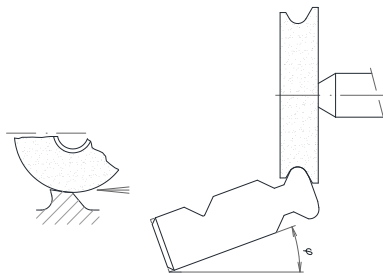
Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-CNC брусилице за равно брушење	-Магнетна плоча	-Тоцило	-Микрометар -Мерни сат
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 140

Назив операције: Контрола мера и квалитета израде

Пре брушења профила са леђним углом (хинтеровање) детаљно преконтролисати провлакач, равност, паралелност, управност.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
			-СММ мерна машина
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 150

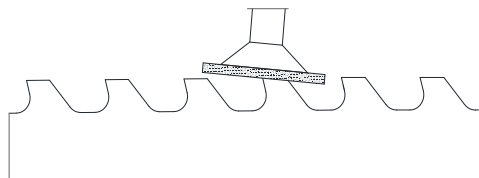
Назив операције: Профилно брушење (хинтеровање)



Леђни угао по захтеву цртежа, квалитет 0.8Rz
Користити резно уље као подмазујуће и расхладно средство.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-CNC профилне бруснице	- Магнетна плоча	-Тоцило	-Микрометар -Мерни сат -Рапортери
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 160

Назив операције: Оштрење



Оштрење леђног угла на зубима без “full form-a” (пуног профила)

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
-Универзална оштрилица	-Магнетна плоча	-Чанчаста тоцила	-ПКМ
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 170

Назив операције: Контрола и обележавање

Детаљна контрола и обележавање.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 180

Назив операције: Предаја и паковање

Провлакач одпремити, спаковати у дрвену амбалажу, што боље заштити оо
Оштећења приликом транспорта.

Машина	Стезни алат	Резни алат	Мерни алат
Материјал 1.3343	Назив дела Призматични провлакач		Број операције 190

4. Карактеристике CNC машина у предузећу “Unior Components d.o.o” за производњу провлакача

“Unior Components d.o.o” располаже савременом опремом за производњу провлакача. У овом поглављу биће представљен машински парк, карактеристике и примена.

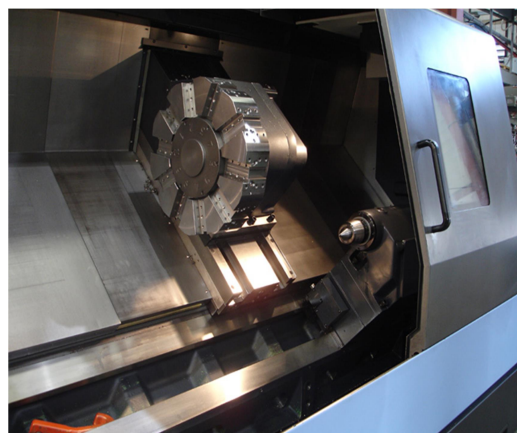
4.1 CNC стругови

Пратећи технолошки циклус израде округлих провлакача као уводна операција механичке обраде помиње се стругање како на универзалним тако и на CNC машинама. Фирма има на располагању два CNC струга и то:

- Doosan PUMA 400L,
- Doosan PUMA 280L.

Техничке карактеристике “Doosan PUMA 400L” су:

- максимални пречник радног комада 550mm,
- максимална дужина радног комада 2000mm,
- максимални број обртаја стезне главе 2000 о/min,
- број оса: 2 (X,Z)
- хидраулична помична линета,
- револвер глава за 10 алата,
- хлађење,
- управљачка јединица FANUC. [8]



Слика 4.1. Фотографски приказ струга Doosan PUMA 400L

Техничке карактеристике “Doosan PUMA 280L” су:

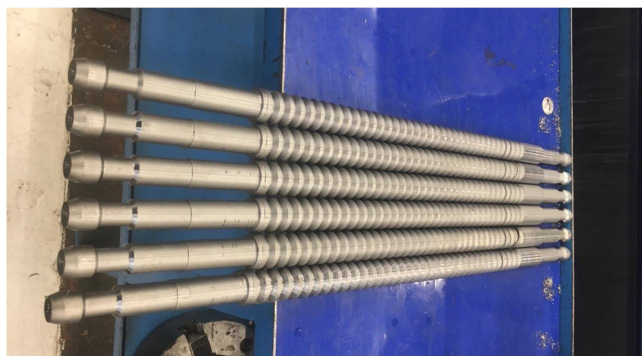
- максимални пречник радног комада 420mm,
- максимална дужина радног комада 1028mm,
- максимални број обртаја стезне главе 3500 o/min,
- максимални посмак XZ: 20x24 m/min.
- број оса: 2 (X,Z)
- хидраулична помична линета,
- револвер глава за 10 алата,
- хлађење,
- управљачка јединица FANUC.^[9]



Слика 4.2. Фотографски приказ струга Doosan PUMA 280L

4.1.1 Примена CNC стругова у предузећу

CNC стругови се у предузећу за производњу провлакача искључиво користе за израду зуба, односно читаве резне зоне, као и прихватног и вучног дела код округлих провлакача.

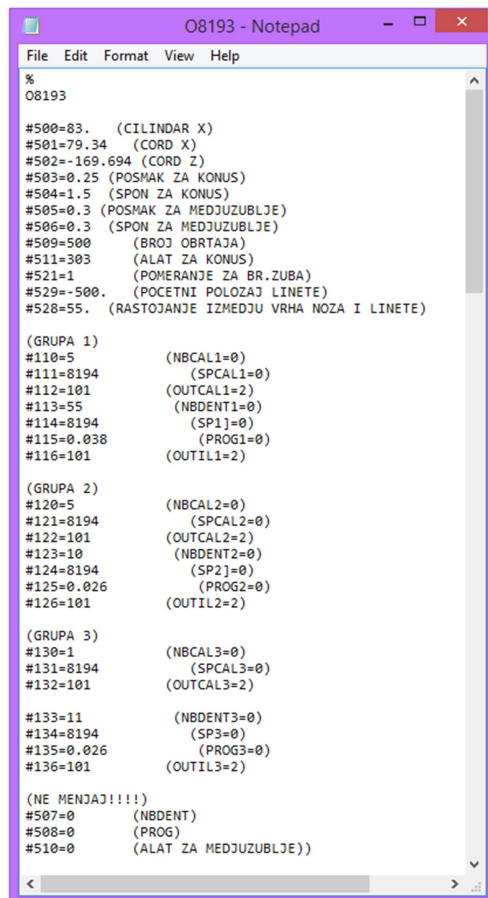


Слика 4.3. Фотографски приказ провлакача након операције стругања

4.1.2 Управљање CNC струговима

За програмирање стругова се користе устале програмске шеме, које технолог-програмер прилагођава датом провлакачу. На основу конструктивне документације уносе се параметри као што су пречници зуба, дужина до првог зуба, дужине резне зоне, броја зуба итд.

У наставку је дат пример програмске шеме за израду зуба, односно резне зоне на округлом провлакачу.



```
O8193

%
O8193

#500=83. (CILINDAR X)
#501=79.34 (CORD X)
#502=-169.694 (CORD Z)
#503=0.25 (POSMAK ZA KONUS)
#504=1.5 (SPON ZA KONUS)
#505=0.3 (POSMAK ZA MEDJUZUBLJE)
#506=0.3 (SPON ZA MEDJUZUBLJE)
#509=500 (BROJ OBRATAJA)
#511=303 (ALAT ZA KONUS)
#521=1 (POMERANJE ZA BR.ZUBA)
#529=-500. (POCETNI POLOZAJ LINETE)
#528=55. (RASTOJANJE IZMEDJU VRHA NOZA I LINETE)

(GRUPA 1)
#110=5 (NBCAL1=0)
#111=8194 (SPCAL1=0)
#112=101 (OUTCAL1=2)
#113=55 (NBDENT1=0)
#114=8194 (SP1=0)
#115=0.038 (PROG1=0)
#116=101 (OUTIL1=2)

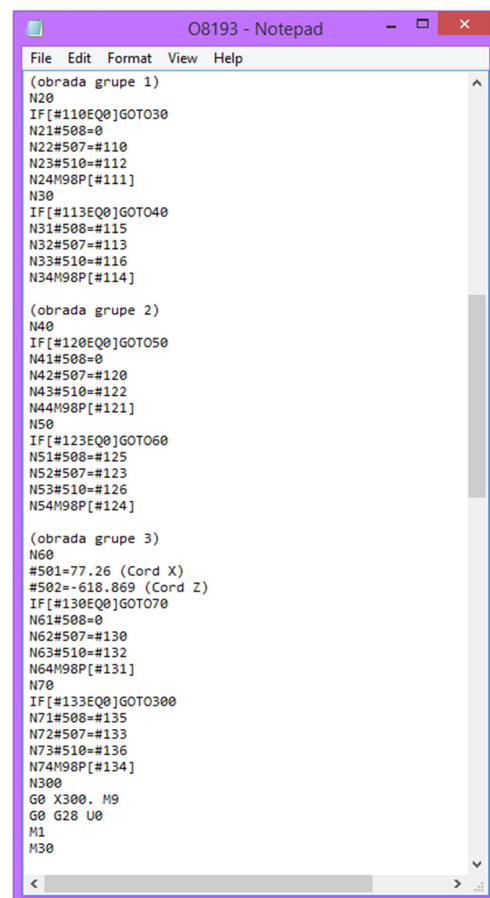
(GRUPA 2)
#120=5 (NBCAL2=0)
#121=8194 (SPCAL2=0)
#122=101 (OUTCAL2=2)
#123=10 (NBDENT2=0)
#124=8194 (SP2=0)
#125=0.026 (PROG2=0)
#126=101 (OUTIL2=2)

(GRUPA 3)
#130=1 (NBCAL3=0)
#131=8194 (SPCAL3=0)
#132=101 (OUTCAL3=2)

#133=11 (NBDENT3=0)
#134=8194 (SP3=0)
#135=0.026 (PROG3=0)
#136=101 (OUTIL3=2)

(NE MENJAJ!!!!)
#507=0 (NBDENT)
#508=0 (PROG)
#510=0 (ALAT ZA MEDJUZUBLJE))
```

1/4



```
O8193 - Notepad

(obrađa grupe 1)
N20
IF[#110EQ0]GOTO30
N21#508=0
N22#507=#110
N23#510=#112
N24M98P[#111]
N30
IF[#113EQ0]GOTO40
N31#508=#115
N32#507=#113
N33#510=#116
N34M98P[#114]

(obrađa grupe 2)
N40
IF[#120EQ0]GOTO50
N41#508=0
N42#507=#120
N43#510=#122
N44M98P[#121]
N50
IF[#123EQ0]GOTO60
N51#508=#125
N52#507=#123
N53#510=#126
N54M98P[#124]

(obrađa grupe 3)
N60
#501=77.26 (CORD X)
#502=-618.869 (CORD Z)
IF[#130EQ0]GOTO70
N61#508=0
N62#507=#130
N63#510=#132
N64M98P[#131]
N70
IF[#133EQ0]GOTO300
N71#508=#135
N72#507=#133
N73#510=#136
N74M98P[#134]
N300
G0 X300. M9
G0 G28 U0
M1
M30
```

2/4

```

O8193 - Notepad
File Edit Format View Help
O8194 (Pod-program 1 korak)

#4=0

#10=5.989 (KORAK)
WHILE[#4LT#507]DO1
#5=[#4/#521]
#6=#5
#7=FIX[#5]
#8=[#6-#7]

(Koordinata X)
#608=#501+ 0.000
#607=#501+ 0.000
#606=#501 -5.096
#605=#501 -5.600
#604=#501 -5.600
#603=#501 -5.457
#602=#501+ 0.000
#601=#501+ 0.000

(Koordinata Z)
#708=#502+ 7.657
#707=#502+ 4.297
#706=#502+ 4.980
#705=#502+ 4.786
#704=#502+ 4.566
#703=#502+ 4.413
#702=#502+ 2.124
#701=#502+ 0.000

IF[#8NE0]GOTO15
#9=#521
IF[[#507-#4]LT#521]THEN#9=#507-#4

N001
(IZRADA KONUSA)
G50 S800;
G0 G28 U0;
G0 G40 G80 T#511;
M5
#530=#701-[[#9-1]*#10]+#528
M98P8001
#529=#530
G56 G96 G99 S500 M4;

```

3/4

```

O8193 - Notepad
File Edit Format View Help
G0 X[#500+10] Z#708 M8
G1 G42 X[#500] Z#708 F#503
G71 U#504 R1.
G71 P010 Q013 U0.8 F#503 S500
N010 G1 G42 X#608Z#708 F0.2
N011 G1 X[#608-[[#9-1]*#508]]Z[#701-[[#9-1]*#10]-4]
N012 G1 X#500
N013 G0 G40 X[#500+10]
G70 P010 Q013
G0 X[#500+100]
G0 G28 U0;
G0 G40 G80 T#510;

N015
(Izrada medjuzublja)
G50 S800;
G56 G96 G99 S500 M4;
G0 X[#500+10] Z#708 M8
G1 X#500
G1 G40 X[#608+0.2] Z#708 F#505
G71 U#506 R0.01
G71 P020 Q027 U0.4 W-0.2 F#505 S500
N020 G40 G1X#608 Z#708
N021 G1 X#607 Z#707
N022 G1 X#606 Z#706
N023 G2 X#605 Z#705 R0.2
N024 G1 X#604 Z#704
N025 G2 X#603 Z#703 R0.2
N026 G1 X#602 Z#702
N027 G1 X#601 Z#701
G70 P020 Q027
G0G40 X[#500+100]

#4=#4+1
#501=#501-#508
#502=#502-#10
END1

M99 (kraj podprograma);

```

4/4

Слика 4.4. Фотографски приказ програма за израду зуба

4.1.3 Алати при обради провлакача стругањем

Од алата при обради провлакача стругањем се искључиво користе стругарски ножеви, односно носачи са измењивим тврдометалним плочицама. У зависности од величине корака, дубине међузубља, грудног и залеђног радијуса бирају се одговарајуће плочице. Могу бити са радијусом R1, R1.2, R1.5, R2 итд. За израду вучног и прихватног дела користе се стандардне тврдометалне плочице.



Слика 4.5. Фотографски приказ носачи са измењивим плочицама

4.2 CNC глодалице

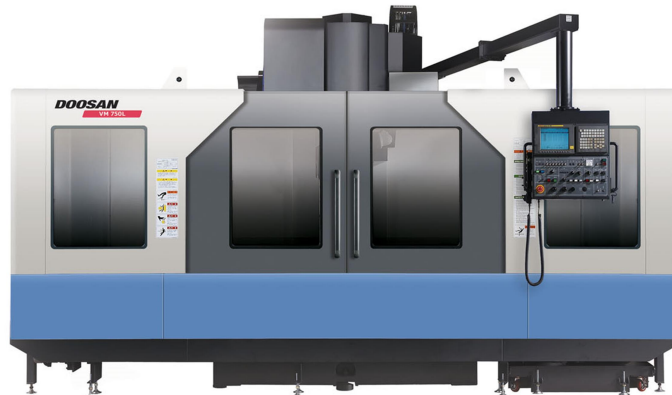
На призматичним провлакачима габаритно већих димензија резање зуба се врши на CNC глодалицама. Поред бољег квалитета обрађених површина главна предност израде зуба на овом типу машина је тачност корака што у многоне касније олакшава наредне операције.

„Unior Components d.o.o“ располаже једном таквом машином и то:

- „Doosan VM 750L“

Техничке карактеристике машине су:

- број оса: 3 (X, Y, Z), вертикални строј,
- радни ходови: X=1800mm, Y=750mm, Z=800mm,
- максимални број обртаја: 8000 o/min.
- максимални посмак: 10000 mm/min.
- максимална димензије алата: $\varnothing 125 \div 230 \times 350$ mm
- магацин за 10 алата,
- хлађење ваздухом и емулзијом,
- управљачка јединица FANUC.^[10]

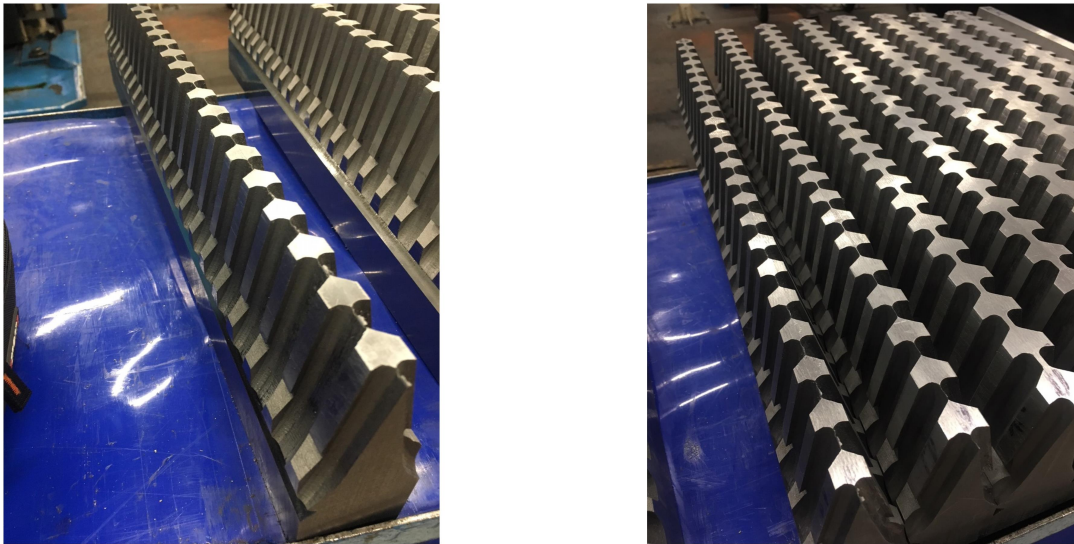


*Слика 4.6. Фотографски приказ
глодалице „Doosan VM 750L“*

4.2.1 Примена CNC глодалица у предузећу

CNC глодалице у предузећу највећим делом се користе за израду комада који нису у домену провлакача. У малом проценту се на годишњем нивоу обрађују провлакачи, односно израђују зуби. И то не сви. Обрађују се искључино призматични провлакачи са великим кораком међузубља 16, 25, 30, 36, са грудним и залеђним радијусом R5, R6, R8, који се срећу претежно код провлакача за авио индустрију. Предност израде зуба овим поступком је та што се добија строго тачан корак који се

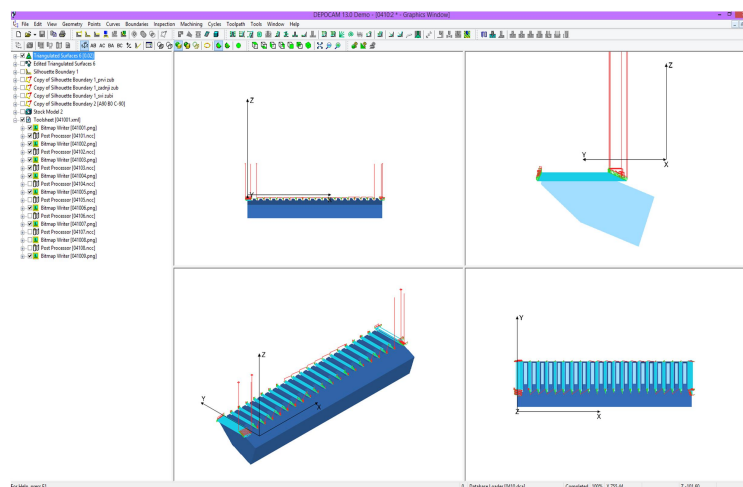
помоћу мерне летве на универзалним глодалицама не може добити. Строго тачан корак је битан из разлога што је на оштрењу додатак за скидање равномерно распоређен.



Слика 4.7. Фотографски приказ провлакача након операције глодања међузубља

4.2.2 Управљање CNC глодалицама

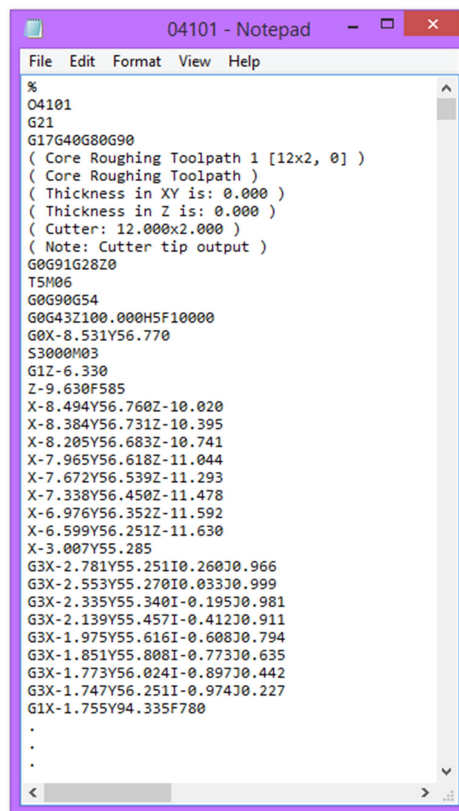
Програмирање глодалица, односно машинирање међузубља призматичног провлакача се врши у софтверском пакету „DEPO CAM”. Машинирање се врши на основу 3Д модела. Обзиром да је реч о 3-осној глодалици, само позиционирање и машинирање је специфично. На провлакачу има негативних углова (грудни угао) које није могуће обрађивати овим типом машине. Зато се провлакач на машини заокреће за вредност грудног угла уз помоћ синусног апарата.



Слика 4.8. Фотографски приказ машинирања у „Деро CAM“-у



Слика 4.9. Фотографски приказ синусног апарата



Слика 4.10. Фотографски приказ дела програма генерисаног у „Деро САМ“-у

4.2.3 Алати при обради провлакача глодањем

Од алата при обради провлакача глодањем се користе носачи, односно глодачке главе са измењивим плочицама Ø10, Ø16, Ø20 итд. за грубу обраду. За финију обраду користе се лоптаста глодала у зависности од радијуса грудног и залеђног Ø8-R4, Ø10-R5, Ø16-R8 итд.



Слика 4.11. Фотографски приказ крунице са измењивим плочицама



Слика 4.12. Фотографски приказ лоптастог глодала

4.3 CNC Оштрилице

Након термичке обраде провлакача, у зависности од типа провлакача и прописане технологије, приступа се грубом оштрењу провлакача, односно задавању тачног корака. На овом типу машина се такође и израђују зуби из пуног материјала посебним тоцилима намењеним за овај вид обраде и посебним режимима.

На оштрилицама се врши такође и фино оштрење провлакача. Тоцило има профил међузубља које се обрађује. Оно се профилише на помоћној машини, ручно.

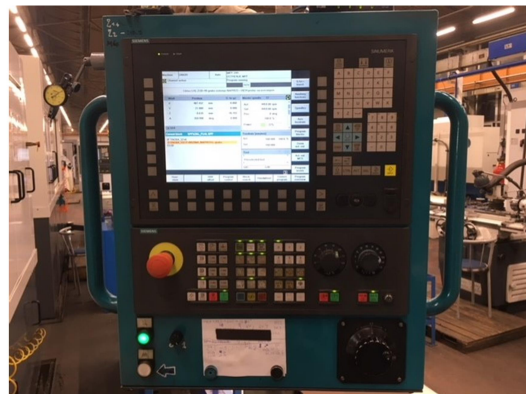
Фирма располаже са четири CNC оштрилице које у потпуности задовољавају потребе са аспекта капацитета и квалитета. То су:

- „Tacchella“ (2 оштрилице),
- „Haro“,
- „Schneeberger Corvus“.

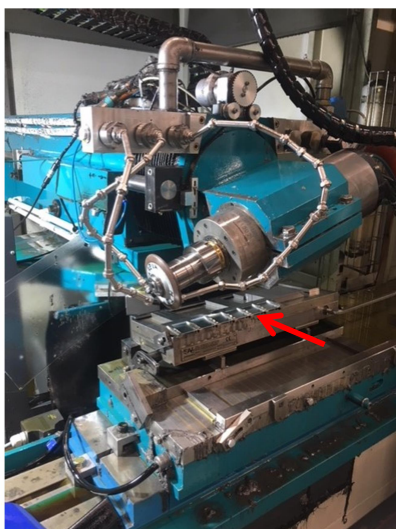
Занимљиво је да су „Tacchella“ и „Haro“ модернизоване универзалне оштрилице. Модернизација (ретрофит) се односи на опремање машине дигиталним показивачима позиција, побољшањем механичких карактеристика (клизних стаза, завојних вретена идр.) уградњом корачних мотора и наравно уградњом управљачке јединице.

Обзиром да у фирми постоје две „Tacschelle“, једна је намењена искључиво за израду зуба и оштрење призматичних провлакача, док је друга намењена за оштрење округлих провлакача. Техничке карактеристике „Tacschelle“ су:

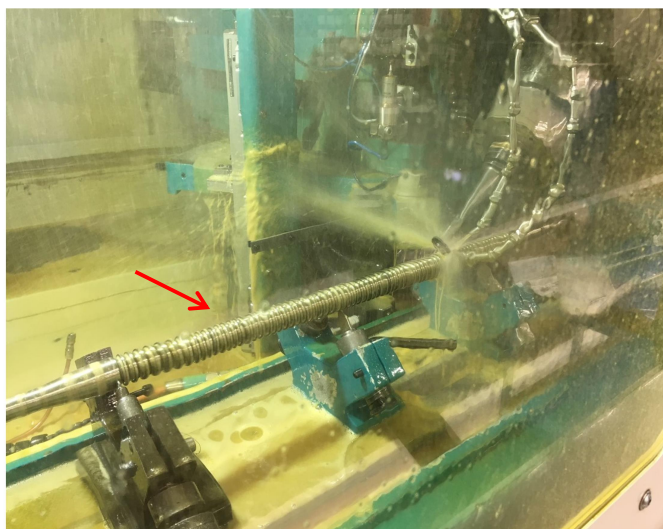
- максимална радна дужина је 2000mm (за округле провлакаче),
- димензије магнета 400x1500mm (за призматичне провлакаче),
- број оса: 3+3 (нису синхронизоване),
- максимални број обртаја 12000 о/min,
- „touch probe“ (мерни пипак за мерење корака),
- расхладно и подмазујуће средство: резно уље,
- управљачка јединица: „SINUMERIK“. ^[11]



Слика 4.13. Фотографски приказ „Tacschelle“



а)



б)

Слика 4.14. Фотографски приказ радних комада при процесу обраде, а) призматични, б) округли

„Наро“ је намењен само за оштрење и израду зуба на округлим провлакачима. Техничке карактеристике су:

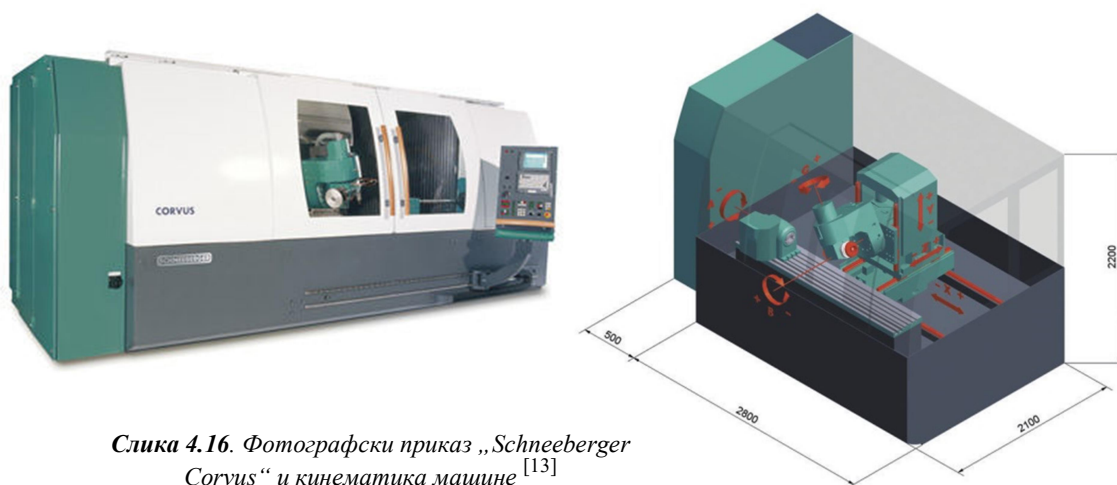
- максимална радна дужина је 2000mm (дужина између шиљака),
- максимални број обртаја 12000 о/min,
- број оса: 3+3 (нису синхронизоване),
- „touch probe“ (могућност пипања зуба),
- расхладно и подмазујуће средство: резно уље,
- управљачка јединица: „SINUMERIK“. ^[12]



Слика 4.15. Фотографски приказ „Наро-а“

„Schneeberger Corvus“ је комплексна оштрилица на којој се израђују, односно оштре зуби леђно и грудно како на призматичним тако и на округлим провлакачима. На округлим провлакачима се примера ради израђују зуби са завојним међузубљем, док се на равним израђују коси зуби. За ове процесе је потребна сложена кинематика машине, односно синхронизоване осе. Техничке карактеристике су:

- максимална ход машине је $X=2100\text{mm}$, $Y=400\text{mm}$
- максимални број обртаја 18000 o/min ,
- број оса: 6 (синхронизоване),
- „touch probe“ (могућност пипања зуба),
- расхладно и подмазујуће средство: резно уље,
- управљачка јединица: „FANUC“.^[13]



Слика 4.16. Фотографски приказ „Schneeberger Corvus“ и кинематика машине^[13]

4.3.1 Примена CNC оштрилица у предузећу

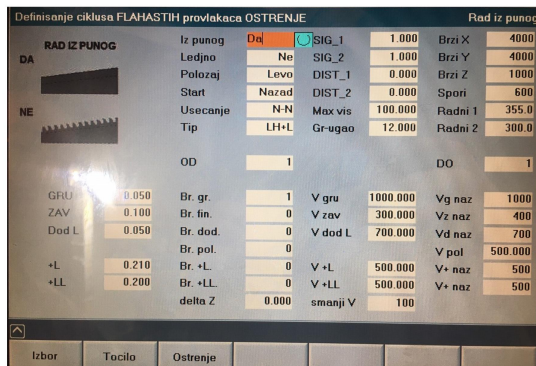
Као што је већ поменуто у претходном тексту о оштрилицама, оне су уско специјализоване за производњу провлакача и користе се искључиво за израду зуба на провлакачима на којима зуби нису резани пре термичке обраде технологијом глодања или стругања, као и за грубо и фино оштрење углавном грудне површине. На „Schneeberger Corvus-у“ је могуће оштрење и леђне површине. На (слици 4.13) су приказана завршна оштрења грудног угла провлакача, призматичног и округлог.



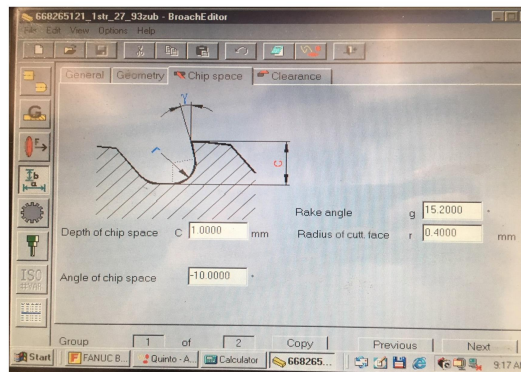
Слика 4.17. Фотографски приказ спиралног међузубља израђеног на „Schneeberger Corvus“

4.3.2 Управљање CNC оштрилицама

Програмирање ових типова машина се своди на дефинисање фиксних циклуса на самој машини, односно уношење параметара за дати провлакач који се обрађује, од броја зуба, корака, вредности грудог угла додатка за обраду итд. На машини је свако уношење параметара сликовито пропраћено тако да је оператеру значајно олакшано управљање овим стројевима.



Слика 4.18. Фотографски приказ циклусног програмирања на „TaccHELLa“ и „Haro“-у,



Слика 4.19. Фотографски приказ циклусног програмирања на „Schneeberger Corvus“-у

4.3.3 Алати при обради провлакача оштрењем

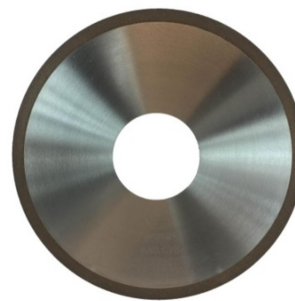
Алати који се користе при операцији оштрења, било то резање зуба или оштрење грудног или леђног угла, користе се искључиво „CBN“ тоцила.

„Cubic boron nitride“ („CBN“) или кубни кристални бор-нитрид је други најтврђи материјал по реду. Ова компонента је абразивни удео у тоцилу, док везивна компонента може бити керамика, вештачка смола или синтеровано метално везиво.^[14]

За разлику од стандардних тоцила, код „CBN“ тоцила приликом експлоатације готово да нема искре, тоцила остају много хладнија па је готово немогуће паљење обрадка.^[14]



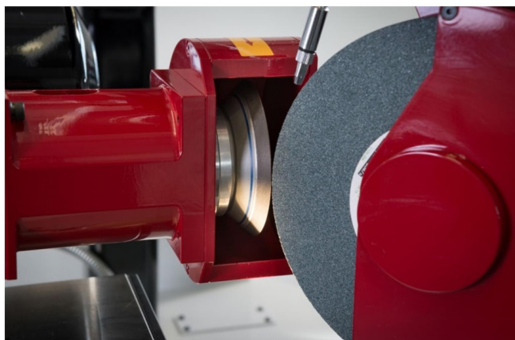
Слика 4.20. Фотографски приказ CBN чанчастог тоцила, за леђни угао



Слика 4.21. Фотографски приказ CBN тоцила, за грудни угао

Тоцила за грудни угао се профилишу у зависности од геометрије међузубља, тј. од корака, грудног, залеђног угла и радијуса.

Профилисање се врши ручно на машини „Cleveland gapu-3“.



Слика 4.22. Фотографски приказ профилисања CBN тоцила

4.4 Ерозимат са жицом

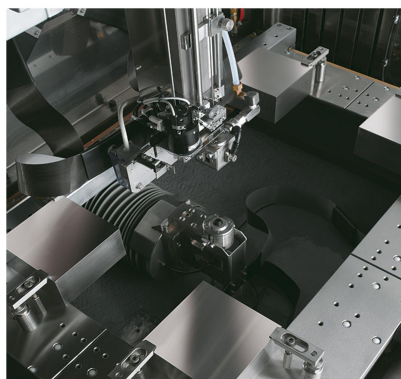
Ерозирањем се израђују зуби на провлакачима након термичке обраде. Тако израђени зуби се морају даље обрадити, односно брусити, оштрити грудно и леђно.

„Unior Components d.o.o” располаже са два ерозимата са жицом и то:

- „Sodic AQ750L“

Техничке карактеристике машине су:

- број оса: 3 (X, Y, Z) X=750, Y=500, Z=400 mm,
- пречник жице: $\varnothing 0.15 \div \varnothing 0.33$,
- максимална брзина жице: 420 mm/min,
- максималне димензије радног комада: 1050 × 750 × 400,
- управљачка јединица: FANUC. ^[15]



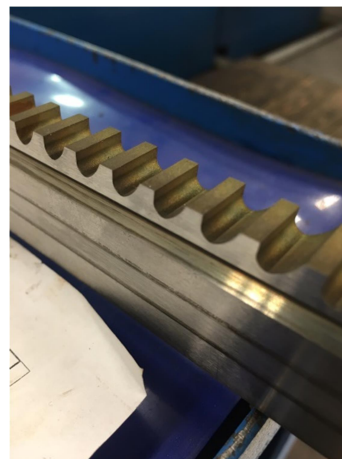
Слика 4.23. Фотографски приказ ерозимата „Sodic AQ750L“

4.4.1 Примена ерозимата у предузећу

Након термичке обраде у зависности од прописане технологије, типа провлакача и расположивости опреме зуби се на призматичним провлакачима израђују поред оштрилица и на ерозиматима. Предност ерозирања је тај што је истовремено могуће обрађивати више комада, поред тога је и тачност израде, док је главна предност та што при обради нема загревања радног комада, односно нарушавање механичких особина окаљеног материјала. Генерално је код захтевнијих призматичних провлакача боље изградити зубе након термичке обраде јер се избегавају термичке деформације.



Слика 4.24. Фотографски приказ истовремено ерозираних зуба на призматичним провлакачима

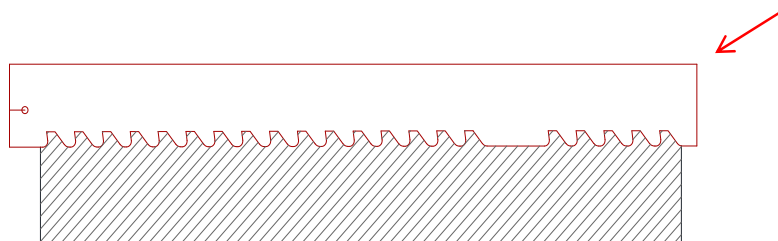


Слика 4.25. Фотографски приказ међузубља израђеног ерозирањем

4.4.2 Управљање ерозиматима

Израда програмске контуре се врши у „AutoCad“-у. Програм се генерише уз помоћ специјалне „lisp“ апликације. Технологи програмер разрађује контуру међузубља, урачунавајући додатке на грудној и леђној површини.

Та контура представља путању алата, жице.



Слика 4.26. Путања алата (жице)

4.4.3 Алат при обради провлакача ерозирањем

У овом случају алат представља жица од бакарне легуре $\varnothing 0.15 \div \varnothing 0.33$. Приликом процеса жица константно кружи, односно одмотава се са калема и намотава на други калем који се након одређеног периода одлаже, односно није више употребљив.

Треба напоменути да се обрада врши у флуиду, дијелектрикуму. Принцип рада заснива се на уклањању честица при електричном пражњењу између електрода, тј. катоде- алата и аноде- обрадка.

4.5 CNC брусилце за равно брушење

CNC брусилце за равно брушење се користе за брушење призматичних провлакача, нпр. за израду тела провлакача, степеновање, израду профила. Најчешће се користе за израду профила на провлакачима, док се простије операције на призматичним провлакачима попут мере тела, степеновања, израђују на универзалним брусилцама и NC брусилцама.

Фирма “Unior Components d.o.o” располаже, поред универзалних брусилца и NC брусилца, са 2 CNC брусилце, и то:

- „ELB micro cut“

Техничке карактеристике машине су:

- број оса: 3 (X, Y, Z), X=1600, Y=400, Z=450,
- димензије магнета: 450×1500mm,
- макс. Пречник тоцила: $\varnothing 400\text{mm}$,
- макс. број обртаја тоцила: 3000 o/min,
- макс. брзина радног стола: 20 m/min,
- начин профилисања тоцила: дијамантска ролна,
- управљачка јединица: „SINUMERIK“. ^[16]



Слика 4.27. Фотографски приказ „ELB-a“ за равно брушење

4.5.1 Примена бруслица у предузећу

Премењују се за брушење призматичних провлакача. Највећу примену налазе при изради профила на провлакачима, свих типова подбрушења и генерално пораста јер је кинематика машине таква да омогућава праволинијско кретање са променом висине, односно кретање под дефинисаним углом.



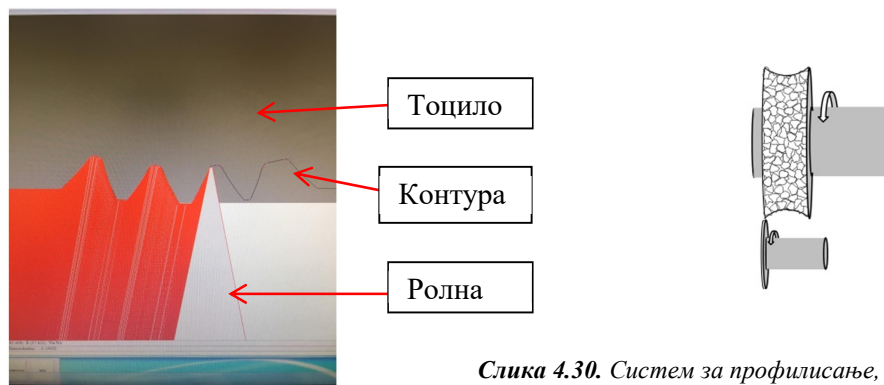
Слика 4.28. Фотографски приказ израде профила на провлакачу



Слика 4.29. Фотографски приказ степеновања провлакача

4.5.2 Управљање бруслицама

Обзиром да су машине опремљене Сименсовом управљачком јединицом, програмирање врши оператер помоћу циклуса (нпр. дужину хода, угао кретања, брзину, шпоновање итд.). За израду профила на провлакачима потребно је профилисати тоцило одговарајућом контуром коју разрађује технолог програмер и коју инсертује у меморију машине у „dxf” формату. Профилисање тоцила врши се помоћу дијаманске ролне.

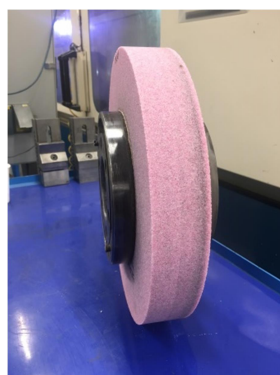


Слика 4.30. Систем за профилисање, тоцило-ролна [7]

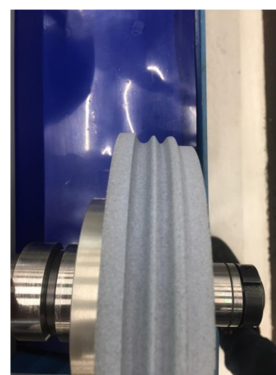
4.5.3 Алати при обради провлакача равним брушењем

За брушење се користе тоцила пречника 400mm, ширине 20, 30, 50mm, средње гранулације (од 30-60 зрна) и fine гранулације (од 70-220 зрна). Гранулација тоцила зависи од типа операције која се обавља, нпр. приликом израде профила користе се тоцила fine гранулације јер су постојанија, односно може се рећи да „добро држе ивицу“ али зато немају моћ одношења материјала као тоцила крупније гранулације.

Квалитет обрађене површине зависи у највећој мери од врсте абразивног зрна и њиховог распореда. Тоцила којима се брсе провлакачи и генерално термички обрађени брзорезни челици у себи садрже абразивно зрно од рубин корунда (60А) или монокристалног корунда (80А).^[7]



Слика 4.31. Тоцило 400×50×127 крупније гранулације



Слика 4.32. Тоцило 400×30×127 fine гранулације

4.6 CNC брусилце за профилно брушење

На овим типовима машина се врше најкомплексније операције у производњи провлакача. Под тим се подразумева израда профила сложене геометрије, уских толеранција и високог квалитета обрађене површине. Ове машине одликује висока тачност и поузданост у раду.

Фирма “Unior Components d.o.o” располаже са 7 оваквих машина најновије генерације и то:

- „Reform broach master 1600“,
- „SMP CA07“ (6 машина).

Фирма располаже и са још 4 машине старијих генерација које се користе за израду профила без високих захтева тачности као и за грубу и средњу обраду профила, односно припрему за финално брушење захтевних, и оне неће бити обрађиване у овом раду.

Техничке карактеристике „Reform broach master 1600“ су:

- број оса: 3+2, (X, Y, Z + A, C), X=2050mm, Y= 350mm, Z=340mm,

- максимална радна дужина: 1600mm,
- пречник провлакача: $6\div 380\text{mm}$,
- максимални пречник тоцила: 250mm,
- макс. број обртаја тоцила: 24000 o/min,
- макс. брзина радног стола (X осе) : 30 m/min,
- димензије магнета: 200×1200mm,
- начин профилисања тоцила: дијамантска ролна,
- управљачка јединица: „SINUMERIK“. ^[17]



Слика 4.33. Фотографски приказ „Reform broach master 1600“



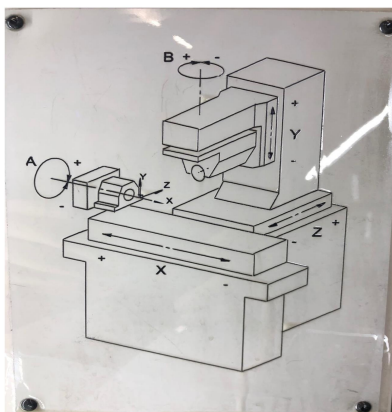
Техничке карактеристике „SMP CA07“:

- број оса: 3+2, (X, Y, Z + A, B), X=1500mm, Y= 350mm, Z=400mm,
- максимална радна дужина: 1700mm,
- пречник провлакача: максимално 320mm,
- максимални пречник тоцила: 300mm,
- макс. број обртаја тоцила: 12000 o/min,
- макс. брзина радног стола (X осе) : 45 m/min,
- димензије магнета: 200×1000mm,
- начин профилисања тоцила: дијамантска ролна,
- управљачка јединица: „NUM“. ^[18]



Слика 4.34. „SMP CA07“:





X, Y, Z- основни координатни систем,

B- ротација главе, односно носача алата,

A-ротација стезне главе (подеоног апарата), односно предмета обраде, (на „Reformu“ је то C оса. ^[18])

Слика 4.35. Фотографски приказ кинематике уздужно профилних брусница ^[18]

4.6.1 Примена профилних брусница у предузећу

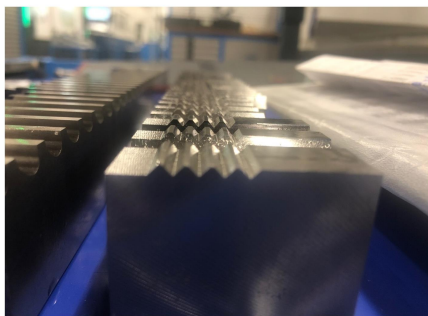
Завршне операције попут израде профила (троугластих, квадратних, шестоугаоних, жлебастих, еволвентних), као и израда сложених профила са леђним углом које срећемо код призматичних провлакача за авио-индустрију, операција звана хинтеровање, се изводе на овим типовима машине. Висока тачност машина обезбеђује израду прфила у толеранцији $\pm 0.005\text{mm}$ и квалитету обрађене површине $Rz = 0.8 \div 1.6 \mu\text{m}$.



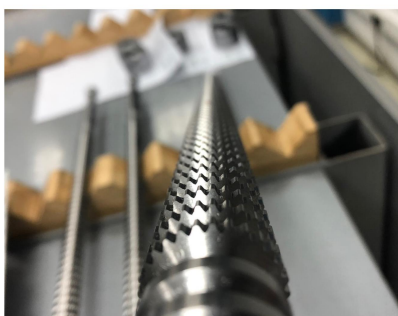
Слика 4.36. „Cristmas tree“ профил ^[19]



Слика 4.37. Специјални профил ^[20]



Слика 4.38. Профил на призматичном провлакачу



Слика 4.39. Еволвентни профил

4.6.2 Управљање профилним брусилицама

Управљање овим машинама врши директно оператер дефинисањем циклуса (нпр. дужину хода, подизање, леђни угао код хинтеровања, брзину, шпоновање итд.). За израду профила на провлакачима потребно је профилисати тоцило одговарајућом контуром коју разрађује технолог програмер и коју инсертује у меморију машине у „dxf“ формату. Профилисање тоцила врши се помоћу дијаманске ролне. Тај систем је сликовито објашњен на страни 62. (слика 4.29.).

4.6.3 Алати при обради провлакача на профилним брусилицама

За брушење се користе тоцила пречника од Ø20 до Ø250mm fine гранулације за израду профила на округлим и призматичним провлакачима. Ширина тоцила може бити 10, 20, 25, 30, 35, 50mm. У зависности од ширине контуре технолог-програмер дефинише којим тоцилом треба обрађивати провлакач.

Примера ради, при хинтеровању, односно изради профила са леђним углом, користе се тоцила малог пречника, Ø20, Ø30mm које такође технолог-програмер дефинише.

Као расхладно и подмазујуће средство користи се резно уље које се распршује кроз млазнице под притиском и до 10 Bar-а. Флуид има улогу да испира тоцило, односи вишак материјала и топлоту из зоне контакта тоцила и радног комада.^[7]

Сва тоцила се монтирају на носаче HSK E50 дефинисане стандардом DIN 96893. Отвор на тоцилима је Ø51mm на већим, или Ø10mm на тоцилима малог пречника.



Слика 4.40. Тоцило за израду еволвентног профила (Ø80)



Слика 4.41. Тоцило за израду „cristmas tree“ профила (Ø30)-хинтеровање

5. Прорачун и мерења вучне силе провлачења

У овом поглављу биће приказано одређивање највеће силе провлачења, као и упоређивање прорачунатих сила са силама измереним при самом провлачењу. Силе су прорачунате на основу образаца преузетих из „Приручника за конструкторе резног алата“ аутора Климова.

Проба провлакача, као и мерење стварне силе провлачења је извршена на вертикалној провлакачици „Varinelli“. Ову провлакачицу карактерише максимални радни ход од 2000mm, максимална вучна сила 15t, и брзина резања до 20m/min. Очитавање остварене силе се врши преко аналогног инструмента.

Одређивање највеће силе провлачења:

$$F_{max} = C_p \cdot S_z x \cdot \sum b \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]} \quad (\text{Образац 5.1})^{[1]}$$

C_p – константна величина, зависи од особина материјала који се обрађује, а такође и од облика провлакача, усваја се из (табеле 5.1),

S_z – дебелина струготине по зупцу на једној страни (пораст по зупцу) [mm],

x – експонент S_z , усваја се из (табеле 5.1),

$\sum b$ – укупна ширина струготине скинута сваким зупцем, или укупна дужина сечива зубаца [mm],

z_{max} – максимални број зуба који је истовремено у захвату,

k_y, k_c, k_u – коефицијенти који карактеришу утицај грудног угла, састав течности за подмазивање и хлађење и степен хабања зубаца провлакача. ^[1]

За прорачун појединих врста провлакача овај образац добија следеће облике:

– за цилиндричне провлакаче:

$$F_{max} = C_p \cdot S_z x \cdot D \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]} \quad (\text{Образац 5.2})^{[1]}$$

– за жљебасте провлакаче (троугласти, еволвентни...)

$$F_{max} = C_p \cdot S_z x \cdot b \cdot n \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]} \quad (\text{Образац 5.3})^{[1]}$$

– за плjosнате провлакаче за жљебове за клин:

$$F_{max} = C_p \cdot S_z x \cdot b \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]} \quad (\text{Образац 5.4})^{[1]}$$

D – пречник отвора који се провлачи,

b – ширина жљеба или жљеба за клин,

n – број жљебова провлакача. ^[1]

Провера провлакача на напрезање:

– Напрезање на првом зубу је једнако

$$\sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1} \quad [\text{kg/mm}^2] \quad (\text{Образац 5.5})^{[1]}$$

– Напрезање на дршци се одређује према обрасцу

$$\sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x} \quad [\text{kg/mm}^2] \quad (\text{Образац 5.6})^{[1]}$$

A_1 – површина критичног пресека на првом зубу провлакача $[\text{mm}^2]$,

A_x – површина критичног пресека на вучном делу $[\text{mm}^2]$.^[1]

Напрезање у критичним пресецима σ_1 и σ_x не сме бити веће од величине дозвољеног напрезања K_z . Величине дозвољених напрезања за провлакаче дате су у (табели 5.3).^[1]

Ако је σ_1 и σ_x веће од K_z неопходно је смањити величину Z_{max} или S_z . Ради смањења напрезања код провлакача за жљебове за клин провлакач се може изградити са задебљаним телом.^[1]

Табела 5.1. Коефицијенти $C_{p \text{ и } X}$ ^[1]

Материјал који се обрађује			вредност коефицијента C_p за провлачење			експонент X
Назив	тврдоћа по Бринелу Нб	јачина на кидање σ_m [kg/mm ²]	цилин- дрични	жљебасти	плљоснати за клин	
угљенични челик	до 200	до 70	700	212	177	0.85
конструкциони челик	200-300	70-80	762	230	202	
	преко 230	преко 80	842	284	250	
конструкциони легирани челик	до 200	до 70	762	230	202	
	200-300	70-80	842	284	250	
	преко 230	преко 80	1000	315	282	
сиво ливено гвожђе	до 200	-	300	125	115	0.73
	преко 200	-	354	150	137	

Табела 5.2. Коефицијенти k_y, k_u, k_c ^[1]

материјал који се обрађује	k_y				k_u		k_c			
	грудни угао				степен затупљености провлакача		течност за подмазивање			
	5°	10°	15°	20°	оштар	затупљен	минерално уље	10% емулзија	биљно уље	суво провлачење
челик	1.13	1	0.93	0.85	1	1.15	1	1	0.9	1.34
ливено гвожђе	1.1	1	0.95	-	1	1.15	-	0.9	-	1

Табела 5.3. Вредности дозвољеног напрезања ^[1]

тип провлакача	дозвољено напрезање [kg/mm ²] за провлакаче израђене од	
	брзорезног челика	легираног челика
цилиндрични, квадратни, жљебасти, за троугласте жљебове, еволвентни...	35	30
плjosнати за клинове, плjosнати са несиметричним оптерећењем	20	15

5.1 Прорачунавање силе провлачења за дати провлакач, проба провлакача и мерење силе провлачења приликом пробе

5.1.1 Пример 1

- Подаци о радном комаду:

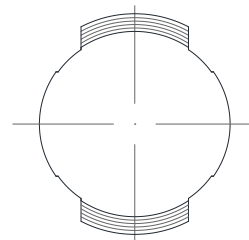
-Дужина провлачења: 260mm

-Материјал радног комада: 36CrNiMo8

-Отвор пре провлачења: Ø27H11mm

- Конструктивни подаци о провлакачу:

- Тип провлакача: жлебасти
- Број жлебова: 2
- Ширина жлеба: 15.195mm (CAD)
- Број режућих зуба: 25
- Број калибрирајућих зуба: 2
- Вучни део: J22 DIN1417 (врат Ø16.5)
- Пречник првог зуба: Ø27mm
- Пречник калибрирајућег зуба: Ø28.4mm
- Пораст по зубу: 0.056mm
- Корак: 32mm
- Грудни угао: 15°
- Дубина међузубља: 5mm



Слика 5.1. Шема резања на примеру провлакача 1

- Одређивање силе провлачења:

$$F_{max} = C_p \cdot S_z x \cdot b \cdot n \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]}$$

$$C_p = 315;$$

$$S_z x = \left(\frac{0.056}{2} \right)^{0.85} = 0.04787;$$

$$b = 15.195 \text{ mm}$$

$$n = 2$$

$$z_{max} = \frac{260}{32} + 1 = 8.125 + 1 = 9$$

$$k_y = 0.93; k_c = 1; k_u = 1$$

$$F_{max} = 315 \cdot 0.04787 \cdot 15.195 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 0.93 \cdot 1 \cdot 1 = 3835.572 \text{ kg} = 3.836 \text{ t}$$

Измерена сила провлачења на проби: $F \approx 3.1 \text{ t}$

- Провера напрезања на критичним пресецима:

$$\text{На првом зубу: } \sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1}$$

$$A_1 = \left(\frac{(27 + (5+5))}{2} \right)^2 \times \pi = 226.98 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{3835.572}{226.98} = 16.898 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

На вучном делу: $\sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x}$

$$A_x = \left(\frac{16.5}{2}\right)^2 \times \pi = 213.825 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{3835.572}{213.825} = 17.938 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

5.1.2 Пример 2

- Подаци о радном комаду:

-Дужина провлачења: 55mm

-Материјал радног комада: 34CrMo4

-Отвор пре провлачења: Ø45.2H9mm

- Конструктивни подаци о провлакачу:

-Тип провлакача: жлебаста (специјални профил)

-Број жлебова: 7

-Ширина жлеба: 19.265mm (CAD)

-Број режућих зуба: 85

-Број калибрајућих зуба: 3

-Вучни део: J40 DIN1417 (врат Ø30)

-Пречник првог зуба: Ø45.36mm

-Пречник калибрајућег зуба: Ø52.16mm

-Пораст по зубу: 0.08mm

-Корак: 15.5mm

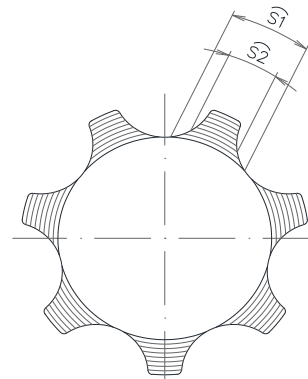
-Грудни угао: 15°

-Дубина међузубља: 5.6mm

- Одређивање силе провлачења:

$$F_{max} = C_p \cdot S_{zx} \cdot b \cdot n \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]}$$

$$C_p = 315;$$



Слика 5.2. Шема резања на примеру 2

$$S_z x = \left(\frac{0.08}{2}\right)^{0.85} = 0.06483;$$

$$b = 19.265 \text{ mm}$$

$$n = 7$$

$$z_{max} = \frac{55}{15.5} + 1 = 3.667 + 1 = 4$$

$$k_y = 0.93; k_c = 1; k_u = 1$$

$$F_{max} = 315 \cdot 0.06483 \cdot 19.265 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 0.93 \cdot 1 \cdot 1 = 10244.637 \text{ kg} = 10.245 \text{ t}$$

Измерена сила провлачења на проби: $F \approx 8.1 \text{ t}$

- Провера напрезања на критичним пресецима:

На првом зубу: $\sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1}$

$$A_1 = \left(\frac{(45.36 - (5.6 + 5.6))}{2}\right)^2 \times \pi = 916.486 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{10244.637}{916.486} = 11.178 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

На вучном делу: $\sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x}$

$$A_x = \left(\frac{30}{2}\right)^2 \times \pi = 706.858 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{10244.637}{706.858} = 14.493 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

5.1.3 Пример 3

- Подаци о радном комаду:

-Дужина провлачења: 65mm

-Материјал радног комада: GGG50/60

-Отвор пре провлачења: $\varnothing 84^{+0.05} \text{ mm}$

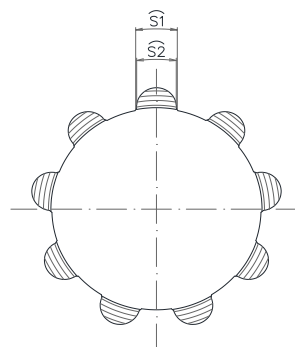
- Конструктивни подаци о провлакачу:

-Тип провлакача: жлебасти (специјални профил)

-Број жлебова: 9

-Ширина жлеба: 17.265mm (CAD)

- Број режућих зуба: 127
- Број калибрирајућих зуба: 4
- Вучни део: J50 DIN1417 (врат Ø38)
- Пречник првог зуба: Ø84.05mm
- Пречник калибрирајућег зуба: Ø93.6mm
- Пораст по зубу: 0.075mm
- Корак: 11mm
- Грудни угао: 12°
- Дубина међузубља: 4mm



Слика 5.3. Шема резања на примеру 3

- Одређивање силе провлачења:

$$F_{max} = C_p \cdot S_{zx} \cdot b \cdot n \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]}$$

$$C_p = 150;$$

$$S_{zx} = \left(\frac{0.075}{2} \right)^{0.73} = 0.091;$$

$$b = 17.265 \text{ mm}$$

$$n = 9$$

$$z_{max} = \frac{65}{11} + 1 = 5.91 + 1 = 6$$

$$k_y = 1; k_c = 1; k_u = /$$

$$F_{max} = 150 \cdot 0.091 \cdot 17.265 \cdot 9 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 1 = 12726.0315 \text{ kg} = 12.726 \text{ t}$$

Измерена сила провлачења на проби: $F \approx 10.1 \text{ t}$

- Провера напрезања на критичним пресецима:

$$\text{На првом зубу: } \sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1}$$

$$A_1 = \left(\frac{(84.05 \cdot (4+4))}{2} \right)^2 \times \pi = 4542.431 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{12726.0315}{4542.431} = 2.802 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{На вучном делу: } \sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x}$$

$$A_x = \left(\frac{38}{2} \right)^2 \times \pi = 1134.115 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{12726.0315}{1134.115} = 11.22 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

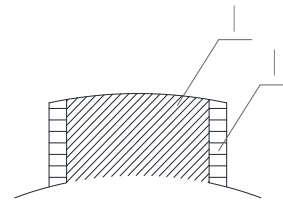
5.1.4 Пример 4

- Подаци о радном комаду:

-Дужина провлачења: 70mm
 -Материјал радног комада: 40Н13 (нерђајући челик)
 -Отвор пре провлачења: Ø21Н11mm

- Конструктивни подаци о провлакачу:

-Тип провлакача: жлебасти (1. у гарнитури)
 -Број жлебова: 6
 -Ширина жлеба: 4.2mm (CAD)
 -Број режућих зуба: 62
 -Број калибрирајућих зуба: 2
 -Вучни део: Ø20 (врат Ø15)
 -Пречник првог зуба: Ø21mm
 -Пречник калибрирајућег зуба: Ø24.9mm
 -Пораст по зубу: 0.063mm
 -Корак: 12mm
 -Грудни угао: 18°
 -Дубина међузубља: Ø15 константно језгро, (дубина се мења од зуба до зуба)



Слика 5.4. Шема резања 2
 провлакача у сету

I провлакач (пример 4)
II провлакач (пример 5)

- Одређивање силе провлачења:

$$F_{max} = C_p \cdot S_{zx} \cdot b \cdot n \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]}$$

$$C_p = 315;$$

$$S_{zx} = \left(\frac{0.063}{2} \right)^{0.85} = 0.053;$$

$$b = 4.2 \text{ mm}$$

$$n = 6$$

$$z_{max} = \frac{70}{12} + 1 = 5.83 + 1 = 6$$

$$k_y = 0.85; k_c = 1; k_u = 1$$

$$F_{max} = 315 \cdot 0.053 \cdot 4.2 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 0.85 \cdot 1 \cdot 1 = 2145.641 \text{ kg} = 2.146 \text{ t}$$

Измерена сила провлачења на проби: $F \approx 1.9 \text{ t}$

- Провера напрезања на критичним пресецима:

$$\text{На првом зубу: } \sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1}$$

$$A_1 = \left(\frac{15}{2}\right)^2 \times \pi = 176.715 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{2145.641}{176.715} = 12.142 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{На вучном делу: } \sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x}$$

$$A_x = \left(\frac{15}{2}\right)^2 \times \pi = 176.715 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{2145.641}{176.715} = 12.142 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

5.1.5 Пример 5

- Подаци о радном комаду:

-Дужина провлачења: 70mm

-Материјал радног комада: 40Н13 (нерђајући челик)

-Отвор пре провлачења: Ø21Н11mm

- Конструктивни подаци о провлакачу:

-Тип провлакача: жлебасти (2. у гарнитури)

-Број жлебова: 6

-Ширина жлеба: 5.06mm (CAD), радна зона је $5.06 - 4.2 = 0.86 \text{ mm}$, види *слику 6.1.*

-Број режућих зуба: 45

-Број калибрирајућих зуба: 6

-Вучни део: Ø20 (врат Ø15)

-Пречник првог зуба: Ø21mm

-Пречник калибрирајућег зуба: Ø24.9mm

-Пораст по зубу: 0.087mm

-Корак: 12mm

-Грудни угао: 18°

-Дубина међузубља: Ø15 константно језгро, (дубина се мења од зуба до зуба)

- Одређивање силе провлачења:

$$F_{ma} = C_p \cdot S_z x \cdot b \cdot n \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]}$$

$$C_p = 315;$$

$$S_z x = \left(\frac{0.087}{2}\right)^{0.85} = 0.125;$$

$$b = 0.86 \text{ mm}$$

$$n = 6$$

$$z_{max} = \frac{70}{12} + 1 = 5.83 + 1 = 6$$

$$k_y = 0.85; k_c = 1; k_u = 1$$

$$F_{max} = 315 \cdot 0.125 \cdot 0.86 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 0.85 \cdot 1 \cdot 1 = 1036.1925 \text{ kg} = 1.036 \text{ t}$$

Измерена сила провлачења на проби: $F \approx 1 \text{ t}$

- Провера напрезања на критичним пресецима:

$$\text{На првом зубу: } \sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1}$$

$$A_1 = \left(\frac{15}{2}\right)^2 \times \pi = 176.715 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{1036.1925}{176.715} = 5.864 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{На вучном делу: } \sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x}$$

$$A_x = \left(\frac{15}{2}\right)^2 \times \pi = 176.715 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{1036.1925}{176.715} = 5.864 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

5.1.6 Пример 6

- Подаци о радном комаду:

-Дужина провлачења: 36mm

-Материјал радног комада: C56E2 (1.1219)

-Отвор пре провлачења: Ø22.2H8mm

- Конструктивни подаци о провлакачу:

-Тип провлакача: еволвентни

-Број жлебова: 28

-Ширина жлеба: 2.146mm (CAD)

-Број режућих зуба: 48

-Број калибрирајућих зуба: 5

-Вучни део: J20 DIN1417 (врат Ø15)

-Пречник првог зуба: Ø22.2mm

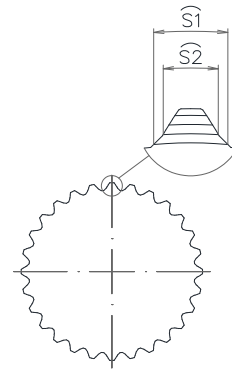
-Пречник калибрирајућег зуба: Ø24.21mm

-Пораст по зубу: 0.042mm

-Корак: 9mm

-Грудни угао: 18°

-Дубина међузубља: 3.2mm



Слика 5.5. Шема резања на примеру 6

- Одређивање силе провлачења:

$$F_{max} = C_p \cdot S_z x \cdot b \cdot n \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]}$$

$$C_p = 284;$$

$$S_z x = \left(\frac{0.042}{2} \right)^{0.85} = 0.037;$$

$$b = 2.146 \text{ mm}$$

$$n = 28$$

$$z_{max} = \frac{36}{9} + 1 = 4 + 1 = 5$$

$$k_y = 0.85; k_c = 1; k_u = 1$$

$$F_{max} = 284 \cdot 0.037 \cdot 2.146 \cdot 28 \cdot 5 \cdot 0.85 \cdot 1 \cdot 1 = 2683.47 \text{ kg} = 2.683 \text{ t}$$

Измерена сила провлачења на проби: $F \approx 2.2t$

- Провера напрезања на критичним пресецима:

На првом зубу: $\sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1}$

$$A_1 = \left(\frac{22.2 - (3.2 + 3.2)}{2} \right)^2 \times \pi = 196.066 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{2683.47}{196.066} = 13.687 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

На вучном делу: $\sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x}$

$$A_x = \left(\frac{15}{2} \right)^2 \times \pi = 176.715 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{2683.47}{176.715} = 15.185 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

5.1.7 Пример 7

- Подаци о радном комаду:

-Дужина провлачења: 38mm

-Материјал радног комада: 36CrNiMo8

-Отвор пре провлачења: Ø29.8H8mm

- Конструктивни подаци о провлакачу:

-Тип провлакача: еволвентни

-Број жлебова: 30

-Ширина жлеба: 2.732mm (CAD)

-Број режућих зуба: 33

-Број калибрајућих зуба: 4

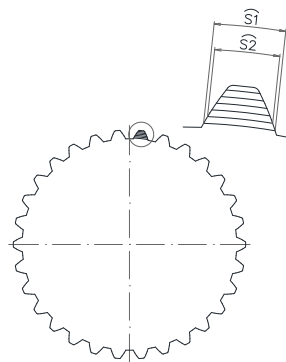
-Вучни део: K20 DIN1417 (врат Ø15)

-Пречник првог зуба: Ø29.8mm

-Пречник калибрајућег зуба: Ø31.9mm

-Пораст по зубу: 0.064mm

-Корак: 10mm



Слика 5.6. Шема резања на примеру 7

-Грудни угао: 15°

-Дубина међузубља: 3.6mm

- Одређивање силе провлачења:

$$F_{max} = C_p \cdot S_{zx} \cdot b \cdot n \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]}$$

$$C_p = 315;$$

$$S_{zx} = \left(\frac{0.064}{2} \right)^{0.85} = 0.054;$$

$$b = 2.732 \text{ mm}$$

$$n = 30$$

$$z_{max} = \frac{38}{10} + 1 = 3.8 + 1 = 4$$

$$k_y = 0.93; k_c = 1; k_u = 1$$

$$F_{max} = 315 \cdot 0.054 \cdot 2.732 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 0.93 \cdot 1 \cdot 1 = 5186.199 \text{ kg} = 5.186 \text{ t}$$

Измерена сила провлачења на проби: $F \approx 4.2 \text{ t}$

- Провера напрезања на критичним пресецима:

$$\text{На првом зубу: } \sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1}$$

$$A_1 = \left(\frac{29.8 - (3.6 + 3.6)}{2} \right)^2 \times \pi = 401.15 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{5186.199}{401.15} = 12.928 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{На вучном делу: } \sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x}$$

$$A_x = \left(\frac{15}{2} \right)^2 \times \pi = 176.715 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{5186.199}{176.715} = 29.348 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

5.1.8 Пример 8

- Подаци о радном комаду:

-Дужина провлачења: 24mm

-Материјал радног комада: 15CrMo4

-Отвор пре провлачења: $\varnothing 23.3^{0.1}\text{mm}$

- Конструктивни подаци о провлакачу:

-Тип провлакача: округли

-Број жлебова: /

-Ширина жлеба: /

-Број режућих зуба: 25

-Број калибрирајућих зуба: 5

-Вучни део: J18 DIN1417 (врат $\varnothing 11.5$)

-Пречник првог зуба: $\varnothing 23.3\text{mm}$

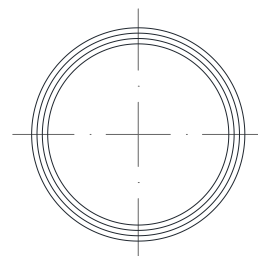
-Пречник калибрирајућег зуба: $\varnothing 23.86\text{mm}$

-Пораст по зубу: 0.022mm

-Корак: 7mm

-Грудни угао: 15°

-Дубина међузубља: 2.5mm



Слика 5.7. Шема резања на примеру 8

- Одређивање силе провлачења:

$$F_{max} = C_p \cdot S_z x \cdot D \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]}$$

$$C_p = 1000;$$

$$S_z x = \left(\frac{0.022}{2} \right)^{0.85} = 0.022;$$

$$D = \varnothing 23.86\text{mm}$$

$$z_{max} = \frac{24}{7} + 1 = 3.43 + 1 = 4$$

$$k_y = 0.93; k_c = 1; k_u = 1$$

$$F_{max} = 1000 \cdot 0.022 \cdot 23.86 \cdot 4 \cdot 0.93 \cdot 1 \cdot 1 = 1952.702 \text{ kg} = 1.953\text{t}$$

Измерена сила провлачења на проби: $F \approx 1.6\text{t}$

- Провера напрезања на критичним пресецима:

$$\text{На првом зубу: } \sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1}$$

$$A_1 = \left(\frac{23.3 - (2.5 + 2.5)}{2} \right)^2 \times \pi = 263.022 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{1952.702}{263.022} = 7.42 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

На вучном делу: $\sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x}$

$$A_x = \left(\frac{11.5}{2} \right)^2 \times \pi = 103.869 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{1952.702}{103.869} = 18.8 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

5.1.9 Пример 9

- Подаци о радном комаду:

-Дужина провлачења: 22mm

-Материјал радног комада: 42CrMo4

-Отвор пре провлачења: Ø35.9H7mm

- Конструктивни подаци о провлакачу:

-Тип провлакача: еволвентни

-Број жлебова: 36

-Ширина жлеба: 2.436mm (CAD)

-Број режућих зуба: 44

-Број калибрирајућих зуба: 6

-Вучни део: K32 DIN1417 (врат Ø24)

-Пречник првог зуба: Ø35.9mm

-Пречник калибрирајућег зуба: Ø38.02mm

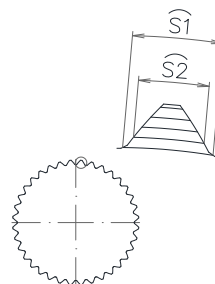
-Пораст по зубу: 0.048mm

-Корак: 7mm

-Грудни угао: 15°

-Дубина међузубља: 2.5mm

- Одређивање силе провлачења:



Слика 5.8. Шема резања на примеру 9

$$F_{max} = C_p \cdot S_z x \cdot b \cdot n \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]}$$

$$C_p = 315;$$

$$S_z x = \left(\frac{0.048}{2} \right)^{0.85} = 0.042;$$

$$b = 2.436 \text{ mm}$$

$$z_{max} = \frac{22}{7} + 1 = 3.14 + 1 = 4$$

$$k_y = 0.93; k_c = 1; k_u = 1$$

$$F_{max} = 315 \cdot 0.042 \cdot 2.436 \cdot 36 \cdot 4 \cdot 0.93 \cdot 1 \cdot 1 = 4316.011 \text{ kg} = 4.316 \text{ t}$$

Измерена сила провлачења на проби: $F \approx 3.6 \text{ t}$

- Провера напрезања на критичним пресецима:

$$\text{На првом зубу: } \sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1}$$

$$A_1 = \left(\frac{35.9 - (2.5 + 2.5)}{2} \right)^2 \times \pi = 749.906 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{4316.011}{749.906} = 5.76 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{На вучном делу: } \sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x}$$

$$A_x = \left(\frac{24}{2} \right)^2 \times \pi = 452.389 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{4316.011}{452.389} = 9.54 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

5.1.10 Пример 10

- Подаци о радном комаду:

-Дужина провлачења: 15mm

-Материјал радног комада: C35 (850-1050 N/mm²)

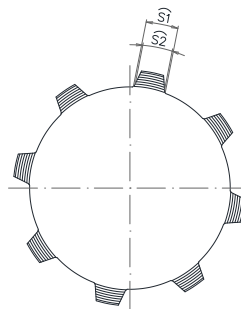
-Отвор пре провлачења: Ø84.85^{+0.1}mm

- Конструктивни подаци о провлакачу:

-Тип провлакача: троугласти

-Број жлебова: 8

- Ширина жлеба: 14.1mm (CAD)
- Број режућих зуба: 148
- Број калибрајућих зуба: 4
- Вучни део: K40 DIN1417 (врат Ø30)
- Пречник првог зуба: Ø84.89mm
- Пречник калибрајућег зуба: Ø98.475mm
- Пораст по зубу: 0.092mm
- Корак: 8mm
- Грудни угао: 15°
- Дубина међузубља: 2.8mm



Слика 5.9. Шема резања на примеру 10

- Одређивање силе провлачења:

$$F_{max} = C_p \cdot S_{zx} \cdot b \cdot n \cdot z_{max} \cdot k_y \cdot k_c \cdot k_u \text{ [kg]}$$

$$C_p = 284;$$

$$S_{zx} = \left(\frac{0.092}{2} \right)^{0.85} = 0.073;$$

$$b = 14.1 \text{ mm}$$

$$z_{max} = \frac{15}{8} + 1 = 1.875 + 1 = 2$$

$$k_y = 0.93; k_c = 1; k_u = 1$$

$$F_{max} = 284 \cdot 0.073 \cdot 14.1 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0.93 \cdot 1 \cdot 1 = 4349.739 \text{ kg} = 4.35 \text{ t}$$

Измерена сила провлачења на проби: $F \approx 3.8 \text{ t}$

- Провера напрезања на критичним пресецима:

$$\text{На првом зубу: } \sigma_1 = \frac{F_{max}}{A_1}$$

$$A_1 = \left(\frac{84.89 + (2.8 + 2.8)}{2} \right)^2 \times \pi = 4937.723 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{4349.739}{4937.723} = 0.88 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{На вучном делу: } \sigma_x = \frac{F_{max}}{A_x}$$

$$A_x = \left(\frac{30}{2} \right)^2 \times \pi = 706.858 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_x = \frac{4349.739}{706.858} = 6.154 \text{ kg/mm}^2 < K_z = 35 \text{ kg/mm}^2$$

5.2 Анализа резултата прорачунате и измерене вучне силе провлачења

У предходним примерима се може приметити да је прорачуната сила Климовом методом нешто већа од стварне силе која је забележена на провлачењу. Искусвени подаци говоре да је та разлика око 20-30%. Предпоставка је да је кроз коефицијент S_p који се усваја табеларно урачунат сигурносни фактор. Поређења ради, прорачуната сила Форстовом методом је идентична добијеној сили на провлачењу али се та прорачуната сила приликом рачунања напрезања множи сигурносним фактором $1.25 \div 1.4$ и тада је та сила приближна сили добијеној Климовом методом.^[2]

Анализом примера биће поменуто који су то још фактори који утичу на умањење стварне силе, односно додатни фактори због којих се јавља разлика у прорачунатој и оствареној сили.

Један од тих фактора је свакако ширина резне зоне зубаца (на примерима S_1 и S_2). Примера ради, код класичних жлебастих игала, *пример 1*, *пример 4* и *пример 5*, ширина резне зоне је константна, тј. иста је од првог до задњег зуба и то значи да ће сила на проби бити константна. Код провлакача са еволвентним, троугластим и специјалним профилима, *пример 2*, *пример 3*, *пример 6*, *пример 7*, *пример 9* и *пример 10*, ширина резне зоне појављује се као променљива величина, смањује се идући од првог ка задњем зубу, и то ће значити да ће се сила на проби постепено умањивати, односно неће бити константна.^[1] Када се прорачунава сила усваја се ширина резне зоне само за одређени зуб, у примерима 1. зуб који је и најшири, а занемарујемо ширине резних зона другог, трећег четвртог зуба, ако је нпр. 4 зуба у захвату, $S_1 > S_2 > S_3 > S_4$. Сума свих ширина резних зона зуба који су у захвату биће нешто мања од усвојене, а то ће значити да ће се јавити додатна разлика између прорачунске и стварне силе.

Други фактор који утиче на умањење стварне силе, а не узима се у обзир приликом прорачунавања су ломачи струготине. Улога ломача је да умање ширину резне зоне зубаца, а то значи да директно утичу на стварну силу провлачења. На *примеру 8* дужина резне зоне је обим зуба, ломачи у овом случају деле резну зону на више једнаких сегмената што умањује стварну силу на провлачењу. На осталим примерима чија је резна зона шири од 4mm налазе се ломачи.

Трећи битан фактор је нека од превлака, TiN, TiCN, ALCRONA, чија је улога да умање трење које се јавља у зони контакта алата и радног комада, што такође утиче на стварну силу провлачења.

Тачност стварне силе провлачења у великој мери зависи од стања провлакачице тј. стања клизних површина, вођица, хидрауличног система и итд.

Приликом конструисања провлакача, односно прорачунавања највеће дозвољене силе провлачења конструктор води рачуна да та сила не буде већа од силе коју може да издржи усвојени вучни део. Вредности сила предвиђених за одређени вучни део могу се видети у (*табели 5.4*). На смањење силе директно се може утицати смањењем

пораста од зуба до зуба или смањењем броја зуба који су у захвату, односно повећању корака.^[1]

Табела 5.4. Вредности максималних дозвољених сила ^[6]

Вучни део, Ø, mm	макс. сила, N
4	1 600
4.5	2 000
5	2 500
5.5	3 200
6	4 000
7	5 000
8	6 300
9	8 000
10	10 000
11	12 000
12	16 000
14	20 000
16	25 000
18	32 000
20	40 000
22	50 000
25	63 000
28	80 000
32	100 000
36	120 000
40	160 000
45	200 000
50	250 000
56	320 000
63	400 000
70	500 000
80	630 000
90	800 000
100	1000 000

*1kg= 9.80665N

6. Закључак

Циљ овог рада био је да представи савремене системе у производном процесу провлакача које се користе у фирми „Unior Components”, при чему је неопходно било направити осврт на сам резни алат, основну поделу, његову функцију, примену, материјале од којих се израђује, конструктивне елементе, геометрију итд. Знајући да се провлакачи претежно користе у серијској производњи у индустрији као што је ауто и авио, потреба за развијањем и побољшањем ових алата је неопходна. Простора за развој има у погледу избора материјала од којих се алат израђује. Брзорезни челици су још увек примарни материјали који се највише користе за производњу ових алата, али због сталног развоја индустрије неопходно је примењивати новије, савременије материјале, материјале добијене АСП технолијама као и тврди метал.

Применом савремених материјала неопходно је и саму технологију израде провлакача константно унапређивати. Примера ради, раније су се зуби искључиво израђивали на операцијама пре термичке обраде, глодањем стругањем. Данас се зуби израђују након термичке обраде на савременим оштрилицама применом савремених алата, тоцила, који односе велику количину материјала у пролазу, побољшавају и убзавају процес израде. Даље усавршавање технологије заснива се на константном праћењу процеса производње, прикупљању информација, едукацији, примени нових алата.

Применом савремених машина добија се на квалитету израде и брзини. Савремене машине захтевају коришћење савремених алата, ЦБН тоцила, који омогућавају брзо скидање и одношење вишка материјала, финих тоцила ситне гранулације који обезбеђују квалитет обрађене површине, посебна средства за хлађење и подмазивање (уља) која нису склона самозапаљивању јер се при процесима резања генерише висока температура у зони контакта алата и радног комада. Савремене машине се одликују високим брзинама главних и помоћних кретања, високим бројем обртаја вретена, све у циљу убрзавања и побољшања производње. Управљање овим машинама је знатно поједностављено. Заснива се на циклусном програмирању тако да је грешка оператера сведена на минимум. Процес производње провлакача спада у групу појединачне производње. Раније је велику улогу имао оператер, односно процес је зависио од његовог умећа и стручности. Увођењем савремених обрадних система покушава се елиминисати утицај људског фактора, тј. на неки начин преводити се појединачна производња у вид серијске.

Уз савремени парк који фирма поседује као недостатак се може навести брусилца за округло брушење. Куповина брусилце за округло брушење је у плану, са њом ће се свакако добити на квалитету израде округлих провлакача, пре свега мислећи на квалитет леђне површине и равномерног пораста од зуба до зупца који је изузетно важан за остваривање високих класа на радном комаду који се провлачи.

Што се тиче пробе или тестирања произведених провлакача, она се врши на провлакачици „Varinelli”. Истина, провлакачица је старије генерације али је у завидном стању. Можда као једна од следећих инвестиција фирме би требало бити и провлакачица новије генерације јер је тестирање провлакача једнако важно као и сама производња истог. Без правог и валидног резултата провлачења нема ни јасног показатеља проблема, па тако ни побољшања производа (провлакача).

Овим радом је обухваћена проба провлакача односно ипитување у циљу одређивања силе провлачења и упоређивању исте са прорачуном вредношћу. На већини примера је та сила процентуално гледано од 20÷30% мања од прорачунате. Код неких примера је та разлика већа, код неких примера је мања. Генерално главни разлог је што Климов прорачун има висок степен сигурности који за циљ има да обезбеди алат од пренапрезања где на критичном пресеку може доћи до кидања. Критични пресек на провлакачу је врат на вучном делу и зона испред првог зуба. На примерима где се јавља нешто већа разлика у силама на проби и прорачунатим вредностима утичу фактори као што су константност ширине резне зоне зубаца који се налазе у спрези, ломачи, нека од превлака. На примерима где је приближнија вредност стварне и прорачунате силе нема утицаја предходно поменутих фактора, бар не свих.

Климов прорачун је школски пример прорачунавања силе провлачења и напрезања на критичним зонама. На њему се могу увидети сви параметри који су неопходни за прорачун силе провлачења и који директно утичу на њу што је био и циљ у овом раду. Одређивање силе провлачења се може вршити и Форстовом методом где се добијају силе приближније стварним вредностима. Тек при прорачунавању напрезања се вредност силе множи сигурносним фактором 1.25÷1.4 и након тога добијене вредности овом методом и методом Климова имају сличне вредности.

Овај рад је имао за циљ да читаоца уведе у „свет провлакача“, информисе га о основама овог резног алата. Да се кроз описану технологију израде и примену савремених система роди идеја за даљи развитак и унапређење алата како би се задовољили све строжији захтеви индустрије у погледу тачности и квалитета.

7. Литература

- [1]- Приручника за конструкторе резног алата (провлакача), В.И. Климов
- [2]- Forst handbook hints of broaching, Oswald Forst, Solingen, January 1962.
- [3]- Специјални челици, др. сц. Стјепан Кожух, доц. Металуршки факултет у Загребу, Сисак, 2010.
- [4]- Савремени обрадни системи (провлачење), скрипта, др. Бранко Тадић, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу.
- [5]- Производне технологије, Обрада метала резањем, др. Богдан Недић-редовни професор, др. Миодраг Лазић-редовни професор, Машински факултет, Крагујевац, 2007.
- [6]- Hoffmann Räumpraxis, Hoffmann broaching practice, Kurt Hoffmann, Pforzheim, 1976.
- [7]- Principles of modern grinding technology, W.Brian Rowe, Oxford, Burlington, 2009.
- [8]- <https://www.1stmachineryauctions.com/lots/doosan-puma-400l-heavy-duty-cnc-lathe>, приступљено 26.02.2020.
- [9]- <https://www.percymartin.co.uk/used-machine-tools/cnc-lathes/doosan-puma-280l-2009-245>, приступљено 26.02.2020.
- [10]- <https://www.machinetools.com/en/models/doosan-vm-750l>, приступљено 15.03.2020.
- [11]- Техничка документација и упутство за управљање машинским стројем- Tacchella, Novum- Кикинда, 2012.
- [12]- Техничка документација и упутство за управљање машинским стројем- Наро, Novum- Кикинда, 2014.
- [13]- <https://www.directindustry.com/prod/j-schneeberger-maschinen-ag/product-24636-60409.html>, приступљено 20.03.2020.
- [14]- <https://www.toolpost.co.uk/sharpening/dry-sharpening-hs-grinder-systems/grinding-wheels/cbn-wheels>, приступљено 20.03.2020
- [15]- <https://www.sodick.org/products/precision-wire-edm/aq750l-premium.html>, приступљено 25.03.2020
- [16]- Упутство за управљање машинским стројем, ELB micro cut, Немачка, 2005.
- [17]- Упутство за управљање машинским стројем, Reform, Немачка, 2015.
- [18]- Упутство за управљање машинским стројем, СМП, Француска, 2019.
- [19]- <http://www.smoc.fr/>, приступљено 26.05.2020.
- [20]- <https://www.karl-klink.de/>, приступљено 26.05.2020.

- [21]- <https://www.august-berghaus.de/en/>, приступљено 15.06.2020.
- [22]- http://www.mitsubishicarbide.com/en/magazine/article/vol06/tec_vol06, приступљено 30.5.2020.
- [23]- https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-20617-7_6686, приступљено 30.5.2020.