

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Никола Д. Десивојевић

**Примена савремених технологија обраде и
резних алата у аутомобилској индустрији**

завршни рад

Крагујевац, 2019.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 115/2016

Никола Д. Десивојевић

**Примена савремених технологија обраде и
резних алата у аутомобилској индустрији
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

Датум одбране: _____

1. Др Богдан Недић, ред. проф., ментор

Оцена: _____

2. _____

3. _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**
Студијско подручје: **Производно машинство**
Име и презиме: **Никола Десивојевић**
Број индекса: **115/2016**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **Примена савремених технологија обраде и резних алата у аутомобилској индустрији**

Задатак: У оквиру завршног рада потребно је да кандидат прикупи и изврши систематизацију података о обрадним системима и технологијама обраде које се користе за израду делова у аутомобилској индустрији. Потребно је за изабране делове дефинисати технолошке поступке и изабрати савремене резне алате.

Завршни рад требадасдржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Основне карактеристике машина у аутомобилској индустрији,
3. Примери делова који се производе обрадом резањем,
4. Технолошки поступци за израду изабраних делова,
5. Савремени резни алати за обраду изабраних делова,
6. Закључци,
7. Литература.

Ментор:

Крагујевац, 13.05.2019.

Др Богдан Недић, редовни професор

Никола Десивојевић 115/2016

Резиме рада

У оквиру овог завршног рада извршена је анализа и истраживање у вези саврмених машина за обраду резањем и савремених резних алата који се примењују у аутомобилској индустрији. Уводним разматрањем је представљен историјски развој аутомобилске индустрије, као и узрок потребе за развојем савремених машина и резних алата који су неопходни да би се остварила масовна производња делова аутомобила. У оквиру друге тачке приказане су карактеристике машина у аутомобилској индустрији, њихова модернизација и увођење CNC технологија. Трећа тачка се односи на примере аутомобилских делова који се производе обрадом резањем, њихова подела у опште категорије, као и значај постизања квалитета тих делова за основне функције аутомобила. У четвртој тачки представљен је технолошки поступак израде изабраних аутомобилских делова по операцијама, уз наведене резне алате који се користе при обради. Пета тачка говори о савременим резним алатима који се користе за производњу аутомобилских делова, истраживање у вези алата, као и анализа њихових карактеристика, материјала итд.

Кључне речи

Аутомобилска индустрија, резни алати, измењиве плочице, CNC технологије, машине, обрада резањем.

Summary of work

Within this paper analysis and research were made about modern cutting machines and modern cutting tools which can be used in car industry. At the beginning of the paper was presented historical development of car industry, as well as the cause that can be used for development of modern machines and cutting tools so that mass production of car parts can be accomplished. Within the second part of the paper characteristics of machines in the car industry were shown, there modernization and introduction of CNC technology. Within the third part of the paper we are talking about examples of car parts that are made by process of cutting, there division in the general categories as well as the significance of the quality of that parts for basic function of the car. Within the fourth part of the paper it was shown technological process of selected car parts by there operations, with the cutting tools earlier mentioned that are used in the processing. Within the fifth and the final part of the paper, we are talking about modern cutting tools that can be used for production of car parts, there research, as well as the analysis of there characteristics, materials etc.

Key words

Car industry, cutting tools, cutting inserts, CNC technologies, machines, cutting.

Садржај:

1. Уводна разматрања	1
2. Основне карактеристике машина у аутомобилској индустрији	9
2.1 Производне линије	9
2.2 CNC машине и технологије	10
2.3 Подела примењених CNC машина	12
3. Примери делова који се производе обрадом резањем	15
3.1 Значај обраде резањем	15
3.2 Мерење и контрола делова	15
3.3 Опште категорије делова који се израђују обрадом резањем	17
3.4 Израда зупчаника	19
3.5 Израда пресерских алата и алата за бризгање пластике	20
3.6 Примена обраде резањем у фази развоја новог аутомобила	21
4. Технолошки поступци за израду изабраних делова	23
4.1 Технолошки поступак	23
4.2 Израда блока мотора	24
4.3 Израда клипњаче	28
4.4 Израда коленастог вратила	34
4.5 Израда брегасте осовине	35
4.6 Израда главе клипа	36
4.7 Израда држача, односно капа лежајева	37

4.8 Обрада кућишта трансмисије	38
4.9 Обрада рукавца точка	39
4.10 Обрада кочионе шапе	40
4.11 Обрада фелне	41
5. Савремени резни алати за обраду изабраних делова	42
5.1 Corun Holding DOO	42
5.2 Измењиве резне плочице	43
5.3 Sandvik Coromant	45
5.4 Алати за обраду блока мотора	47
5.5 Моделирање измењиве плочице	48
5.6 Моделирање глодачке главе	49
6. Закључци	50
7. Литература	51

Попис слика:

Слика 1 Прво моторно возило у свету, Бенц трицикл из 1885.године[1].....	1
Слика 2 Форд модел Т из 1908. године[1].....	2
Слика 3 Илустрација неких поступака обраде резањем[2].....	3
Слика 4 Поступци обраде метала резањем[2].....	4
Слика 5 HAAS обрадни центар EC 400[3].....	5
Слика 6 Изложени алати у фабрици Corin Holding DOO.....	6
Слика 7 Неке од геометрија глодала за 3D глодање[4].....	7
Слика 8 Аутомобил BMW серије 8 гран купе[5].....	7
Слика 9 Обрада бушењем блока мотора[6].....	9
Слика 10 Аутомобил FIAT 500L[7].....	11
Слика 11 FANUC роботске технологије у аутомобилској индустрији[8].....	12
Слика 12 Разне конфигурације кружне CNC машине у аутомобилској индустрији произвођача Automation Tooling Systems[9].....	13
Слика 13 Приказ кружне CNC машине са више глава произвођача Kaufmann[9].....	14
Слика 14 HEXAGON Global S координатна нумричка мерна машина[10].....	16
Слика 15 Напредна технологија сензорског мерења сензорима GOM Atos 5X[11].....	16
Слика 16 Компоненте мотора које се израђују обрадом резањем[17].....	17
Слика 17 Аутомобилски делови који се обрађују резањем[17].....	18
Слика 18 Израда зупчаника на петоосној глодалици[12].....	19
Слика 19 Пресерски алати и алати за бризгање пластике у аутомобилској индустрији[13].....	20
Слика 20 CNC израда макете новог аутомобила од индустријског пластелина- пластицина[14].....	22
Слика 21 CNC 5D машина Таурус[14].....	22
Слика 22 Израда блока мотора на петоосној CNC глодалици[15].....	24

Слика 23 Технолошки поступак израде блока мотора[17].....	26
Слика 24 Поступак симулације машинирања блока мотора на петоосној глодалици у софтверу CATIAV5R21	28
Слика 25 Завршна обрада страница већег пречника клипњаче глодањем[17].....	30
Слика 26 Обрада површина за завртањ глодањем[17].....	30
Слика 27 Бушење пролазне рупе за завртањ[17]	31
Слика 28 Расецање већег пречника клипњаче[17].....	31
Слика 29 Обрада глодањем пресечених површина[17].....	32
Слика 30 Урезивање навоја[17].....	32
Слика 31 Бушење мањег отвора клипњаче на пред меру, а затим глодање[17].....	33
Слика 32 Бушење отвора за уравнотежавање клипњаче[17].....	33
Слика 33 Израда коленастог вратила обрадом резањем[17].....	34
Слика 34 Израда брегасте осовине обрадом резањем[17].....	35
Слика 35 Израда главе клипа обрадом резањем[17].....	36
Слика 36 Израда држача лежајева обрадом резањем[17].....	37
Слика 37 Израда кућишта трансмисије обрадом резањем[17].....	38
Слика 38 Обрада рукавца точка резањем[17].....	39
Слика 39 Обрада резањем кочионе шапе[17].....	40
Слика 40 Обрада фелне резањем[17].....	41
Слика 41 Глодачки алати фирме Corun Holding DOO[18].....	42
Слика 42 Микроструктура измењиве резне плочице.....	44
Слика 43 3D модел измењиве резне плочице[18].....	44
Слика 44 SANDVIK Coromant алати [19].....	45
Слика 45 Неки типови глодачких глава компаније SANDVIK Coromant[19].....	45
Слика 46 Сругарски ножеве компаније SANDVIK Coromant[19].....	46
Слика 47 Алати за бушење компаније SANDVIK Coromant[19].....	46

Слика 48 Глодачка глава CHD-R245-050A22-05, Corun[18].....	47
Слика 49 Измоделирана измњива резна плочица.....	48
Слика 50 Измоделирана глодачка глава пречника 100mm, са 6 измењивих резних Плочица.....	49

1. Уводна разматрања

Први аутомобил настао је у 18. веку, према писаним подацима и то као возило које је покретано парном машином. Ова возила могла су превозити 4 путника и достићи максималну брзину од 9km/h. Међутим, настанак првог аутомобила се ипак везује тек након настанка ото мотора. Настанком ото мотора, настао је и први аутомобил 1885. године (слика 1)[1].



Слика 1 Прво моторно возило у свету, Бенц трицикл из 1885. године[1]

Аутомобили су на самом почетку били прескупи, и нису били доступни свима. Могли су да их поседују само високи чланови друштва, имућни људи и државни службеници. Ово се изменило 1908. године када је први пут произведен ауто марке *Ford*. Тај аутомобил је био приступачан знатно већем броју људи, због цене коштања. Значајно је напоменути да се аутомобил *Ford T* из 1908. године (слика 2) први производио на производним тракама, што је скратило време израде и драстично утицало на цену. Модел *Ford T* био је симбол индустријализације и модернизације, чиме се успео савладати проблем индустријске производње једног сложеног производа у масовним количинама. *Ford T* је према историчарима и стручњацима један од најутицајнијих аутомобила 20. века, изнад *Mini Morisa*, *Citroena DS* и *Volkswagena Tipa 1*. Са 16,5 милиона продатих примерака, налази се у 10 најпродаванијих аутомобила свих времена[1].

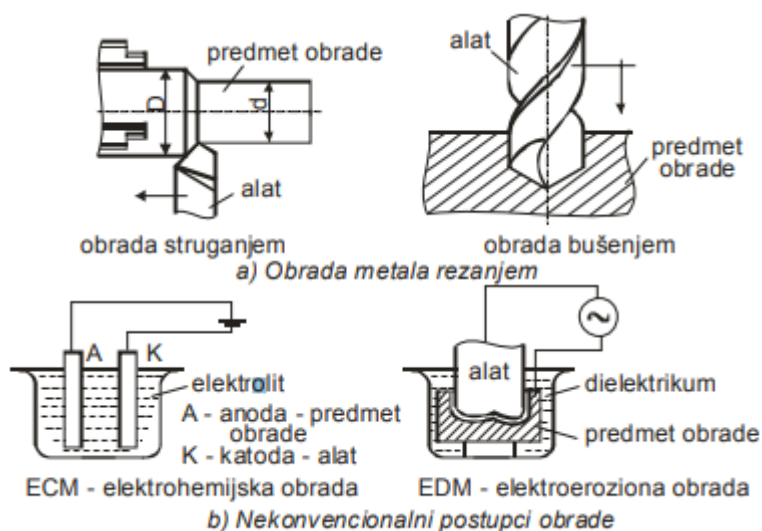


Слика 2 Форд модел Т из 1908. године[1]

Временом, аутомобили почињу да се производе у све већем броју, од стране све више различитих произвођача (*Rolls-Royce, Fiat, Peugeot*). Аутомобилска индустрија почиње да се развија енормном брзином, улагања у ту грану индустрије била су огромна. Због нестабилног времена, аутомобилска индустрија је у великој мери производила аутомобиле и војна возила за потребе војне индустрије. Широм света настају фабрике аутомобила које су морале да се изборе са огромном потражњом возила, што за цивилне потребе, што за војску. Произвођачи аутомобила се на овај начин нагло богате и развијају, тако да су у данашњем времену скоро све те фабрике опстале као корпорације и гиганти, и раде на развоју и производњи савремених аутомобила, док је аутомобилска индустрија постала највећа светска индустрија. Потражња за аутомобилима је огромна, јер су нови аутомобили приступачни великом броју људи.

Аутомобилска индустрија обухвата пројектовање, развој, производњу, маркетинг и продају моторних возила и представља највећу светску индустрију, у погледу броја произведених делова, обрта новца, увођења најновијих технологија и многих других фактора. То доказује податак да је у 2017. години само *Volkswagen* група произвела 10,74 милиона возила, затим група *Renault-Nissan-Mitsubishi* 10,6 милиона. Захтви аутомобилске индустрије су нагло порасли: лакша возила, широк опсег модела и врхунски квалитет траже се на тржиштима целог света.

Са све већим захтевима аутомобилске индустрије, стварају се све већи изазови за поступке обраде резањем. Обрада метала резањем (стругање, бушење, глодање...) је поступак обликовања уклањањем вишка материјала механичким путем алатима најчешће знатно веће тврдоће од тврдоће материјала предмета обраде. Поред поменутих конвенционалних метода обраде резањем постоје и неконвенционалне методе, као што су електроерозна обрада – EDM, електрохемијска обрада – ECM, ласерска обрада, итд (слика3)[2].



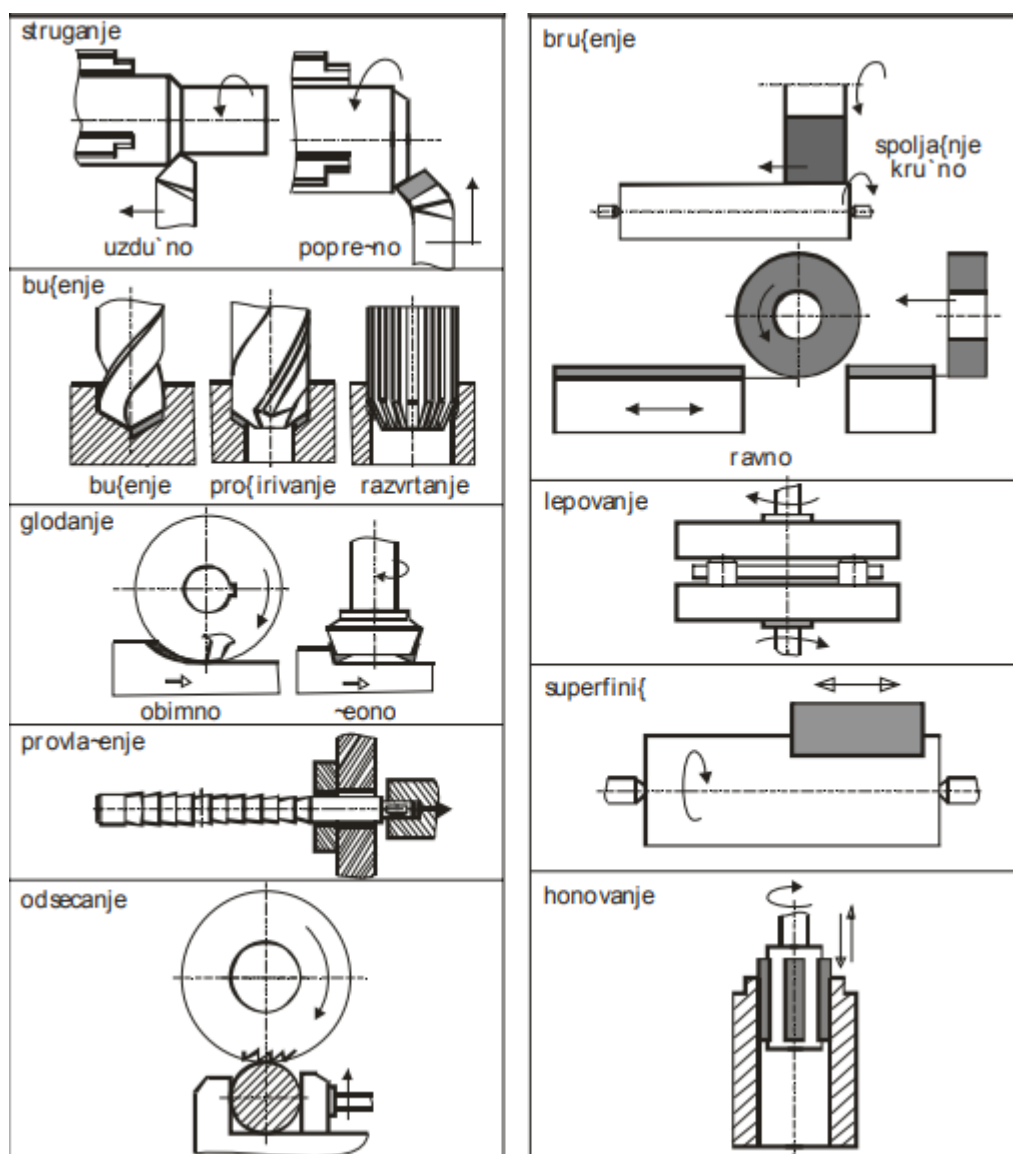
Слика 3 Илустрација неких поступака обраде резањем[2]

Поступци обраде резањем најчешће се разврставају на:

- Поступке претходне – грубе обраде
- Поступке завршне – фине обраде

Поступци претходне обраде (стругање, бушење, глодање, рендисање...) имају за циљ да уклоне што већу количину материјала (слика 4)[2].

Поступцима завршне обраде (развртање, провлачење, брушење, хоновање, леповање...) сеостварају се захтевани квалитет обраде (тачност и квалитет обрађене површине) (слика 4)[2].



Слика 4/Поступци обраде метала резањем[2]

Поступци обраде метала резањем се разврставају и према облику обрађиваног дела на поступке:

- обрада ротационих делова (осовине, вратила...),
- обрада призматичних површина (кућишта, блокови мотора...),
- израде навоја (спољашњег, унутрашњег...),
- израде зупчаика (цилиндричних, коничних...),
- израде ожљебљених вратила...

Брз и захтеван развој аутомобилске индустрије прати и брз развој машина и алата који се користе за производњу делова. Све захтевнији дизајн аутомобила, као и потреба за квалитетнијим и прецизнијим деловима поставља велики изазов када је у питању производња делова обрадом резањем. Тако се развијају нови концепти машина са високим степеном аутоматизације чији развој прати и развој резног алата, у погледу материјала, пресвлака, и геометрије. У опште категорије производа где је заступљна обрада резањем спадају компоненте мотора, компоненте трансмисије и управљања, осовине и преносни елементи (диференцијал), компоненте система за заустављање возила као и елементи склопа точка. За израду свих ових делова потребан је низ различитих операција. Те операције односе се на глодање, стругање, бушење, брушење итд. Међутим, јављају се машине са новим концептом, које се називају обрадни центри где се комбиновано може изводити, на пример CNC стругање и глодање (Слика 5). На тај начин се смањује време израде делова и постиже висок степен аутоматизације.



Слика 5 HAAS обрадни центар EC 400[3]

Данас је готово немогуће замислити CNC глодање или CNC стругање без савремених резних алата. Технологија развоја резног алата је у области материјала достигла висок ниво, тако да се сада развој спроводи у смеру побољшања геометрије. Нову еру у развоју резног алата донели су алати са измењивим плочицама. Такви алати се у великој мери користе у аутомобилској индустрији. Фирма *Corun* која се налази у нашој

земљи у Ужицу, бави се производњом саврмених алата са измењивим резним плочицама. Производили су савремене алате за аутомобилску индустрију, међу којима и двостепене алате за бушење и обраду цилиндара блока мотора за Руску компанију LADA(слика 6).



Слика 6 Изложени алати у фабрици Corun Holding DOO

Због све веће потребе за 3D површинама сложене конфигурације у аутомобилској индустрији, развијају се глодала различитих сложених геометрија, којима се такве површине могу одрадити. То су најчешће глодала са лоптастим врхом или комбинација где постоји конус и лоптасто заобљен врх (слика 7). Оваква глодала се користе за завршу обраду, док се пре њих врши „ослобађање“, односно груба обрада са глодалима са равним врхом. Задатак глодала са заобљеним врхом је да постигну захтевани сложени 3D облик без прелаза и неравнина који остају после грубе обраде глодала са равним врхом. Софтвер препознаје задати алат и на тај начин генерише програм за обраду сложених површина.



Слика 7 Неке од геометрија глодала за 3D глодање[4]

Посматрајући савремене аутомобиле, примећујемо да је њихов спољашњи и унутрашњи дизајн све сложенији, што је немогуће постићи без јако великих и сложених алата за израду каросерије (странице, врата, итд) као и алата за брызгање пластике (инструмент табла, ручице седишта, итд)(слика 8).



Слика 8 Аутомобил BMW серије 8 гран купе[5]

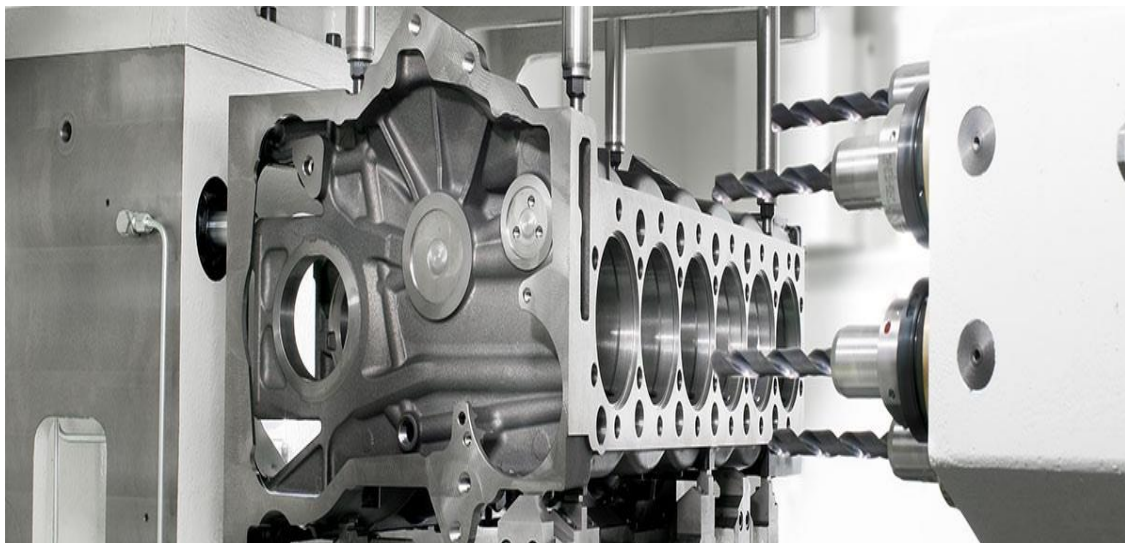
Такав сложен и савремен изглед био би немогућ без савремених CNC машина, алата и прибора, уз помоћ којих су израђени пресерски алати за савијање лима, као и алати за бризгање пластике. Због јако великих димензија тих алата, димензије CNC машина које их израђују су огромне. Сви ти алати на себи имају пуно отвора, изгравираних текстова и бројева, и сложених 3D површина где је неопходно постићи изузетно висок квалитет обрађене површине, јер се то у великој мери касније одражава на квалитет делова аутомобила који се производе у тим алатима. Ради израде таквих алата, уз испуњење свих захтева тачности димензија и квалитета обрађене површине, неопходно је користити разне савремене и сложене резне алате, а често пута и специјално израђене резне алате. После обраде резањем, површине тих алата за пресовање и бризгање се углавном координатно брусе и полирају. Према томе, примена савремених резних алата има јако велики значај за аутомобилску индустрију јер се њиховом применом постиже висок квалитет и тачност израђених делова, смањује време израде, повећавају преформансе резања CNC машина у погледу режима резања (већа дубина по пролазу, број обртаја, брзина помоћног кретања). Савремени алати за обраду резањем су издржљиви и практични за коришћење, уместо преоштравања и израде новог алата, врши се замена резних плочица на њиховим носачима. Њихово коришћење донело је значајне уштеде у времену и новцу, а то су два главна фактора на које се обраћа пажња у савременој индустрији. Оно што карактерише резне алате у аутомобилској индустрији јесте коришћење великог броја специјалних алата, тачних димензија, и ради се њихово побољшање. Увелико се примењују двостепени алати.

Уводним разматрањем дат је кратак опис историјског развоја аутомобилске индустрије. Упућено је на захтеве које савремена аутомобилска индустрија мора да испуни и њен значај. Дате су информације о обради резањем, као и њен значај и утицај када је у питању производња аутомобила, као и улога савремених машина и резних алата. У другој тачки представљене су основне карактеристике машина које се примењују у аутомобилској индустрији. Описане су аутоматизоване производне линије и њихов значај. Указано је на значај увођења најсаврменијих технологија као и CNC машина. У трећој тачки говори се о значају обраде резањем код аутомобилских делова. Приказани су начини мерења и контроле израђених делова. Извршена је подела делова који се производе обрадом резањем на опште групе. Представљена је улога обраде резањем у аутомобилској индустрији и дата њена шира примена ван производње аутомобилских делова. У четвртој тачки су приказани технолошки поступци обраде изабраних делова аутомобила. Дати су алати за наведене операције. Пета тачка се односи на савремене резне алате у аутомобилској индустрији. Поменут је највећи домаћи и страни произвођач савремених резних алата.

2. Основне карактеристике машина у аутомобилској индустрији

2.1 Производне линије

Главна одлика машина које се користе у аутомобилској индустрији је висок степен аутоматизације. У фабрике се инсталирају читаве линије за производњу које су скоро потпуно аутоматизоване, од ступања полуфабриката на линију, преко обраде, па све до настанка готовог дела. Највеће производне линије су оне које производе блок мотора, полуфабрикат долази у виду одливка, који је од алуминијума или ливеног гвожђа. Даље се аутоматизовано креће при чему се врше многобројне операције обраде резањем (чеоно глодање, бушење цилиндара, брушење, хоновање цилиндара...). Блок мотора се води као најсложенији део у области обраде резањем код аутомобила. Примењују се готово сви резни алати, као и готово све операције глодања (слика 9).



Слика 9 Обрада бушењем блока мотора[6]

Производна линија је подешена да понавља увек исте операције како би се производио исти део, уз максимално искоришћење експлоатационих преформанси линије, чиме се добија уштеда на времену и постиже максимална производност. Линија у фабрици мотора ДМБ која је производила блок мотора за југа била је једна од највећих производних линија у Европи. Машине се у аутомобилској индустрији могу јавити као део производних линија, или појединачно за производњу мањих делова.

2.2 CNC машине и технологије

У последњих педесетак година у области производног инжењерства десиле су се веома значајне и драматичне промене. Један од најважнијих праваца ових промена условљен је развојем аутоматизације и увођењем информатичких технологија у овој области. Нови термини као што су роботика, CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing, рачунарски подржано пројектовање производа/рачунаром подржана производња), флексибилна производња, FPS (Flexible Production System, флексибилни производни систем), CIM (Computer Integrated Manufacturing, рачунаром интегрисана производња) итд. познати су већ више деценија, тако да „стари“ термини, као што је „механизација“ полако исчезава у техничкој комуникацији и речнику[9]. Увођењем ових технологија у аутомобилску индустрију долази до значајног повећања аутоматизације целокупне производње као и флексибилности. Оно што одликује аутомобилску индустрију је серијска, великосеријска и масовна производња. Према томе, може се рећи да су висока производност, ефикасност, прецизност, и брзина једне од главних карактеристика машина у аутомобилској индустрији. Један аутомобил чини огроман број делова, склопова и подсклопова, од различитих материјала, с тога се у аутомобилској индустрији примењује врло различит машински парк, и то машине за обраду резањем (глодалице, стругови, аутомт-стругови, бруснице, бушилице...), машине за обраду деформисањем (пресе, пробијачице, машински чекићи), машине за бризгање (бризгалке) и многе друге. Фабрика FIAT аутомобили у Крагујевцу је у почетку производила 650 аутомобила дневно (модел FIAT 500L)(Слика10), па је, према томе, био потребан огроман број различитих делова који се уграђују у аутомобиле. Производња великог броја аутомобила захтева производњу великог броја истих делова, зато се у аутомобилској индустрији машина прилагођава за производњу само једног дела у великим количинама. CNC технологије у аутомобилској индустрији представљају велики скок, због могућности понављања потпуно истог циклуса обраде уз понављање програма.



Слика 10 Аутомобил *FIAT 500L*[7]

Тако су се машине које су учествовале у производњи аутомобилских делова прилагођавале условима производње великог броја делова за што мање време. CNC машине су у великој мери допринеле условима производње аутомобилске индустрије, због боље комуникације између оператера и машине, веће флексибилности (брз прелазак са производње једног делана други) и могућности понављања исте операције безброј пута уз помоћ програма. Аутомобилска индустрија врло брзо усваја нове технологије производње и користи најсавременије машине и опрему. Готово је немогуће замислити данашњу фабрику аутомобила без робота, компјутера, CNC машина и остале савремене опреме. Користе се разне врсте робота, од роботских рука за заваривање (слика 11), премештање делова и фарбање, до транспортних робота који кроз погон транспортују делове. Роботи се такође програмирају, имају веома велику брзину рада и прецизност, па су у многим сегментима производње увелико заменили човека.



Слика 11 FANUC роботске технологије у аутомобилској индустрији[8]

2.3 Подела примењених CNC машина

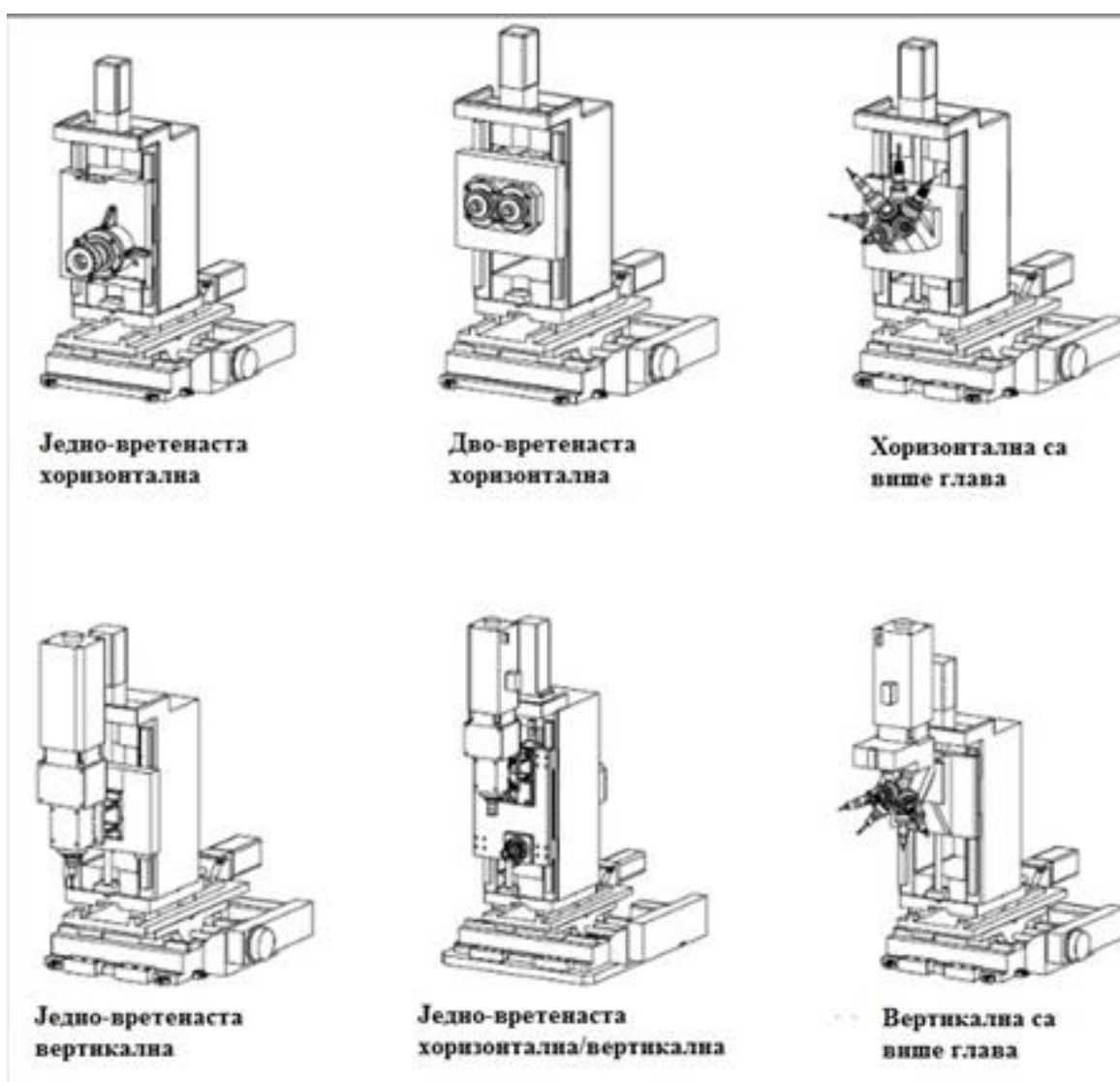
Примењене CNC машине у аутомобилској индустрији подељене су на CNC машине са линијским преносом (линијске CNC машине) и кружне CNC машине[9].

CNC машина са линијским преносом или линијска CNC машина је аутоматизована и повезана група станица која обухвата низ операција као што су обрада, чишћење и провера израде. Цела машина мора бити пројектована и израђена као јединица. Различите станице у линијској машини истовремено врше производне операције на производу. Након што сваки производ достигне крај линије преноса извршене су све неопходне производне операције и добија се коначан производ. Спајањем операционих станица и преносних система могуће је преместити скуп производних погона од фабрике до фабрике што убрзава саму производњу[9].

Прве линијске CNC машине које су се користиле у аутомобилској индустрији датирају из 1920. године, како у САД-у, тако и у Великој Британији. Међутим, до 1960-тих произвођачи су почели да развијају одређен степен флексибилности путем модуларности

машина. Током година, произвођачи CNC машина повећали су модуларност ових система како би задовољили скраћење животног циклуса производа и захтева на тржишту

Кружне CNC машине, такође познате као „карусел“ CNC машине, најчешће се примењују код делова аутомобила малих димензија. Ове машине обично покривају радну површину од $0,027\text{m}^3(300 \times 300 \times 300\text{mm})$. Кружне CNC машине могу произвести велики број малих аутомобилских компоненти у распону од 100-550 делова по сату. Узимајући у обзир извршења операција у две брзине до чак 75% бржег времена од нормалног рада, ове машине могу произвести између 300.000 и 1.650.000 делова годишње (према подацима „Kingsbury“ произвођача)(слика 12)[9].



Слика 12 Разне конфигурације кружне CNC машине у аутомобилској индустрији произвођача Automation Tooling Systems[9]



Слика 13 Приказ кружне CNC машине са више глава произвођача Kaufmann[9]

CNC машине овог типа имају аутоматизован прилаз великог броја алата који на своју позицију долазе ротацијом главе која носи алат (слика 13). Радни сто машине такође аутоматски допрема радни предмет на позицију за обраду, и то се може остварити обртно или праволинијски, зависно од концепције машине. Допремање делова, стезање, отпуштање и одвођење делова из зоне обраде такође је аутоматизовано.

Концепт машине са слике 13 омогућава 3 до 6 станица са различитим конфигурацијама за сваку станицу, као што су хоризонтална, вертикална, једно-вретенаста, дво-вретенаста и вишевретенаста глодала. У овом типу машине, могућност употребе више глодала омогућава више операција у једној станици. Поред тога, једноделна глодалица може се израдити за потребу истовременог бушења више рупа [9].

3. Примери делова који се производе обрадом резањем

3.1 Значај обраде резањем

Најзахтевнији делови аутомобила, у погледу тачности израде, толеранције и квалитета обрађене површине израђују се управо обрадом резањем. Витални делови за функцију аутомобила, од којих увелико зависе и преформансе аутомобила, морају бити веома високог квалитета, што представља велики изазов и одговорност када је у питању обрада резањем. Велики број компоненти мотора, неопходно је изградити у веома уским толеранцијама, где се одступања крећу у распону од по неколико стотих делова милиметра, а негде се чак ради и о микронима уз поштовање високог квалитета обрађене површине. Због тога је неопходно брушење, полирање и многе друге обраде којима се постиже највећи квалитет, а спроводе се тек после неке претходне обраде резањем (послестругања, глодања, бушења, итд). Због неопходне тачности зазора између цилиндра и клипа у мотору, при чему је битно да се тај зазор минимално промени у току рада услед температурних промена, потребно је да глава клипа и цилиндар буду од квалитетног материјала отпорног на температурне промене и врло високог квалитета обрађене површине, а да би се тај зазор испоштовао, обрадом је потребно остварити јако уске толеранције пречника.

3.2 Мерење и контрола делова

Након израде, делови се мере и контролишу на CNC нумеричким мерним машинама, уз помоћ којих најтачније можемо утврдити стварне димензије дела и одступања од називне мере. Машине могу радити на сензорном принципу (скенирање) (слика 15) или на додирном принципу (мерни пипак) (слика 14). У савременој аутомобилској индустрији уведене су најсавременије нумеричке мерне машине за мерење и контролу, 3D скенери и многобројна опрема која нам даје најреалнији увид у стварно стање произведених делова, тачности склапања и заваривања каросерије итд.



Слика 14 HEXAGON Global S координатна нумричка мерна машина[10]



Слика 15 Напредна технологија сензорског мерења сензорима GOM Atos 5X[11]

3.3 Опште категорије делова који се израђују обрадом резањем

Делови који се производе обрадом резањем у аутомобилској индустрији могу се побројати као опште категорије производа и то:

- Компоненте мотора (Блок мотора, глава мотора, клипови, клипњаче...),
- Компоненте трансмисије и управљања (зупчаници мењача, зглобни преносник, диференцијал, осовине и вратила...),
- Компоненте система за заустављање возила и компоненте склопа точка (Главчине, дискови, фелне...),
- Компоненте вешања (споне, рамена...)[9].



Слика 16 Компоненте мотора које се израђују обрадом резањем[17]

Компоненте мотора са слике 16:

- глава мотора,
- блок мотора,
- клипњача,
- брегаста осовина,
- држачи лежајева,
- клип,
- коленасто вратило.



Слика 17 Аутомобилски делови који се обрађују резањем[17]

Делови са слике 17:

- кућиште трансмисије,
- кочиона шапа,
- фелна,
- рукавац точка.

Полуфабрикати, код којих је потребно извршити обраду резањем најчешће долазе у виду одливака, отковака, плочастих или шипкастих материјала. На њима се врше готово све операције обраде резањем, зависно о којој машини је реч. Када је у питању глодалица, спроводе се операције чеоног глодања, обимног глодања, глодање цепова и отвора, бушење и резање навоја, профилно глодање, разне врсте упуштања итд. Када је у питању стругање, спроводе се операције уздужног и чеоног стругања, унутрашњег стругања, бушење и резање навоја, разне врсте упуштања, одсецање, итд. За све ове операције неопходан је врло разноврстан сет глодачког и стругарског алата.

3.4 Израда зупчаника

Зупчаници, као кључни делови трансмисије, јако су захтевни у погледу обраде резањем, посебно код савремених аутомобила. Да би се што више смањила бука и шум код аутомобила, прибегава се уградњи завојних зупчастих парова, како бисе пренос вршио уз штомању додирну површину, а самим тим се смањује трење, генерисање топлоте и шум. Зупчаници су се прво израђивали на специјалним машинама, као што су рендисалке за зупчанике са профилним ножем за рендисање, глодалице са профилним глодалом и подеоним апаратом, као и глодалице које користе одвална глодала. Међутим, данас се то све остварује једноставним програмирањем троосних или петоосних глодалица (слика 18). Тако да се могу постићи разна заобљења зубаца зупчаника, са различитим и сложеним профилима међузубља.



Слика 18 Израда зупчаника на петоосној глодалици[12]

3.5 Израда пресерских алата и алата за бризгање пластике

Важно је напоменути да делови аутомобила који се не производе обрадом резањем, директно зависе од ове обраде у погледу облика, квалитета и сложености. Огроман број пластичних компоненти савременог аутомобила излива се у челичним алатима, који су израђени управо обрадом резањем. Алати за бризгање пластике су, посебно код савремених аутомобила, јако сложени, заобљених површина, са сложеним гравурама, клизачима и избацивачима, као и отворима за хлађење алата (слика 19). Многи пластични делови, као што је инструмент табла имају фото-нагризане површине, а та текстура мора постојати у алату како би се пренела на површину пластичног дела. Све ове сложене захтеве готово је немогуће остварити без савремених CNC машина великих димензија, уз коришћењестандардних и специјалних савремених резних алата, као и савремених софтвера за програмирање и генерисање програма уз претходну 3D симулацију истог. Нешто мање захтевнији су алати за опсецање и савијање делова аутомобила од лима (каросерија). Сложени сољашњи дизајнови аутомобила, који имају за циљ да постигну максимални визуелни ефекат и аеродинамичка својства директо зависе од обликовања лима, који се обликују у пресерским алатима јако великих димензија (слика 19). Као и код алата за ливење пластике, исти случај је и код ових пресерских алата огромних димензија, праве се на изузетно великим CNC машинама за обраду резањем (3D и 5D, глодалице, борвери, обрадни центри).



Слика 19 Пресерски алати и алати за бризгање пластике у аутомобилској индустрији[13]

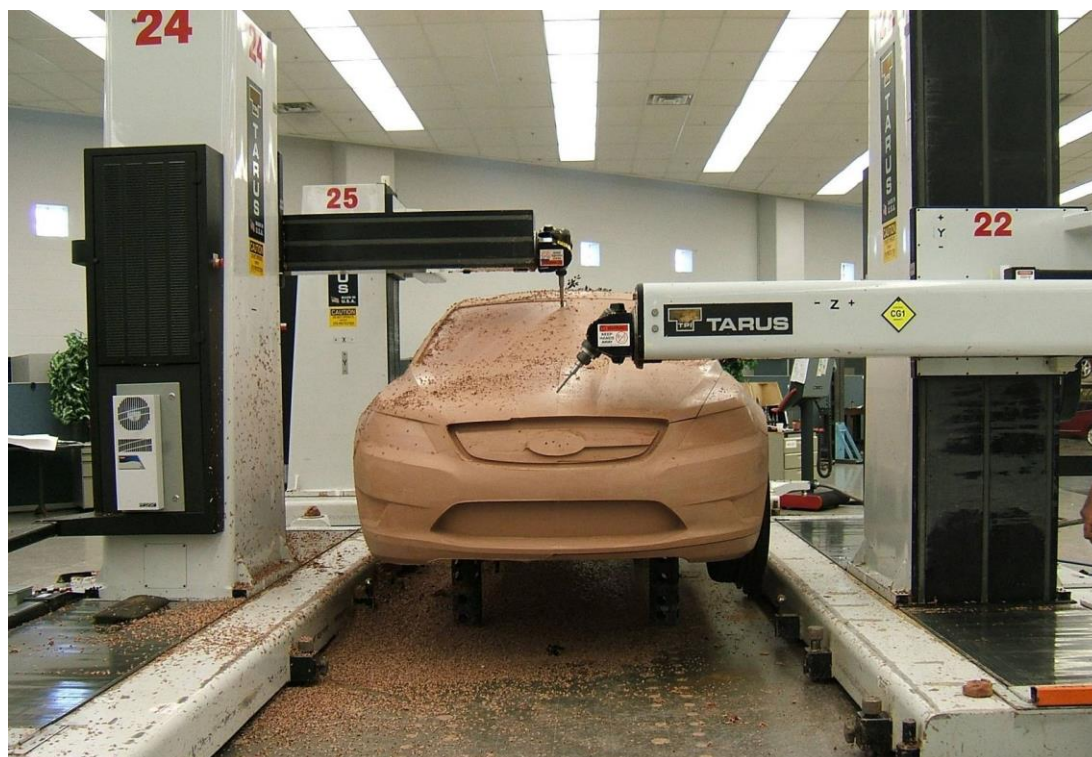
За производњу алата за обраду метала деформисањем и алата за бризгање врло често се примењују и неконвенционалне методе обраде резањем, при чему је најдоминантнија електроерозиона обрада – EDM. Постоје две врсте ове обраде, и то обрада на ерозиматима за еродирање жицом, и обрада на ерозиматима за еродирање бакарном електродом. Еродирањем жицом се израђују отвори оштрих ивица и компликованих контура, са могућношћу израде конуса тих отвора без обзира на то колико били компликовани. Еродирањем бакарном електродом постиже се пресликавање гравуре или облика са електроде на површину предмета обраде. Најчешће се еродирањем бакарном електродом израђују сложена гнезда и лежишта оштрих ивица, као и текстови, гравуре, бројеви, итд. Обе поменуте обраде раде на принципу електричног пражњења приликом приближавања жице или бакарне електроде материјалу, при чему долази до ерозије честица материјала, односно резања. Код неких делова аутомобила примењују се неконвенционални поступци обраде резањем као што су сечење ласером, сечење на плазми или сечење на water jet-у. Ови поступци у главном нису део завршне обраде, већ обликују полуфабрикату контурним сечењем, који касније иду на неку од конвенционалних метода резањем.

3.6 Примена обраде резањем у фази развоја новог аутомобила

Занимљиво је напоменути, да се обрада резањем у аутомобилској индустрији примењује у јако раним фазама развоја новог модела, приликом његовог дизајнирања, тј приликом израде макете замишљеног модела. Водећи светски произвођачи све више користе индустријски пластелин (пластицин) за израду макете замишљеног модела, и то у његовим стварним предвиђеним димензијама. На тај начин имају најреалнији увид у то како ће будући модел аутомобила изгледати, и ако је потребно, врше се корекције добијене макете. Обрада индустријског пластелина врши се конзолним и порталним CNC машинама за обраду резањем, које су једноставне конструкције и лако се дислоцирају и монтирају. Често се монтирају и на шине постављене око зоне обраде, како би се из једног програма обавила целокупна обрада (слика 20). Да би се овај процес убрзао, мајстори вајари пре процеса резања, ураде приближан изглед макете ручном методом, при чему оставе додатак за обраду како би се петоосном CNC обрадом уз што мање време, добио коначан изглед макете, односно будућег модела. Програм за обраду генерише се на основу модела аутомобила који је дизајниран у неком софтверу. Пре ове методе, прављени су умањени модели аутомобила као макете, али су нове CNC технологије омогућиле да се превазиђе овај метод и створи модел у природној величини.



Слика 20 CNC израда макете новог аутомобила од индустријског пластелина-пластицина[14]



Слика 21 CNC 5D машина Таурус[14]

4. Технолошки поступци за израду изабраних делова

4.1 Технолошки поступак

Део производног процеса који се обавља на производним радним местима назива се технолошки поступак. Обрадни процес трансформације материјала припремка, енергије и информација у готов производ називају се сегменти технолошког процеса и обухватају:

- операцију,
- постављање,
- центрирање,
- стезање,
- захват,
- пролаз,
- положај.

Пројектовање технолошких поступака чини скуп разноврсних активности које се по методама извршавања и редоследу могу разврстати у следеће подфазе:

- анализа производа,
- избор почетног облика припремка,
- избор технолошких база,
- утврђивање типа производње,
- дефинисање, врсте и редослед операција,
- дефинисање, врсте и редослед контрола,
- избор машина,
- избор алата и прибора,
- одређивање времена потребног за извршење операција,
- формирање документације.

4.2 Израда блока мотора

Блок мотора представља један од најсложенијих делова аутомобила који се готово у целости израђује обрадом рзањем. Од квалитета израде блока мотора зависи много фактора који утичу на преформансе аутомобила. Зато се за неке површине блока мотора примењују поступци обраде резањем који дају највећи могући квалитет обрађене површине (хоновање цилиндара, брушење лежишта за заптивање). Према томе неопходно је да се по завршетку обраде блока мотора испита заптивеност система. Све глодачке операције на блоку мотора у почетку су се изводиле на аутоматизованим производним линијама, које су данас замењене само једном петоосном глодалицом (5D). Петоосна глодалица омогућава обраду са готово свих страна припремка у једном стезању, уз брзу замену алата (Слика 22).

Као најсложенији део , и највећи изазов за обраду резањем, приликом израде блока мотора користе се готово сви глодачки резни алати, алати за бушење и обраду отвора, алати за брушење, урезивање навоја, хоновање итд.



Слика 22 Израда блока мотора на петоосној CNC глодалици[15]

Петоосна глодалица има 5 степени слободе, 3 трансляције (кретање по осама Декартовог координатног система X, Y, Z), и две ротације. Идеалан случај би био када би постојало 6 степени слободе, али се стезањем, односно фиксирањем припремка, један степен слободе губи. Постоје разне концепције ових глодалица, као нпр са ротирајућим столом или ротирајућом обрадном главом. Број различитих алата који се могу наћи у магацину петоосне глодалице креће се до 50 различитих алата. Замена алата је

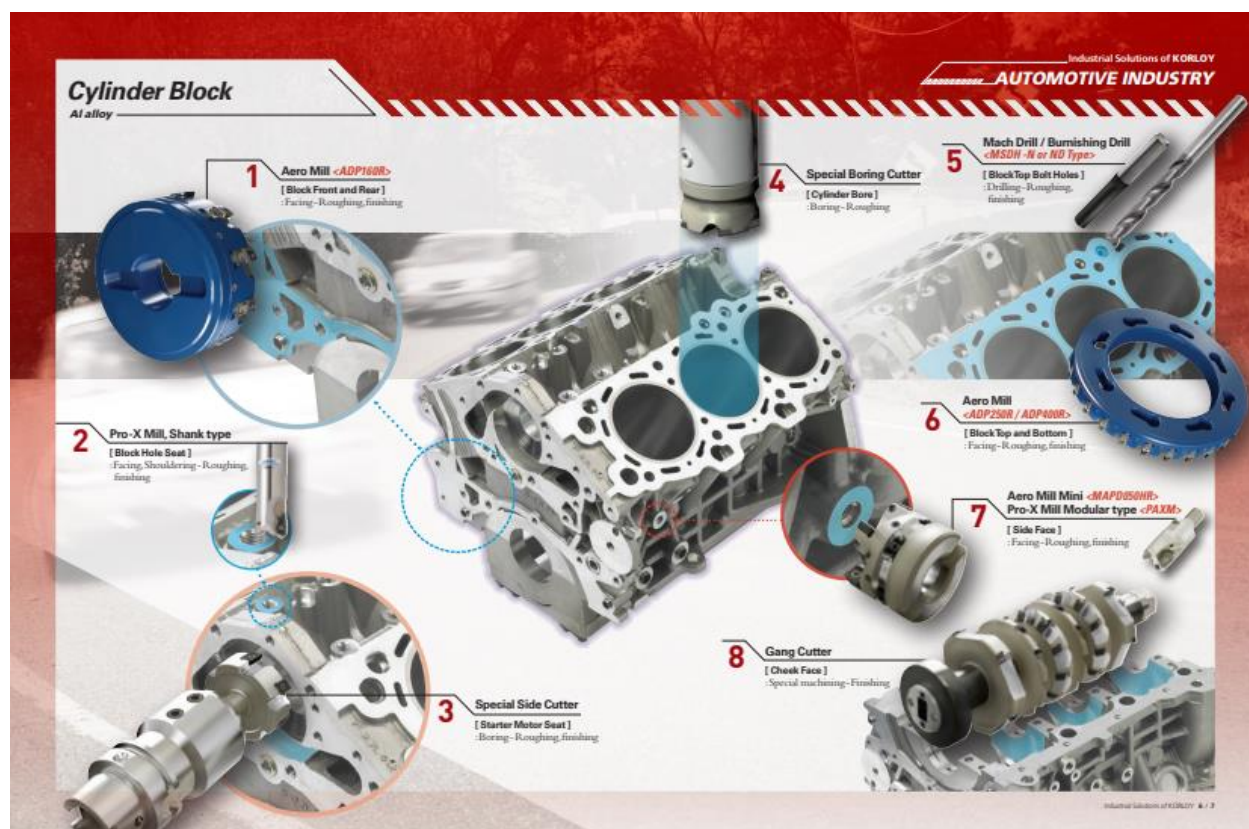
аутоматизована, машина заузима позицију за замену алата, механичка виљушка аутоматски из магацина узима задати алат и поставља га у обрадну главу. Сваки алат у магацину има своје место, и баш по том њиховом месту знамо који алат позивамо када задајемо команду у програму. На пример T01, је команда да се постави први алат у магацину, док је T50 команда да се постави последњи алат. Код блока мотора је неопходно коришћење јако великог броја различитог алата за обраду глодањем (чеона глодала, обимна глодала, бургије, проширивачи, развртачи, конични и други упуштачи, урезници...). Због свих ових особина, једна петоосна глодалица је заменила једну велику производну линију, за коју треба много новца и времена за подешавање. Израда блока мотора почиње у ливници, а завршава се у погону за производњу, где се изводе завршне операције израдеготовог блока мотора од полуфабриката.

Табела 1. Редослед операција за машинску обраду мотора у линијској производњи [16]

редослед операција у ливници		редослед операција у погону за производњу мотора	
ор 10с	машинска обрада главе мотора и картера, и завршне операције глодалицом	ор 10	обрада отвора радилице, површине на коју належе картер и обрада осталих отвора
ор 20с	машинска обрада бочних страна, цилиндра и осталих отвора и рупа	ор 20	груба и фина обрада цилиндра
ор 30с	испирање	ор 30	припремно испирање
ор 40с	испитивање заптивености система	ор 40	загревање цилиндра
		ор 50	склоп цилиндра
		ор 60	систем хлађења и уља
		ор 70	завршна обрада и резање навоја
		ор 80	средње испирање
		ор 90	монтажа поклопца лежаја
		ор 100	полузавршна обрада површина и резање навоја на доњој страни блока, навој за картер
		ор 110	полузавршна обрада површина и резање навоја на бочној страни блока
		ор 120	резање навоја филтера за уље и мерача нивао уља
		ор 130	завршна обрада осталих отвора и резање навоја
		ор 140	груба полузавршна обрада и завршна обрада површине на коју належе радилица и отвора пумпе за воду
		ор 150	груба полузавршна и завршна обрада цилиндра и брушење
		ор 160	завршна обрада предње задње и бочне стране блока и осталих површина
		ор 170	брушење
		ор 180	завршно испирање
		ор 190	скапање поклопца мотора и испитивање заптивености система

Резни алати коришћени у претходном технолошком поступку:

- ор 10с – чеоно глодало ,
- ор 20с – обимна глодала разних пречника, забушивачи, бургије, проширивачи, развртачи,
- ор 10 – обимна глодала, чеоно глодало, забушивачи, бургије, проширивачи, развртачи, упуштачи, урезници,
- ор 20 – обимна глодала, глодачка ексцентар глава,
- ор 70 – чеона и обимна глодала, урезници,
- ор 100 – чеоно глодало, урезници,
- ор 110 – чеоно глодало, обимна глодала, урезници,
- ор 120 – профилни алат са измењивом плочицом за машинско резање навоја,
- ор 130 – проширивачи, развртачи, урезници,
- ор 140 – бургије, обимна глодала,
- ор 150 – глодачка ексцентар глава, алат за хоновање,
- ор 160 – чеоно глодало, обимна глодала,
- ор 170 – тоцила за брушење.



Слика 23 Технолошки поступак израде блока мотора[17]

Операција 1 – Обрада бочне стране блока мотора специјалним алатом Aero Mill ADP160R пречника 160mm са 12 измењивих плочица,

Операција 2 – Обрада лежишта на горњем делу блока мотора алатом Pro-X Mill, Shank type пречника 25mm са две измењиве плочице,

Операција 3 – Укопавање бочних лежишта и цепова неопходних за елементе стартовања мотора чеоним глодаломза израду цепова,

Операција 4 – Обрада цилиндара специјалним глодалом за CNC бушење,

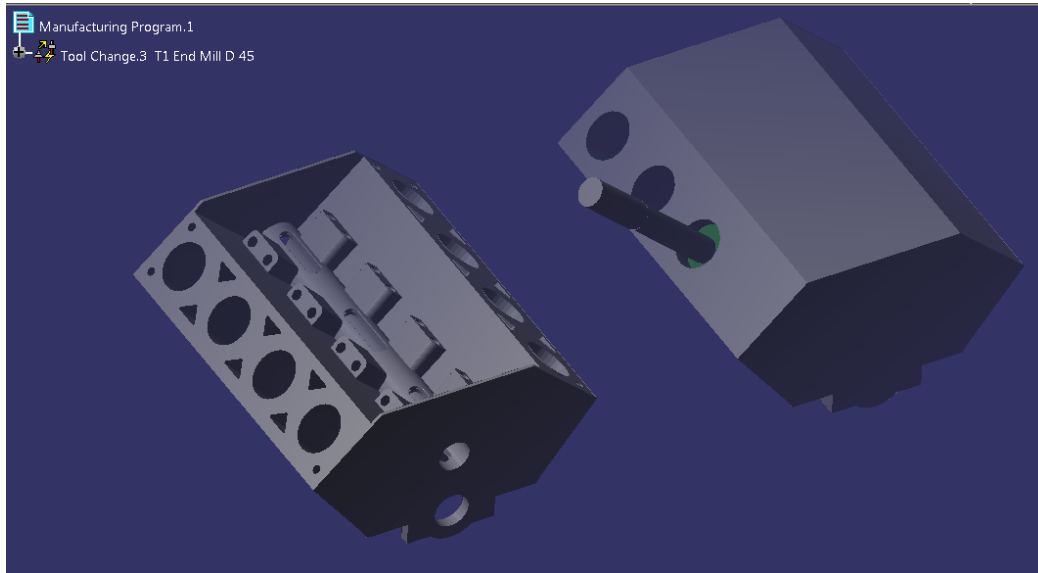
Операција 5 – Бушење отвора на блоку мотора, а затим развртање на тачну меру, алатима MSDH N Type,

Операција 6 – Чеона обрада горњих површина блока мотора специјалним алатом Aero Mill ADP250R, пречника 250mm са 24 измењивих плочица,

Операција 7 – Обрада лежишта на бочним, предњој и задњој страни блока мотора специјалним алатом Aero Mill Mini MAPD050HR, пречника 50mm са 5 измењивих плочица,

Операција 8 – Обрада лежишта за лежајве и капе лежајева, специјалним алатом за финиширање површине.

У циљу визуелизације процеса обраде блока мотора, одрађена је симулација машинирања у програму CATIA V5R20 на 5D глодалици. Представљен је коначан изглед блока V8 мотора и одливак који представља припремак. Приказана је обрада цилиндара (слика 24).



Слика 24 Поступак симулације машинирања блока мотора на петосној глодалици у софтверу CATIAV5R21

CATIA поседује јако добро окружење које се односи на машинирање делова и програмирање великог броја различитих CNC машина уз генерисање програмског кода, и јако добра визуелизација процеса обраде при симулацији. Могу се програмирати 3D и 5D CNC глодалице, једновретени и вишевретени CNC сругови, као и обрадни центри.

4.3 Израда клипњаче

За разлику од блока мотора, који на обраду резањем долази као полуфабрикат у виду одливка, клипњача на машинску обраду долази у облику отковка. Отковци имају знатно бољу структуру због саме обраде ковањем која се изводи сабијањем материјала у калупима. Клипњаче се као полуфабрикат могу израђивати и ливењем, али су оне знатно мањих механичких карактеристика од онихкоје су израђене ковањем.

Табела 2. Редослед операција за машинску обраду клипњаче у линијској производњи

редослед операција у ковачници		редослед операција у погону за производњу	
ор 10с	Припремно ковање	ор 10	груба обрада велике песнице и обрада већег отвора
ор 20с	претходно ковање	ор 20	обрада површина за вијак
ор 30с	завршно ковање	ор 30	пресецање и одвајање веће песнице
ор 40с	пескарење, уклањање оксидне коре	ор 40	обрада мале песнице и малог отвора
		ор 50	бушење рупа за вијак и резање навоја
		ор 60	Бушење пролазних отвора за завртањ

Резни алати коришћени у претходном технолошком поступку:

- ор 10 – чеоноглодало, обимнаглодала, алат за бушење са измењивим плочицама,
- ор 20 – чеоноглодало,
- ор 30 – тестерасто глодало,
- ор 40 – чеоно глодало и обимно глодало,
- ор 50 – бургија и урезник,
- ор 60 – бургија.

Опериција 1

Врши се завршна обрада глодањем површина већег пречника клипњаче уз помоћ резног алата RM8/RMT, пречника 80 mm, на којим се налази 8 измењивих резних плочица.



Слика 25 Завршна обрада страница већег пречника клипњаче глодањем[17]

Опериција 2

Затим се врши обрада површине на коју долази завртањ за стезање горњег и доњег дела клипњаче, алатам RM4 пречника 20mm са 4 измењиве резне плочице.



Слика 26 Обрада површина за завртањ глодањем[17]

Операција 3

Након обраде површине, буши се рупа бургијом MSD 110 (Mach Solid Drill) пречника 11mm за пролаз завртња M10 који стеже клипњачу. У доњој половини већег дела клипњаче буши се рупа пречника 8,5mm бургијом MSD085 као пред рупа за урезивање навоја M10.



Слика 27 Бушење пролазне рупе за завртањ[17]

Операција 4

Тестерастим глодалом SPP(M)160-04 пречника 150mm са измењивим плочицама, врши се пресецање већег пречника клипњаче. Глодало има 12 плочица, постављених наизменично, ради квалитетнијег расецања.



Слика 28 Расецање већег пречника клипњаче[17]

Операција 5

Обрада пресечених површина врши се алатом RM4 пречника 40mm са 4 измеиве плочице. Могу се обрађивати више делова од једном.



Слика 29 *Обрада глодањем пресечених површина[17]*

Операција 6

Након пресецања и обраде већег пречника клипњаче, у избушене рупе урезају се унутрашњи навој М10, машинским урезником STHMC 10082L15-I1.50ISO.



Слика 30 *Урезивање навоја[17]*

Операција 7

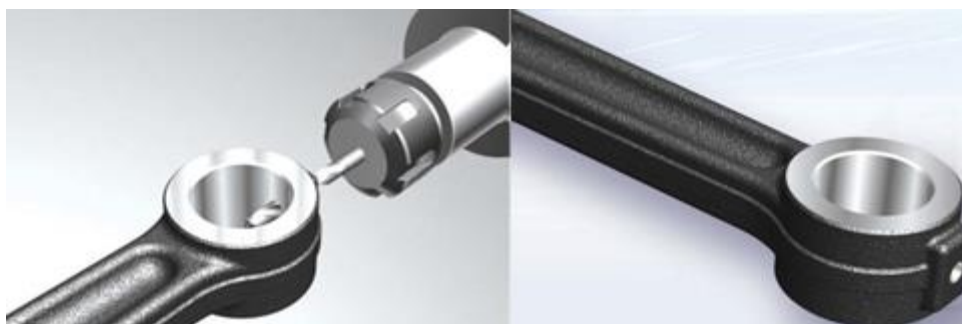
Након урезивања навоја врши се обрада мањег пречника клипњаче. Прво се буши отвор алатом King Drill 2D (K2D19025-06) пречника 29mm, а затим завршно глодање на 30mm.



Слика 31 Бушење мањег отвора клипњаче на пред меру, а затим глодање[17]

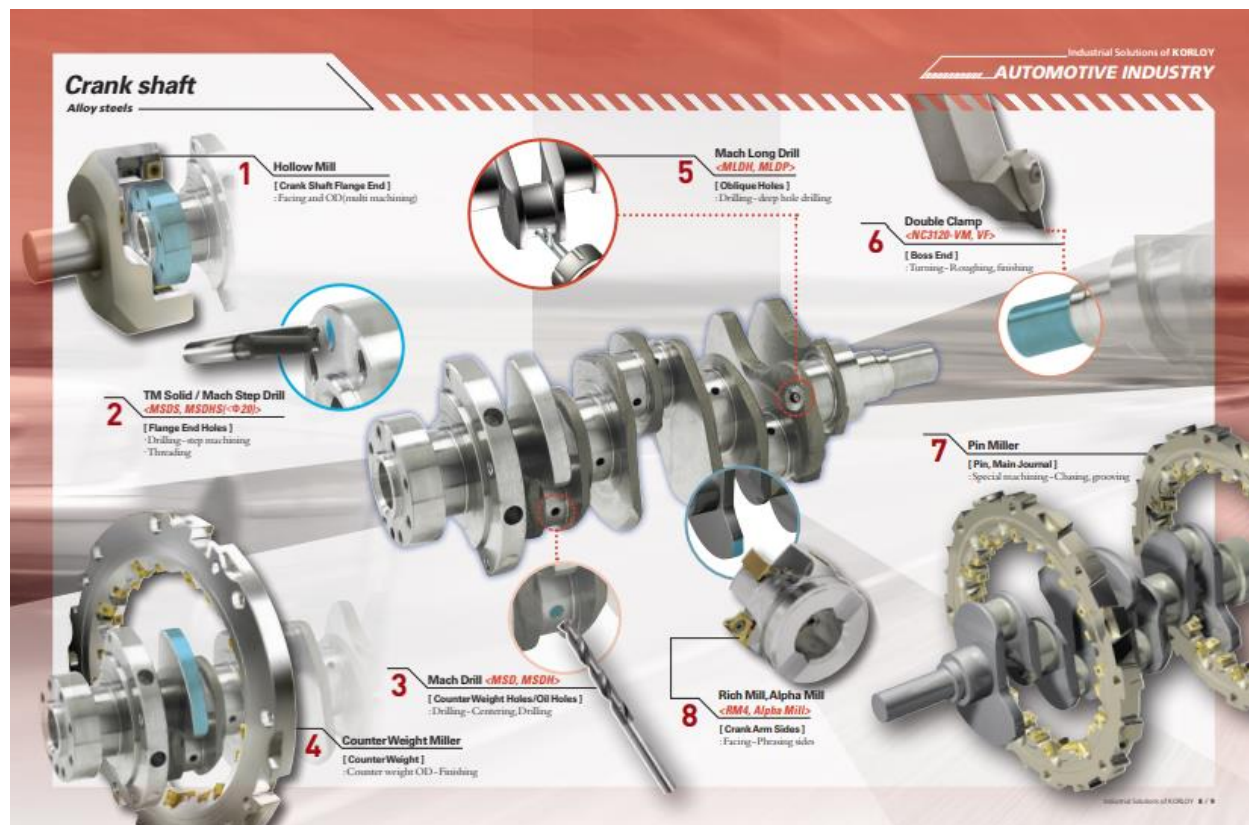
Операција 8

На крају се буши отвор на мањем делу клипњаче ради уравнотежења њене масе, бургијом MSD 080 пречника 8mm.



Слика 32 Бушење отвора за уравнотежавање клипњаче[17]

4.4 Израда коленастог вратила



Слика 33 Израда коленастог вратила обрадом резањем[17]

Операција 1 – Обрада спољашњег пречника левог рукавца специјалним алатом са измењивим резним плочицама за спољашњу обраду,

Операција 2 – Бушење левог рукавца и урезивање навоја алатом MSDHS,

Операција 3 – Бушење рупа за везивање клипњача алатом MSD,

Операција 4 – Обрада спољашњих димензија вратила специјалним алатом,

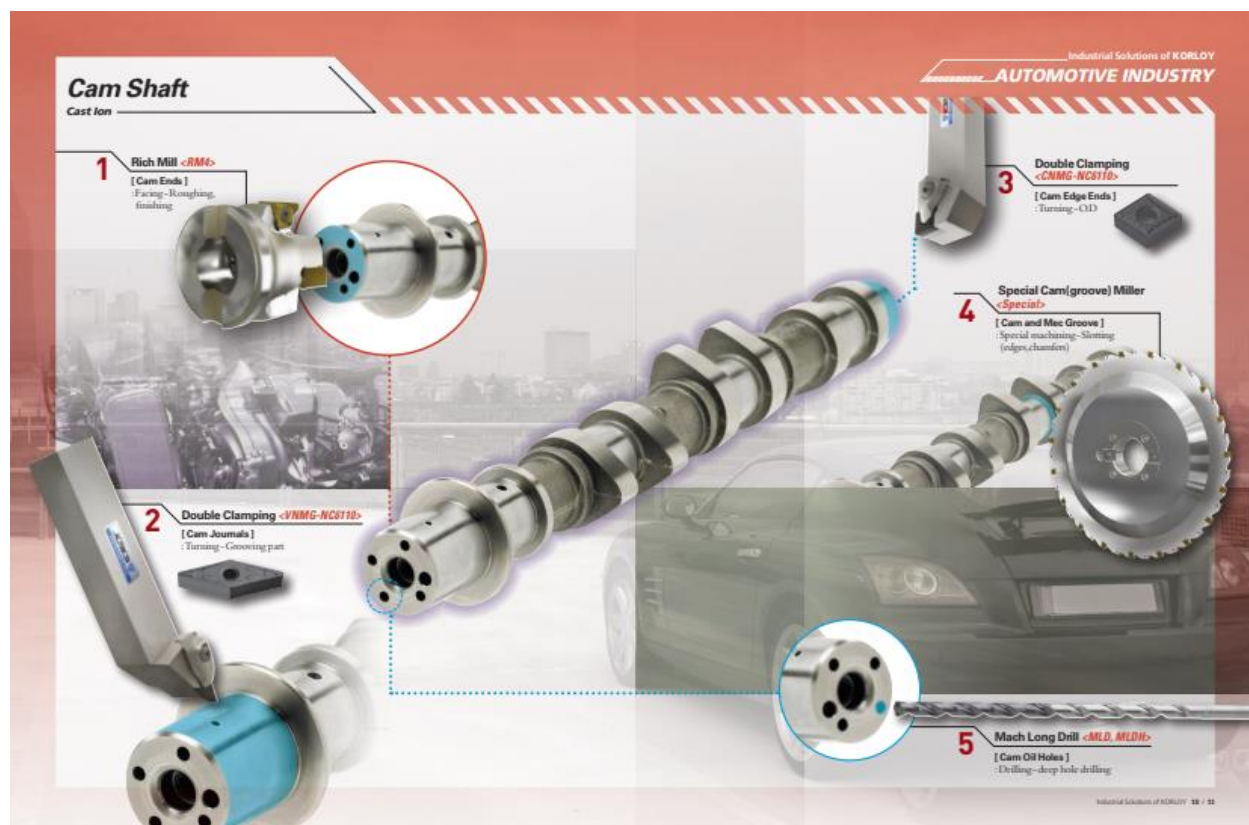
Операција 5 – Бушење косих отвора коленастог вратила алатом MLDH,

Операција 6 – Обрада стругањем десног рукавца стругарским ножем NC3120-VM,

Операција 7 – Фина обрада спољашњих димензија коленастог вратила специјалним алатом,

Операција 8 – Обрада спољашњих равних површина алатом RM4 Alpha Mill пречника 40mm са 4 измењиве плочице.

4.5 Израда брегасте осовине



Слика 34 Израда брегасте осовине обрадом резањем[17]

Операција 1 – Чеона обрада левог рукавца алатом RM4 пречника 40mm са 4 измењиве резне плочице,

Операција 2 – Стругање спољашњег пречника левог рукавца стругарским ножем VNMG-NC6110,

Операција 3 – Стругање спољашњег пречника десног рукавца стругарским ножем CNMG-NC6110,

Операција 4 – Усецање брегасте осовине специјалним тестерастим глодалом за усецање,

Операција 5 – Бушење левог рукавца алатом MLD.

4.6 Израда главе клипа



Слика 35 Израда главе клипа обрадом резањем[17]

Операција 1 – Сругање чеоне стране главе клипа коришћењем измењиве плочице N01-VCCT,

Операција 2 – Уздужно сругање главе клипа коришћењем специјалне измењиве резне плочице MRGN-A(DA150-PCD),

Операција 3 – Сругање отвора на глави клипа стругарским ножем MGEUR уз коришћење специјалне резне плочице MRGN-A(DA150-PCD),

Операција 4 – Усецање главе клипа специјалним стругарским ножем TBH са резном плочицом TB430,

4.7 Израда држача, односно капа лежајева



Слика 36 Израда држача лежајева обрадом резањем[17]

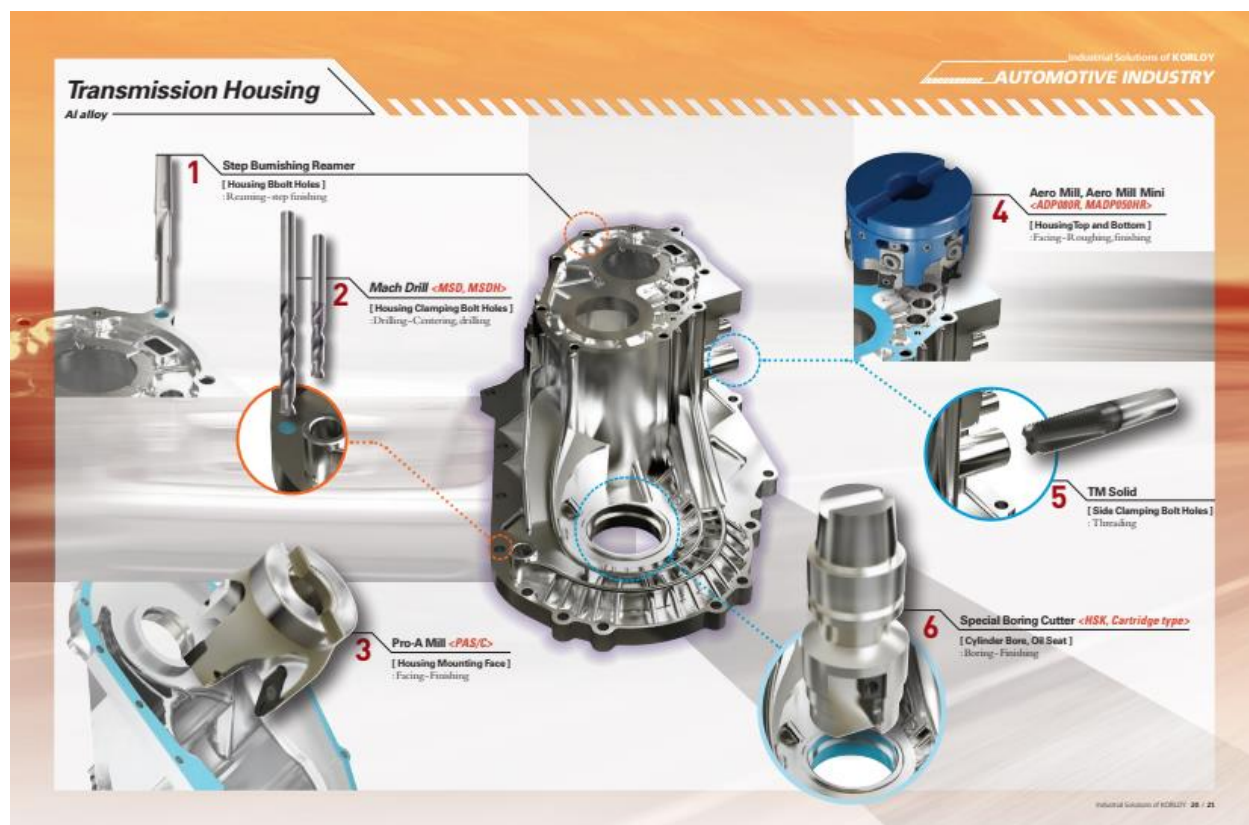
Операција 1 – Бочна обрада свих страна држача лежајева специјалним алатом подешеним да обради обе стране свих држача у једном пролазу,

Операција 2 – Обрада лежишта за завртањ, алатом Rich Mill, Alpha Mill RM4 пречника 30mm са 7 измењивих плочица,

Операција 3 – Бушење отвора за завртањ специјалним алатима за бушење који користе измењиве плочице TPDB и TPDC,

Операција 4 – Обрада доњих површина лежишта алатом Rich Mill RM8 пречника 80mm са 8 измењивих резних плочица.

4.8 Обрада кућишта трансмисије



Слика 37 Израда кућишта трансмисије обрадом резањем[17]

Операција 1 – Бушење отвора на горњој површини кућишта двостепеним алатом,

Операција 2 – Бушење отвора на доњој површини кућишта алатима MSD и MSDH,

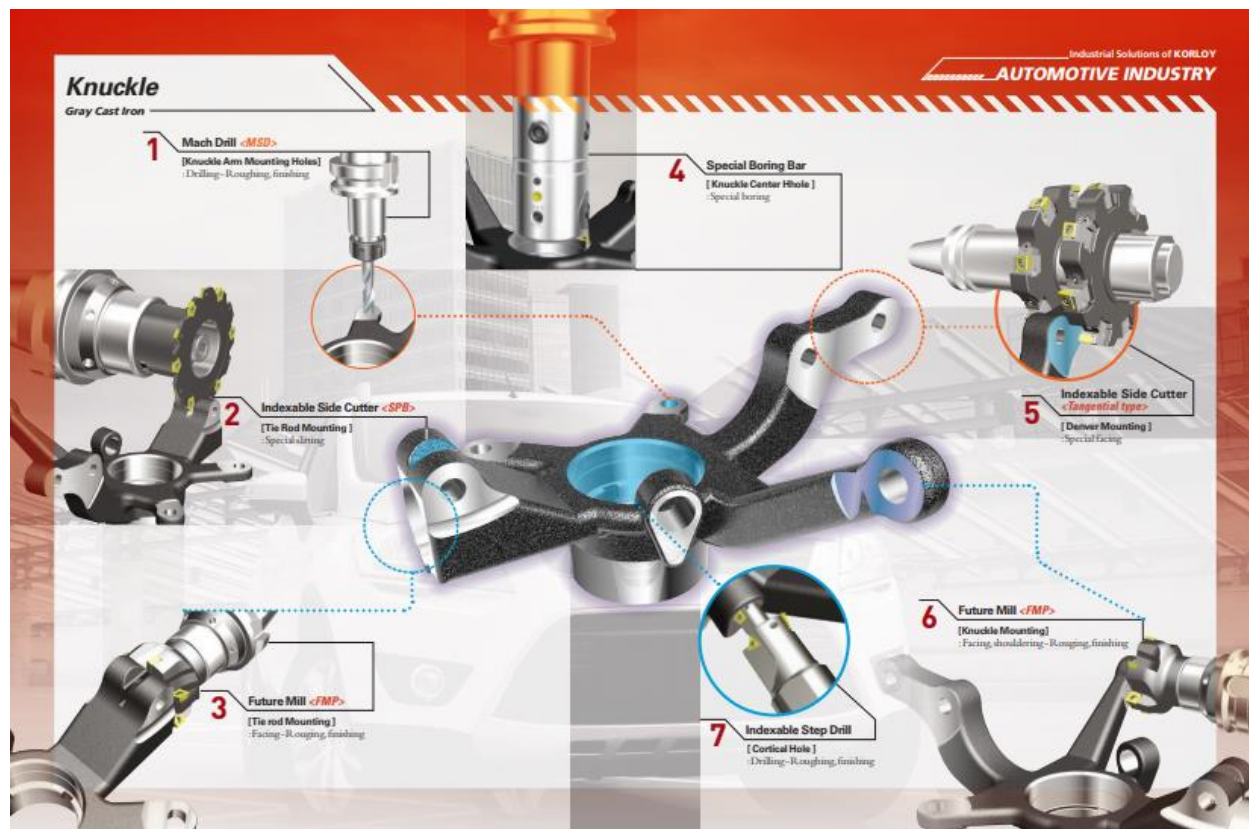
Операција 3 – Чеоно глодање горње и доње површине алатом PAS/C пречника 40mm са 4 измењиве резне плочице,

Операција 4 – Чеоно глодање седишта, венаца и специфичних површина специјалним алатом Aero Mill ADP080R пречника 80mm са 5 измењивих резних плочица,

Операција 5 – Бушење и резање навоја на бочним површинама кућишта,

Операција 6 – Обрада специфичних отвора специјалним алатима за бушење HSK.

4.9 Обрада руковца точка



Слика 38 Обрада рукавца точка резањем[17]

Операција 1 – Бушење отвора на горњим површинама рукавца алатом MSD,

Операција 2 – Усецање крака рукавца тестерастим глодалом SPB са 12 разметнутих измењивих плочица,

Операција 3 – Обрада бочне стране рукавца алатом FMP,

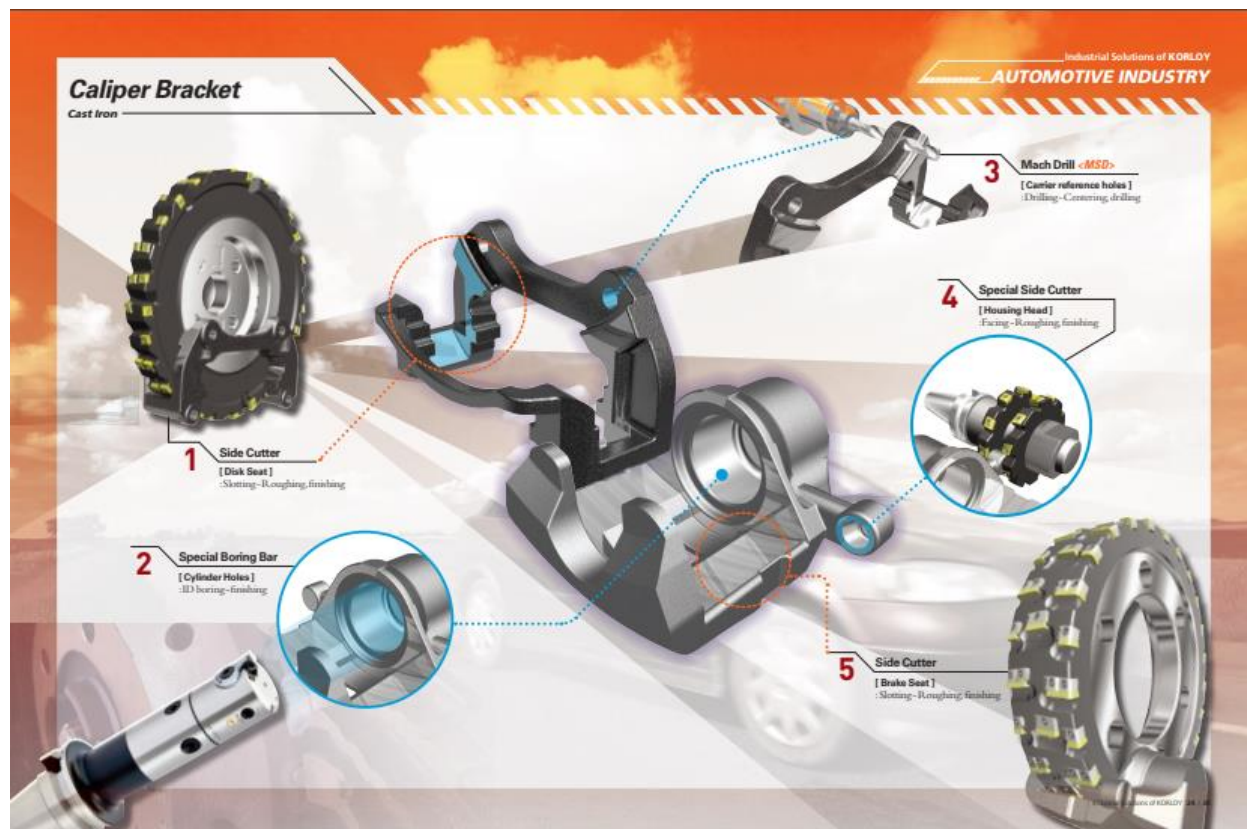
Операција 4 – Бушење великог централног отвора специјалном главом за бушење,

Операција 5 – Паралелна обрада двеју површина истог крака рукавца специјалним алатом,

Операција 6 – Бочна обрада кракова рукавца алатом FMP,

Операција 7 – Фина обрада великог отвора двостепеним специјалним алатом за бушење.

4.10 Обрада кочионе шапе



Слика 39 Обрада резањем кочионе шапе[17]

Операција 1 – Обрада унутрашњих површина шапе, односно лежишта за кочиони диск специјалним тестерастим глодалом,

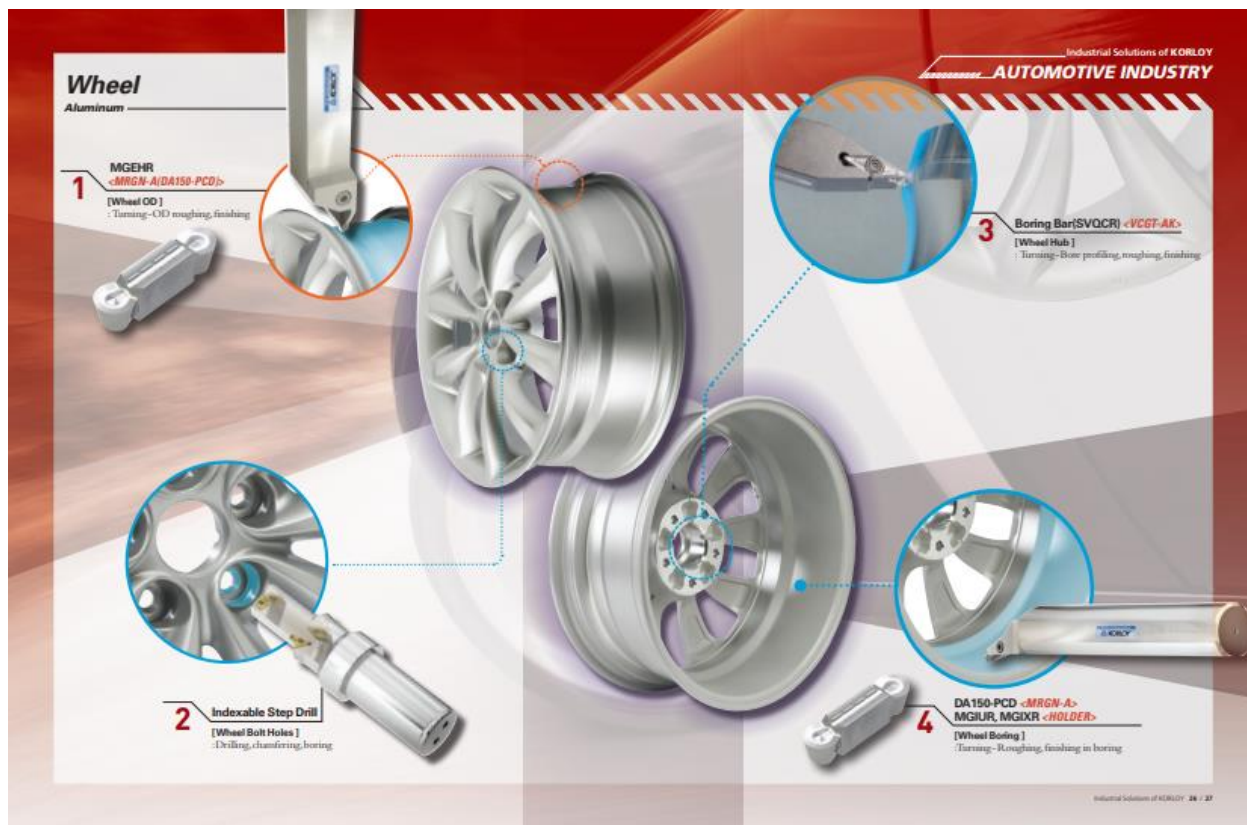
Операција 2 – Бушење цилиндра специјалним алатом,

Операција 3 – Бушење отвора алатом MSD,

Операција 4 – Обрада осталих површина кочионе шапе специјалним алатом,

Операција 5 – Обрада лежишта кочнице специјалним алатом.

4.11 Обрада фелне



Слика 40 Обрада фелне резањем[17]

Операција 1 – Обрада спољашњег пречника фелне уз коришћење носача са специјалном измењивом плочицом MRGN-A(DA150-PCD),

Операција 2 – Бушење отвора за завртњеве специјалним двостепеним алатом,

Операција 3 – Обрада централног отвора фелне носачем SVQCR са измењивом плочицом VCGT-AK,

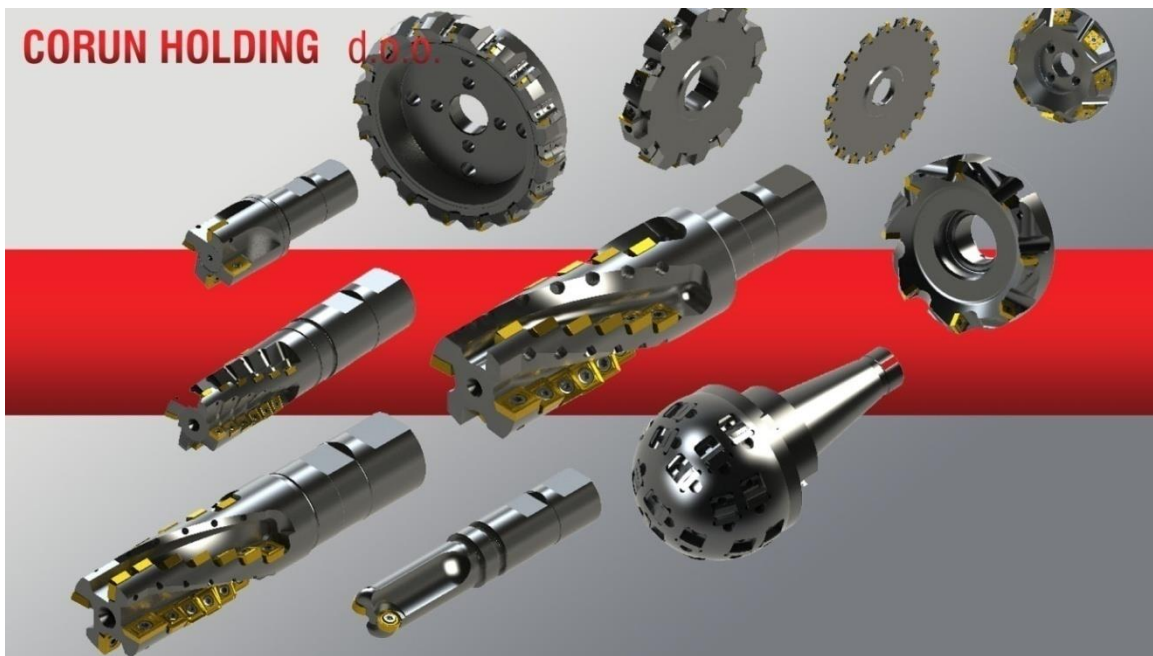
Операција 4 – Обрада унутрашњег пречника фелне носачем DA 150-PCD са измењивом резном плочицом MRGN-A.

5. Савремени резни алати за обраду изабраних делова

5.1 Corun Holding DOO

У оквиру истраживања и прикупљања информација за завршни рад, посећена је фирма *CORUN HOLDING DOO*, једина фирма у нашој земљи која се бави производњом савременог резног алата, резних плочица и њихових носача (слика 41). Налази се у Ужицу у оквиру комплекса „Први Партизан“. Фабрика је специјализована за производњу резног алата од тврдог метала за машинску обраду, специјалних алата за путну, рударску и нафтну индустрију. Фирма је основана 1983. године. Неколико пута је промењен власник фирме, тако да је данас целокупни власник *Coruna* домаћа наменска индустрија.

Значајно је напоменути да је *Corun* производио бројне савремене алате за обраду резањем коришћене за производњу делова у аутомобилској индустрији. Пре домаће наменске индустрије, власништво *Coruna* припадало је трговинском предузћу из Русије, па је на основу тога успостављена производња савременог алата за фабрику аутомобила *LADA*. Ти алати се могу видети у излогу производа у самој фирми.



Слика 41 Глодачки алати фирме *Corun Holding DOO*[18]

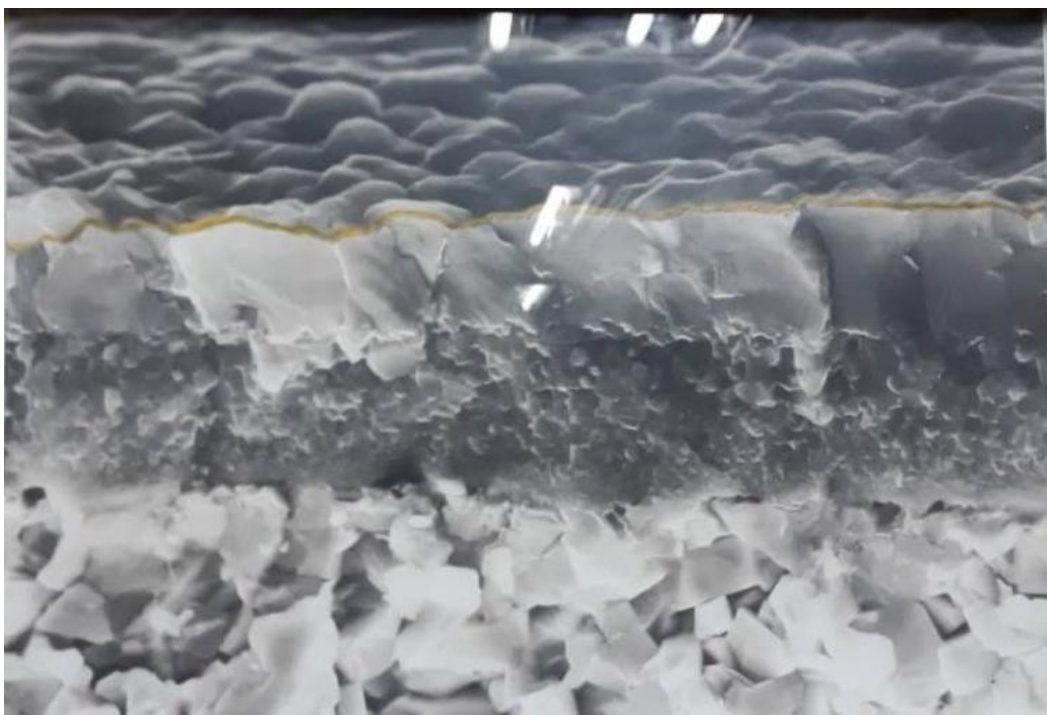
У фабрици *Corun* производе се сви сегменти савременог резног алата, резне плочице и њихови носачи. Алати, односно калупи у којима се сабија прах и производе плочице различитих димензија и облика такође се праве на лицу места, у алатници фирме. Производња није везана само за алате, већ и за разне друге делове од тврдог метала.

5.2 Измењиве резне плочице

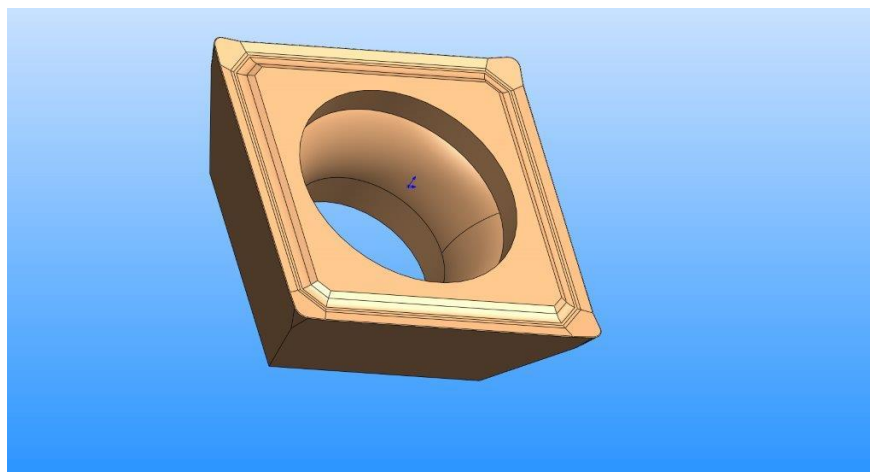
Измењиве резне плочице производе се сабијањем и синтеровањем праха волфрам карбида (WC), после чега се наноси нека од превлака физичким или хемијским путем. Поред волфрам карбида, у плочицама се налази и кобалт, који служи као везивни елемент зрна волфрам карбида (слика 42). Поред волфрам карбида, плочице могу бити израђене и од синтероване керамике. Такве плочице имају већу тврдоћу и могу поднети веће температуре, али су јако крте. Плочице се после синтеровања брусе, а добијене оштре ивице се благо заобљавају, радијусом од неколико стотих делова милиметра како се не би брзо окрзале при резању. Производња једне резне плочице може да траје и по неколико дана.

Табела 3. Превлаке резних алата

ТИТАН НИТРИД - TiN	обрада резањем материјала на бази гвожђа
	обликовање метала
	ливење пластике
ТИТАН КАРБО-НИТРИД – TiCN(ML)	обрада тешко обрадљивих легура челика
	велика примена резања при разним температурама
	Одличан за обликовање метала
ХРОМ – НИТРИД - CrN	Обрада бакра и других обојених метала
	Обликовање метала
	Ливење пластике (добро извлачење)
	Матрице у којима се лије алуминијум и магнезијум
КАРБО – НИТРИД - CrCN	Обрада бакра
	Обликовање метала
	Ливење пластике
	Одличан за ливење Al и Mg у калупима
	Матрице за ливење Al и Mg
АЛУМИНИЈУМ ТИТАН КАРБО – НИТРИД AlTiCN	Одличан за обраду јако жилавих челика
	Копирно и испрекидано глодање тврдох материјала
	Груба обрада са испрекиданом резном ивицом
АЛУМИНИЈУМ ТИТАН – НИТРИД - AlTiN	Обрада термички обрађених каљених комада
	Операције при великим брзинама резања
	Већа постојаност од осталих превлака
ТИТАН АЛУМИНИЈУМ НИТРИД - TiAlN	Пресвлачење широког спектра тврдох метала
	Обрада ливеног гвожђа
	Обрада великим брзинама при сувој обради



Слика 42 Микроструктура измењиве резне плочице



Слика 43 3D модел измењиве резне плочице[18]

5.3 Sandvik Coromant

При производњи аутомобилских делова, користе се готово сви типови машинске обраде резањем, при чему се на машинама за обраду резањем изводе готово све операције резања због разноликости и сложености аутомобилских делова. Највећи и најмоћнији произвођач свих савремених резних алата је Шведска компанија *Sandvik Coromant*.



Слика 44 SANDVIK Coromant алати[19]

Sandvik нуди широк асортиман најсавременијег алата за обраду резањем, тако да се њихов алат користи у фабрикама аутомобила широм света. Глодачке главе различитих типова и пречника (слика 45), стругарски ножеви различитих конструкција (слика 46), алати од тврдог метала, измењиве плочице, алати са различитим пресвлакама, алати за бушење (слика 47) само су неки од производа које *Sandvik* нуди, а користе их готово све фабрике аутомобила у погонима за машинску обраду.



Слика 45 Неки типови глодачких глава компаније SANDVIK Coromant[19]



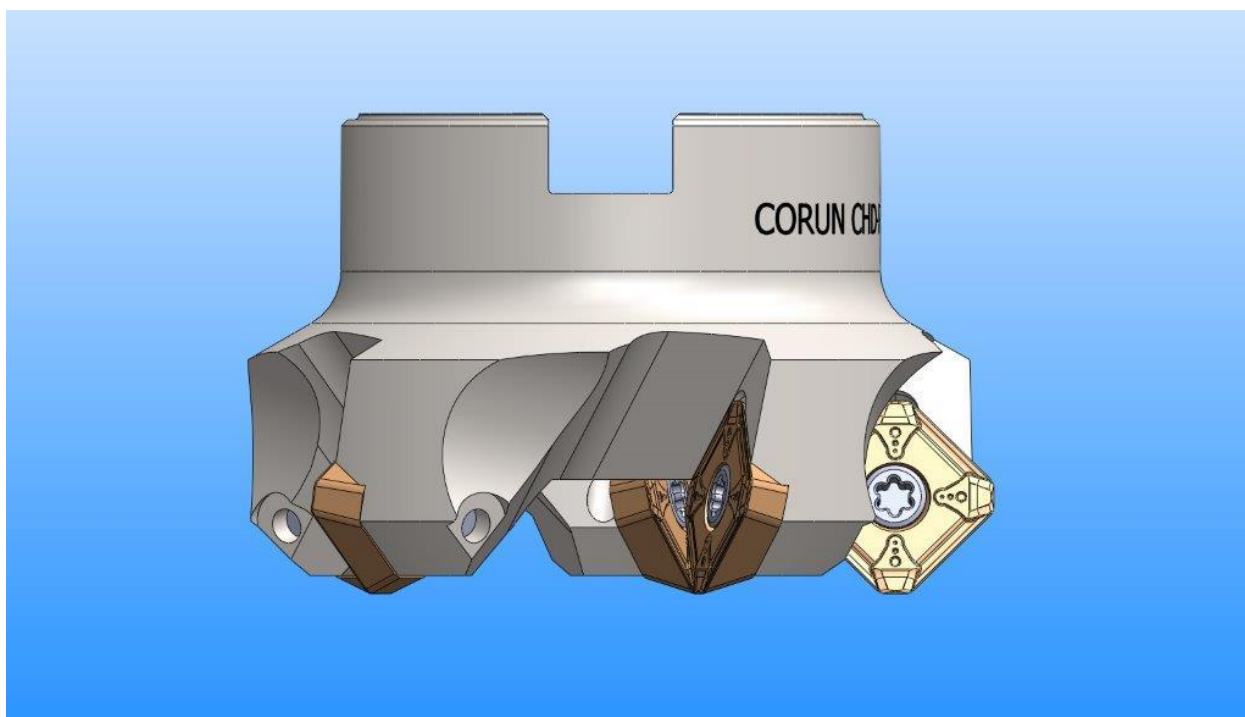
Слика 46 Сругарски ножеви компаније SANDVIK Coromant[19]



Слика 47 Алати за бушење компаније SANDVIK Coromant[19]

5.4 Алати за обраду блока мотора

Алати за обраду блока мотора резањем су разноврсни и бројни, због великог броја различитих операција резања. Највише се користе чеона глодала (слика 48), обимна глодала, бургије, проширивачи, развртачи, упуштачи, урезници, итд. Код чеоних и обимних глодала већ се увелико користе измењиве резне плочице које се постављају на носаче различитих пречника.



Слика 48 Глодачка глава CHD-R245-050A22-05, Corun[18]

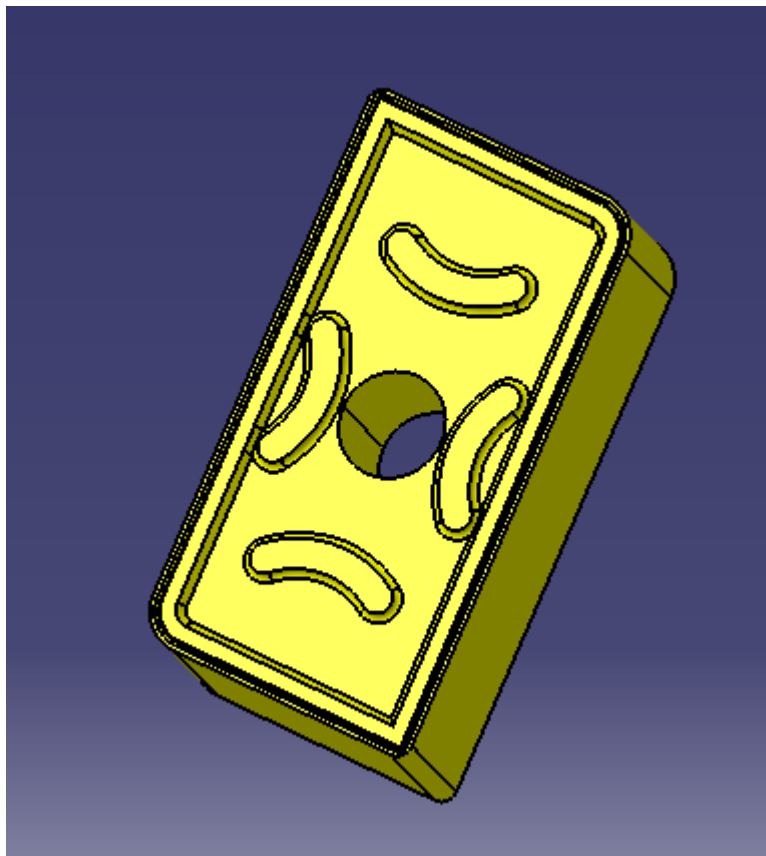
На блоку мотора је потребно обрадити доста површина чеоним глодалом, ради добијања база за стезање и постављање као и равних површина за даљу обраду. Приликом конструкције чеоних глодала, води се рачуна да се направе таква лежишта за измењиве плочице да се оне могу окретати што више пута када дође до затупљења. На слици је приказан тип плочице који се може окретати 4 пута.

Глодачке главе могу бити различитих концепција са различитим облицима плочица које се на њих механички причвршћују пум завртњева. Лежишта за плочице израђена су са великом прецизношћу, како би врхови свих плочица при обради били у истој равни.

У *Coruni* се производи јако велик број плочица ромбоидног облика, што за стругарске ножеве, што за глодачке главе. Те плочице се у главном могу окренути 2 пута.

5.5 Моделирање измењиве плочице

Циљ је био осмислити сопствени дизајн ромбоидне плочице (слика 49). Тако је измоделирана једна ромбоидна плочица за глодачку главу која је прчника 100mm и има 6 места за ромбоидне плочице. Глодачка глава је такође измоделирана.

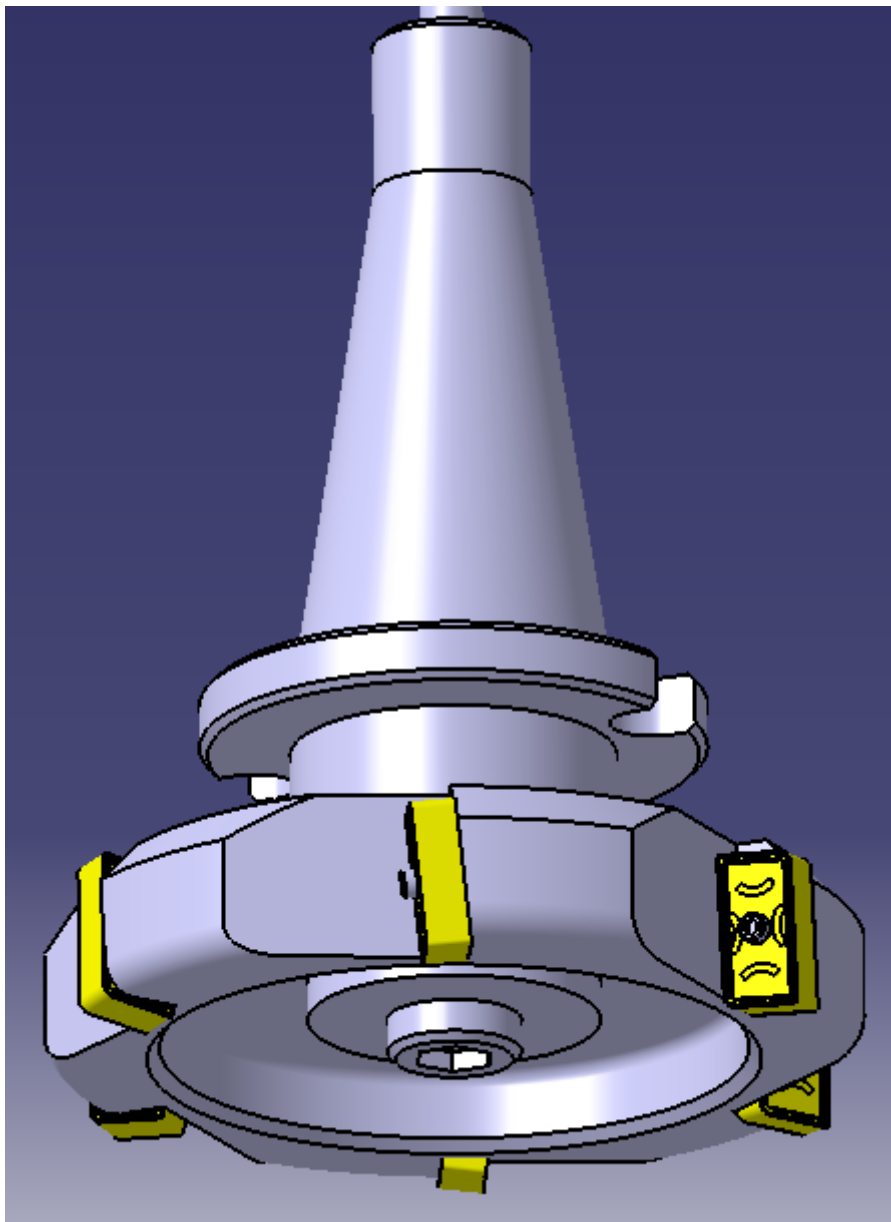


Слика 49 Измоделирана измењива резна плочица

Замисао је да плочица изгледа као на слици 49. Гравура на површини плочице не игра улогу када је у питању резање, тако да произвођачи стављају неке сопствене препознатљиве гравуре на површину измењиве плочице. На плочицу са слике постављена је гравура у облику Српска 4 слова С, као знак да је плочица моделирана и израђена у нашој земљи. На плочици је такође измоделиран канал по ободу, који служи као ломач струготине, као и отвор за завртањ М4. Плочица има све углове резања, а циљ је да се уместо 2 окртања, обезбеди 4 окретања израдом конусног лежишта на глодачкој глави.

5.6 Моделирање глодачке главе

Измоделирана је глодачка глава са прихваом ISO 40 за CNC глодалицу (слика 50). Једноставног је облика, тако да се може урадити једноставним стругањем и глодањем (коришћење подеоног апарата). Има 6 конусних лежишта за измењиве плочице, како би се једна иста плочица могла користити 4 пута. Пречник глодачке главе је 100mm.



Слика 50 Измоделирана глодачка глава пречника 100mm, са 6 измењивих резних плочица

6. Закључци

Развој једне гране индустрије прате и остале гране, које су блиско повезане. Тако је развој CNC машина, технологија и савременог резног алата пратио развој и експанзију аутомобилске индустрије. Све ове области су нераскидиво повезане и у кораку са временом. Много новца се улаже у развој технологије на овим пољима, а све у циљу задовољавања пореба модерног тржишта и производње која достиже јако велике размере. Иако су прва асоцијација на фабрику аутомобила роботи, пресе и остала производна опрема којом се производе и заварују компоненте каросерије аутомобила, видимо да без машина за обраду резањем аутомобил практично не би могао бити израђен. Чак шта више, обрадом резањем добијамо најзахтевније и најспецифичније делове аутомобила који директно утичу на преформансе аутомобила као што су потрошња, вуча, сила кочења, пренос, бука, итд. Пошто је аутомобилска индустрија највећа грана индустрије, веома велики број најсавременијих машина и алата је ангажован у производњи делова. Све захтевнији изазови који се постављају пред инжењере који раде у аутомобилској индустрији не могу се превазићи без примене савремених софтвера за моделирање, тестирање и симулацију. Ти захеви су у погледу квалитета и сложености делова аутомобила, као и све сложенијег унутрашњег и спољашњег дизајна аутомобила, те све већи пакет опреме који аутомобил мора да поседује.

7. Литература

- [1] Wikipedia, Интернет адреса: <http://en.wikipedia.org/wiki/Automobile> приступљено 12.09.2019.
- [2] Др. Богдан Недић, Миодраг Лазић, производне технологије-обрада метала резањем, Факултет инжењерских наука, Крагујевац.
- [3] HAAS Automation, Inc. <https://www.haascnc.com/index.html> приступљено 12.09.2019.
- [4] Harvey Tool <http://www.harveytool.com/> приступљено 12.09.2019.
- [5] BMW <https://www.bmw.com/en/index.html> приступљено 12.09.2019.
- [6] Heller Industry solutions <https://www.heller.biz/en/machines-and-solutions/industries/automotive/> приступљено 12.09.2019.
- [7] FIAT Srbija <https://www.fiatsrbija.rs/> приступљено 12.09.2019.
- [8] FANUC <https://www.fanuc.eu/rs/en> приступљено 13.09.2019.
- [9] L.N. López de Lacalle, A. Lamikiz, Machine Tools for High Performance Machining, Springer, Bilbao, Spain, 2009.
- [10] HEXAGON <https://hexagon.com/> приступљено 13.09.2019.
- [11] AMS – Automotive Manufacturing Solutions <https://www.automotivemanufacturingsolutions.com/measurement/advanced-3d-metrology-for-car-body/36801.article> приступљено 14.09.2019.
- [12] Adobe Stock <https://stock.adobe.com/ca/images/a-modern-cnc-milling-machine-makes-a-large-cogwheel/172041052> приступљено 14.09.2019.
- [13] Automotive Industry MCR Safety <https://www.mcrcsafety.com/en/industry/automotive> приступљено 15.09.2019.
- [14] Taurus Products Inc. <https://taurus.com/machines/vehicle-design/msm/> приступљено 16.09.2019.
- [15] MAUSS GmbH <https://mauss.de/en/> приступљено 16.09.2019.
- [16] Cross Hüller (2008), Global Transfer Lines for Cylinder Blocks, Brochure No. 6101e 2000 0704
- [17] KORLOY [http://www.korloy.com/en/ebook/2019%20Automotive%20Industry\(EM\)/assets/contents/download.pdf](http://www.korloy.com/en/ebook/2019%20Automotive%20Industry(EM)/assets/contents/download.pdf) приступљено 18.09.2019.
- [18] Corun Holding DOO <https://corun.rs/> приступљено 16.09.2019.
- [19] SANDVIK Coromant <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/default.aspx> приступљено 16.09.2019.