

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Производне технологије

Број индекса: 126/2013

Лазар М. Славковић

Пројектовање гравура алата за бризгање гуме
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука
Модул: Производно машинство
Предмет: Производне технологије

Завршни рад

на тему:

Пројектовање гравура алата за бризгање гуме

За кандидата: Лазар Славковић 126/2013

У оквиру завршног рада кандидат треба да размотри карактеристике процеса инјекционог бризгања, алата за израду делова о-ринга од гуме и примену електроерозионе обраде за израду гравура алата. Потребно је дати приказ пројектовања гравура алата и извршити пројектовање електроде за електроерозиону обраду.

Завршни рад треба да садржи следеће целине:

1. Основне појмове о гуми
2. Процес обликовања полупроизвода пре вулканизације
3. Процес вулканизације
4. Алати и технологија израде делова од гуме
5. Начин пројектовања дела о-ринга од гуме и гравура
6. Пројектовање и израда електрода за ЕДМ обраду
7. Закључак
8. Литературу

Ментор:
Проф. др Богдан Недић

Крагујевац,
Октобар, 2016.

Резиме

У раду се говори о гуми, као материјалу који због својих еластичних, изолационих и заптивних особина налази велику примену у свим индустријским гранам, о њеним својствима, као и о поступцима прераде гуме, са посебним нагласком на прераду бризгањем. Такође, дат је принцип пројектовања алата за израду делова о-ринга од гуме. Због релативно малих димензија гравура алата коришћена је електроерозиона обрада. Дат је принцип израде електроде на стругу, потребне за добијање жељене гравур у софтверском програму CATIA V5 и представљен је NC код.

Кључне речи: пројектовање, бризгање, гравуре, електрода.

Abstract

The thesis describes rubber, as material with its all elastic, insulating and sealing characteristics which finds widely usage in all industrial's spheres; describes rubber qualities, as well as methods of processing rubbers with highlights on injection molding processing of rubber. Also, it is described the principle of designing the tools for creating the parts O-ring of rubber. Due to the relatively small size of engraving tools it was used electrical discharge machining (EDM). The principle of creating electrode on lathe machine required for obtaining a desired engravings is made in the software program CATIA v5 and presented in the NC code.

Key wards: projection, injection molding, engraving, electrode

Садржај

Увод

1. Гума	5
1.1. Основни појмови	5
1.2. Сировине за производњу гуме	6
1.3. Додаци у процесу производње гуме	7
2. Обликовање полупроизвода пре вулканизације.....	14
3. Вулканизација	18
4. Врста и квалитети гуме	21
5. Старење гумених производа.....	24
6. Алати и технологије израде делова од гуме	25
6.1. Основни захтеви за конструкцију и израду алата	25
6.2. Подмазивање и чишћење.....	26
6.3. Технологија бризгања	27
7. Пример пројектовања гравура алата за израду О-ринга од гуме	29
7.1. Основе пројектовања алата	30
7.2. Пример пројектовања гравура	31
8. Електроерозиона обрада и израда електроерозионог алата CNC глодањем .	34
8.1. Електроерозиона обрада	34
8.2. Израда електроерозионог алата CNC глодањем	35

Закључак

Литература

Увод

Једна од области која посебно напредује у развоју је и област полимерних материјала, која је довела до читавог низа нових производа и масовне производње материјала специфичних механичких и других карактеристика. Посебан развој у тој области припада еластомерима у чију групу спада гума.

Открићем Америке 1491. године Европљани су упознали смоласто-еластичну смесу, названу каучук. Тамошња племена, правила су од каучука обућу, посуде за воду, лопте итд. Биљка која се највише користи за добијање гуме зове се хевеја (*Hevea brasiliensis*). На хевеји се праве зарези, из којих цури млечни сок – латекс. Лепљиви, млечни сок се скупља, а његовим згрушавањем настаје каучук. Реч каучук потиче од речи „cahuchu“ што значи „дрво које плаче“.

Пре више од 200 година индустрија гуме није постојала. Проналаском најважније методе прераде каучука (вулканизације) 1844. године, потрошња каучука почиње да расте. Двадесети век је, због наглог пораста потрошње каучука у индустрији, доказао да је за данашњи живот, неопходан читав низ најразличитијих предмета израђених од каучука.

У оквиру завршног рада, поред самог описа сировине која се користи у производњи, дат је приказ алата за бризгање гуме као и његова обрада помоћу електроерозионе обраде.

У *првом делу* говори се о самом појму гуме, о сировинама које се користе за њено добијање, као и о додацима чијим се мешањем са основном сировином добија смеша која се даље прерађује.

Други део се односи на добијање полупроизвода путем различитих поступака прераде, као што су екструзија, каландровање и резличити поступци пресовања.

У *трећем делу* се говори о вулканизацији каучукове смеше кроз, са детаљним описом основних фаза вулканизације, а такође се говори и о методама вулканизације.

У *четвртм и петом делу* су дате основне информације о врсти и квалитету гуме, као и о томе како долази до старења гумених производа.

У *шестом делу* говори се основним захтевима за конструкцију и израду алата за производњу гумених делова, као и о самом одржавању алата и о технологији бризгања.

У *седмом делу* дате су неке основе пројектовања алата и приказ израде калупних шупљина (гравура), као и начин уклањања материјала из калупних шупљина.

У *осмом делу* описан је поступак електроерозионе обраде и процес израде електроерозионе електроде стругањем у програмском софтверу CATIA V5. Такође дат је и NC код поступка израде дела.

На самом крају завршног рада дат је закључак као и списак литературе која је коришћена при изради рада.

1. Гума

1.1. Основни појмови

Основна подела полимерних материјала према механичком, техничком и хемијском понашању се може извршити на: термопластичне (термопласти), термореактивне (дуропласти) и еластомере.

Еластомери обухватају велики број полимерних материјала који имају велике еластичне деформације при дејству малих напона, а по престанку њиховог дејства брзо се враћају у првобитан облик. Еластомери се могу поделити на: гуму и еластопластомере. Гуму је могуће дефинисати на различите начине: према саставу, својству и структури

Према саставу гума је сложени материјал добијен од каучука и разних додатака који су се користили ради процеса побољшања својстава каучука. Највећи успех је представљао додатак сумпора, уз дејство топлоте и притиска, што указује да гума није само смеша каучука и додатака већ да су за њено добијање потребне неке хемијске промене (вулканизација). Додаци се могу поделити у следеће групе.

- Средства за вулканизацију (умрежавање) – као ова средства користе се сумпор, селен, пероксид и др,
- Убрзивачи, активатори, успоривачи вулканизације – заједно са средствима за вулканизацију чине систем за вулканизацију који омогућава добијање бољих физичко-механичких и других особина гуме,
- Пунила – у које спадају чађ, креда, каолин, калцијумкарбонат, глина и др. доводе до промене особина гуме и добијања на маси и запремини производа са истом количином каучука, чиме се смањује цена. Такође се могу мењати тврдоћа, модул, прекидна чврстоћа (код појачавајућих пунила она расте са количином до неког максимума, а затим опада), топлотна стабилност и отпорност на хемикалије,
- Пластификатори и омекшивачи – олакшавају прераду смеша и смањују тврдоћу производа. Неки повећавају отпорност материјала на ниским температурама. То су обично уља, минералног или биљног порекла, али могу бити и синтетски производи, па и полимери,
- Средства против старења – су додаци који успоравају процес деградације гуме а тиме и погоршање њених физичко-механичких карактеристика, стварање пукотина и разарање. У ову сврху се користе хемијске реактивне органске супстанце које спречавају дејство агенаса који разарају гуму,
- Специјални додаци – који служе у различите сврхе: као заштита против горења, за стварање пенастог материјала, промену електромагнетних својстава итд [1].

Према својству гума је материјал који се лако под дејством мале силе деформише, нпр. истезањем на више од 100% своје дужине, и враћају при собној температури и престанку дејства силе, готово потпуно, у првобитан облик. За разлику од челика губи своје еластичне карактеристике при деформацији испод 1%, гума може издржати, без значајних заосталих деформација, вишеструко истезање од 500% па и 1000%. Важно својство гуме јесте мала тврдоћа која је комбинована са еластичним својствима, непропустљивошћу и инертношћу за многе флуиде. То даје гуми добре заптивне особине, као и широку примену. У погледу хабања, може да варира од јако отпорне до врло потрошне. У основи је електроизолациони

материјал, што знатно варира зависно од састава. Има неенергетски карактер, на шта указује употреба мале енергије за њено деформисање.

У структурном смислу, савремена наука дефинише гуму као просторно умрежен систем молекула каучука, тј. систем полимерних ланаца са дугим сегментима између чворова мреже, у термичком кретању. Приликом макродеформације материјала долази и до микродеформације сегмената и померања чворова мреже под дејством спољашњег поља, чиме се унутрашња уређеност система мења, посебно при великим деформацијама, што резултује специфично понашање гуме при деформисању. Просторна мрежа онемогућава кретање молекула каучука, уграђених у њу, по запремини материјала и прелазак у раствор без кидања мреже. Тиме се објашњава нерастворљивост вулканизата (бубри у разним растварачима), нестишљивости гуме и др. [1].

1.2. Сировине за производњу гуме

Као полазна сировина за добијање гуме користи се каучук, који по пореклу може бити природни и синтетички па због тога разликујемо природну и синтетичку гуму. Под каучуком се подразумева неумрежени макромолекулски материјал природног или синтетичког порекла, од кога се производи гума. Каучуци имају способност да се на собној температури, због своје макромолекулске структуре, враћају у првобитан облик, из кога су изведени због дејства слабих напона. Већина каучука одликује непропустљивост за течности и гасове као и добре електроизолационе карактеристике.

Основна сировина природне каучука је латекс (каучуково млеко) које се добија од тропске биљке хевеје. Добијање латекса изводи се путем зарезивања дрвета и подесног начина прикупљања сока који цури из дрвета. Латекс, који садржи веома мале честице каучука, се као суспензија при преради разлаже до садржаја каучука од приближно 15%, а затим се подвргава коагулацији (згрушњавању) помоћу органске киселине. Ваљањем коагулисаног материјала истискује се вода, при чему се добија плоча која се даље суши струјом топлог ваздуха. Тако се добија каучук који се даље подвргава процесу вулканизације чиме се добија гума. Природни каучук је аморфан. При дужем стајању могућа је његова кристализација. Кристализација може да настане и приликом истезања каучука, што знатно повећава његову чврстоћу. Дуктилност (растегљивост) каучука зависи од температуре. Загревањем на 80⁰ С каучук постаје пластичан, на 200⁰ С почиње да тече, а на температури од -70⁰ С је крт. Структуру природне гуме чини углавном полизопрен (полимер са дугим ланцима), помешан са малим количинама протеина, липида, неорганских соли и већег броја других компонената[8].

Синтетички каучук обухвата групу високо полимерних материја, чији је полимер способан да реакцијом умрежавања – вулканизацијом пређе из више пластичног у више еластично стање. Производња синтетичког каучука се састоји из два узастопна процеса, и то производња мономера као први процес и његова полимеризација или кондензација као други процес.

Својства синтетичког каучука обично се упоређује са особинама природног каучука. Природни каучук се одликује великом еластичношћу, јачином на истезање и увијање, као и непропустивост за гасове и течности. Те особине се захтевају и од синтетичког каучука, али се често постављају и такви захтеви које поседују само синтетички каучуци, а то су: отпорност према нафти и нафтиним дериватима, органским растворима, морској води, алкалијама, киселинама и другим материјама. Синтетички каучуци према својствима које поседују деле се на:

- универзалне синтетичке каучуке – употребљава се за израду производа од гуме као што су : пнеуматика, гумене обуће и друге техничке робе. Код ове врсте производа настоји се да његове особине буду што ближе природном каучуку. У ову групу спадају чисти бутадијен и бутадијен-стиролни каучук.
- специјалне синтетичке каучуке – који су намењени за специфичне услове рада. Има их више врста од којих се највише користе у техници: бутадијен-нитрилни каучук, хлоропренски каучуци, полибутилен и др. [2].

1.3.Додаци у процесу производње гуме

Каучуци, како природни тако и синтетички, имају малу практичну примену, јер сам каучук не може да одговори техничким захтевима многих производа. Да би се побољшала својства чистих (сирових) каучука и да би се добили производи одговарајућих својстава, каучук се преводи у гуму, тако што се меша са разним додацима (органским и неорганским материјалима) и вулканизује се. Сви материјали који улазе у састав каучукове смеше називају се ингредијенти. реч ингредијент значи додатак, “онај који улази у састав”. Они се обично називају састојци смеше за вулканизовање. У зависности од специфичности деловања на својства каучукових смеса и вулканизата, додаци се деле на следеће групе

- средства за вулканизацију
- убрзивачи вулканизације
- успоривачи вулканизације
- средства против старења, замарања и деловања озона
- омекшивачи
- пунила
- боје
- додаци специјалне намене

Већина ингредијената утиче на својства не само готових вулканизата већ и сирове каучукове смеше у процесу производње. Поделу ингредијената на групе не треба сматрати апсолутном јер низ ингредијената може имати различите улоге у каучуковој смеси, зависно од количине у којој се дозирају, од врсте каучука коме се додају и од удела и састава осталих ингредијената. Додаци каучукове смеше треба да имају:

- приближно исти степен дисперзије у каучуку
- минималан садржај воде и испарљивих материјала
- да буду што чистији и без механичких нечистоћа
- да не садрже слободне минералне киселине и минералне соли растворене у води
- да буду што једнороднији по саставу
- да буду стабилни у условима чувања и вулканизације

Прашкasti ингредијенти треба да буду дисперзивни, односно да се добро распоређују, како би се добила каучукова смеша хомогеног састава. Да би вулканизати имали добра физичко-механичка својства, у току израде каучукове смеше, површина додира ингредијената скаучуком треба да буде што већа. Повећан садржај воде и испарљивих материјала у ингредијентима, при вулканизацији каучукове смеше, доводи до стварања пора и мехура. Слободне минералне и киселине и минералне соли у води смањују активност органских убрзивача и неповољно утичу на отпорност вулканизата на старење. Због тога се морају добро познавати општа својства ингредијената, а нарочито њихов утицај на карактеристике вулканизата [2].

Средства за вулканизацију

Сумпор је основно средство за извођење вулканизације природног и највећег броја синтетичког каучука. Сумпор се може наћи у различитим алотропским модификацијама, као: ромбичан, моноцикличан и аморфан. Ромбична модификација је најстабилнија. Карактеришу је кристали јако жуте боје, температура топљења 112.8°C , густине $2,07\text{ g/cm}^3$. Растворљивост таквог сумпора у каучуку је добра. Моноцикличан сумпор карактерише знатно мања растворљивост у каучуку, док је аморфни сумпор, који настаје наглим хлађењем прегрејаног сумпора, нерастворљив у каучуку.

Растворљивост сумпора у каучуку зависи, како од алотропских модификација, тако од температуре, врсте каучука и количине додатих убрзивача. Са повећањем температуре, растворљивост сумпора у каучуку знатно расте. У току израде смеша на бази природног каучука, растворљивост сумпора је 3% до 4% на 55 до 65°C . На температури вулканизације растворљивост достиже вредност од 10%. При хлађењу каучукове смеш могу настати презасићени раствори сумпора у каучуку из којих сумпор дифундира на површину и кристалише. Појаву кристализације сумпора на површини називамо “исцветавање”. Искристалисани сумпор код сирових смеша смањује лепљивост, што изазива тешкоће при конфекцији гумених делова. Исцветавање сумпора може се смањити на неколико начина:

- увођење омекшивача који омогућавају бољу расподелу сумпора (боров катран, стеаринска киселина),
- увођењем регенерата и гасне чађи, смањење исцветавања се постиже великом растворљивошћу сумпора у регенерату и апсорпцијом сумпора на гасној чађи,
- извођење процеса мешања каучукове смеше на што нижим температурама, при чему један део сумпора остаје нерастворен,
- коришћење малих количина сумпора, нераствореног сумпора или смеше сумпор-селен.

Појава исцветавања сумпора код вулканизата знак је непотпуне вулканизације. Осим сумпора способност умрежавања каучука имају: селен и телур, оксиди цинка, магнезијум, кадмијум и олово, органска једињења тринитробензена, фенолне смоле, нека полисулфидна једињења, изоцијанати пероксиди итд. [2].

Убрзивачи вулканизације

У почетку се процес вулканизације изводио искључиво помоћу сумпора. Међутим, временски дуге вулканизације, употреба велике количине сумпора и одвијање процеса на релативно високим температурама довели су до потребе за коришћењем хемијских супстанци познатих под именом убрзивачи вулканизације.

Увођењем убрзивача омогућена је израда вулканизата са знатно мањим количинама сумпора, а самим тим и могућност исцветавања сумпора на површину вулканизата, снижење температуре вулканизације каучукових смеша и скраћење времена за извођење вулканизације. Смањена је, такође, опасност од реверзије, тј. опадања физичко-механичких својстава после оптимума. Омогућена је и примена органских боја уместо неорганских, коришћење већих количина чађи као пунила и умрежавање неких специфичних каучука, који се не могу вулканизовати само помоћу сумпора.

Снижење температуре и временски краћа вулканизација омогућили су постизање знатно бољих механичких својстава, нарочито отпорности на старење, уштеде у времену, електричној енергији, материјалу и цени готових гумених производа.

Према интензитету активности, убрзивачи се деле на:

- ултрабрзе (имају јако убрзавајуће дејство), делују на температури од око 100⁰ С,
- брзе, са температуром вулканизације од 100 до 140⁰ С,
- умерено брзе, са температуром вулканизације од око 140⁰ С,
- споре убрзиваче, са температуром вулканизације преко 142⁰ С .

Успоривачи вулканизације

Да бисе обезбедила сигурност у раду при умешавању смеше на повишеној температури или при преради каучукове смеше екструдирањем или каландровањем, потребно је у таквим случајевима успорити почетак вулканизације смеше. Овим успоравањем обезбеђује се тзв. “период течења ”, који омогућава добро разливање каучукових смеша које се вулканизују у калупу. У пракси се најчешће примењују следеће групе успоривача: органске киселине које не испаравају лако, нитрозо-једињења и анхидрид фталне киселине.

Средства против старења, замарања и деловања озона

Постојаност вулканизата зависи најпре од хемијске структуре каучука на бази којег је добијен сам вулканизат. Процеси деградације могу се мање или више успорити додавањем одређених хемијских једињења каучуковој смеси. Таква једињења називају се средства против старења односно замарања и деловања озона. Средства против старења позната су још и под именом антиоксиданти. Овај назив дат је оним хемијским једињењима која се употребљавају у каучуковим смешама да спрече привремено погоршавање вулканизата изазваног оксидацијом односно главни утицај при старењу вулканизата који долази од стране кисеоника. Међутим, данас када је употреба антиоксиданата знатно проширена, сматра се да они имају инхибирајуће дејство не само против кисеоника , већ и против утицаја топлоте, светлости, поливалентних метала и др.

Сваки примењени антиоксидант није у могућности да у подједнакој мери штити вулканизат против свих погоршавајућих утицаја, баш зато што их има читав низ, што у зависности од интензитета погоршавања, наступају различита дејства од којих се вулканизати не могу заштитити употребом само једног антиоксиданта. То значи да сваки антиоксидант сам за себе има већу или мању заштиту претежно само против једног утицаја, добијајући отуда и ближи назив у зависности од заштите коју пружа. Средства која показују значајну заштиту против замарања гуме при разним напрезањима називају се заштитна средства против замарања. Они који гуму штите од климатских утицаја тј. од утицаја топлоте, светлости, озона итд. носе назив заштитна средства против атмосферског утицаја [2].

Када је реч о антиоксидантима, потребно је указати на особине које они морају да имају да би се практично могли употребити. Оне су углавном следеће:

- да се лако и добро диспергују (разложе) у каучук,
- да за време вулканизације буду постојани и инертни, тј. да немају успоравајуће нити убрзавајуће дејство на ток вулканизације,
- да за време вулканизације не прљају производ, односно да су без утицаја на боју вулканизата,
- да су без мириса, укуса и да нису отровни.

Када је реч о подели средстава против старења они се деле на групу хемијских и групу физичких средстава против старења, у зависности од начина на који се остварује заштита вулканизата.

У хемијску групу долазе она средства која се претежно појављују као инхибитори оксидације. Хемијска средства против старења се, полазећи од њиховог технолошког дејства деле у три подгрупе:

- средства која пружају заштиту против замарања,
- групу оних која немају заштитну моћ,
- средства која вулканизате штите од последица изазваних атмосферским утицајем тј. топлоте, светлости, озона итд.

Физичку групу чине она средства чије је заштитно дејство заступљено углавном на површини гуме, штитећи је од погоршавајућих утицаја из околине. Овде се ради о заштити која се базира управо на чисто физичком обезбеђењу површине вулканизата. Ова група се даље дели на две подгрупе тј. на:

- средства која пружају заштиту само од утицаја светлости и
- средства која пружају заштиту од утицаја и светлости и озона.

Омекшивачи (пластификатори)

Омекшивачи су органска једињења која повећавају пластичност каучукових смеша и смањују унутрашње трење, чиме омогућавају израду и прераду каучукових смеша. Користе се у течном и чврстом стању. Дејство омекшивача огледа се у следећем:

- обезбеђују равномернију расподелу ингредијената у каучуковој смеши,
- смањују загревање при мешању, чиме се смањује опасност од превремене вулканизације,
- смањују утрошак електричне енергије при изради и преради смеше,
- снижавају температуру омекшавања каучукове смеше на почетку вулканизације,
- побољшавају отпорност на ниским температурама,
- побољшавају обликовање каучукових смеша при преради и вулканизацији,
- умањују скупљање вулканизата и
- утичу на ток вулканизације, физичко-механичка својства и старења вулканизата.

Правилно одабрани омекшивачи и дозирани у оптималним количинама побољшавају еластичност, снижавају хистерезисне губитке и развијање топлоте при учесталим деформацијама вулканизата. Неправилан избор врсте и количине омекшивача може да доведе до погоршања низа физичко-механичких карактеристика вулканизата: знатно се смањује прекидна чврстоћа, снижава се модул и смањује тврдоћа.

Избор омекшивача зависи од намене и услова експлоатације вулканизата. Количина омекшивача која се додаје каучуковој смеши зависи од врсте употребљених ингредијената и врсте каучука. За природни каучук та количина износи 5 до 8% у односу на каучук. Синтетички каучуци, нарочито они који се тешко мешају са додацима, изискују знатно већу количину омекшивача, чак и до 30% у односу на каучук.

Омекшивачи треба:

- да су компатибилни са каучуком
- да су хемијски и термички постојани за време вулканизације
- да им се вискозитет мало мења са променом температуре
- да је садржај испарљивих материја мали на радној температури
- да нису токсични

Сви омекшивачи нису подједнако компатибилни са каучуком. Подношљивост омекшивача и каучука одређује се на основу бубрења каучука у омекшивачу. Уколико је веће бубрење, већа је и подношљивост. При ограниченој или недовољној подношљивости омекшивача са каучуком, долази до миграције омекшивача на површину готовог производа или полупроизвода. Омекшивачи који имају ограничену подношљивост са каучуком су: вишемасне киселине, парафин, вазелин, вазелинско уље, парафинско уље и др. До њихове делимичне миграције на површину полупроизвода долази у току израде и на тај начин се смањује лепљење смеше за радне површине, што олакшава каландрирање (прицес обликовања материјала у танке фолије његовим провлачењем између загрејаних ваљака), екструдирање (процес обликовања материјала компресовање у цев под притиском). и друго, а површине каландрираних и екструдираних производа су глатке.

Омекшивачи изазивају бубрење каучука, раздвајају његове молекуле и смањују међумолекулска дејства. Тиме се олакшава покретање делова молекула каучука (смањује се унутрашње трење). Омекшивачи који садрже површински активне материје образују на површини честица пунила мономолекуларне адсорпционе слојеве активних материја. Поларне групе ових материја окренуте су према површини честица пунила, а неполимерне према молекулима каучука. Због тога омекшивачи побољшавају дисперговање, расподелу пунила у каучуковој смеси и везу пунила са каучуком (повећавају активност пунила) [2].

Према пореклу омекшивачи се класификују на:

- омекшиваче добијене прерадом нафте,
- омекшиваче добијене прерадом дрвета и угља,
- омекшиваче биљног порекла,
- вишемасне киселине и
- синтетичке омекшиваче.

Пунила

Пунила су ингредијенти који се додају каучуцима и термопластима са циљем да побољшају њихова физичко-механичка својства и сниже цену коштања смеше по јединици масе и запремине.

Према утицају на каучукову смешу, пунила се деле на: активна и неактивна. Активна пунила утичу на побољшање физичко-механичких својстава, док неактивна пунила снижавају производну цену каучукове смеше. Понашање пунила зависи од врсте каучука којем се додаје. У кристалишућим каучуцима (природни каучук, бутил-каучук и полихлоропренски каучик), пунила показују слабо појачавајуће дејство, док у каучуцима који не кристалишу (бутадиенстиренски каучук, бутадијен акрилонитрилни каучук и бутадиенски каучук) пунила показују знатно појачавајуће дејство.

Технолошки параметри који условљавају поделу пунила на активна и неактивна су: величина и облик честица, специфична површина, склоност честица ка агрегацији, која је непожељна јер доводи до смањења специфичне површине контакта, што се неповољно одражава на појачавајуће дејство пунила, и степен адхезије пунила и каучука. Смањење честица појачава се дејством пунила. Величина честица је у непосредној вези са дисперзивношћу (што је величина честице мања, дисперзивност је већа). По облику, честице пунила могу бити: сферичне, плоснате, равне и игличасте. Сферични облик је карактеристичан за индустријске чађи, док су други облици карактеристични за минерална пунила. Облик честице утиче на квалитет и физичко-механичка својства смеше.

Пунила са каучуком формирају адхезионе везе. Јачина тих веза зависи од вредности адхезионих сила између каучука и пунила. Суштина појаве је да каучук кваси пунила тј. честицу пунила обавија танак филм каучука. На вредност квашења може се утицати обрадом пунила масним киселинама и другим материјама које повећавају хидрофобност површине честица пунила. Овај поступак се зове активација пунила. Активацијом се побољшава расподела пунила у каучуковој смеши и физичко-механички параметри. Масне киселине са својим поларним групама апсорбују се на површини хидрофилних честица пунила. Тако се смањује хидрофилност и повећава хидрофобност. Отпорност вулканизата зависи од чврстоће самог вулканизата, пошто до кидања може доћи не само на површини додира пунила и каучука већ и у самом каучуку. Пошто је чврстоћа вулканизата већине синтетичких каучука мала, употребом пунила долази до промене структуре самог каучука и побољшања његових механичких карактеристика.

Такође треба водити рачуна о рН вредности пунила, садржају влаге и испарљивих материја. Вредност рН утиче на избор количине средства за вулканизацију. Пунила која имају кисели карактер успоравају процес вулканизације и изискују повећану количину средстава за вулканизацију. Повећан садржај влаге и испарљивих материја има последицу добијања порозних вулканизата.

У активна пунила спадају: активне чађи, пунила на бази SiO_2 , специјални тврди каолини, базни MgCO_3 , MgO , ZnO , силикати калцијума, цинка, магнезијума и још нека синтетизована пунила. Величина честица је 0,05 микрометара. У неактивна пунила спадају: креда, барит, талк, графит, обичан каолин. Величина честица ових пунила је око 1,5 микрометара [2].

Боје

Боје за полимере укључују широк опсег неорганских и органских материјала. Велики број артикала широке потрошње су обојени. Неке боје су способне да упијају краткоталасну светлост сунчевог спектра, повећавајући способност гумених делова на светлосно старење. Ту способност имају бела, жута и зелена. Бели пигменти имају највећу способност заштите гуме од старења, пошто одбијају највећи део светлости сунчевог спектра. Да би се добио гумени производ јасне боје, обавезна је примена белог пигмента јер он помаже да се додата боја истакне. Материје које се користе за бојење гуме морају да испуне следеће захтеве:

- да буду отпорне на сунчеву светлост
- да буду постојане у условима вулканизације
- да буду дисперзивни (да се добро распоређују у гуми)
- буду нерастворене у води и да не показују склоности ка мигрирању и кристализацији на површини гуме.

Са повећањем дисперзивности расте способност бојења. Главни представници боја су: титандиоксид, баријумсулфат (бела), фиталоцијанин (плава и зелена), ултрамарин (плава), хром (зелена), молибдат (наранџаста), кадмијум (црвена и жута), гвожђеоксид и хром (жута), чађ и љуспице алуминијума (за сребрнаст метални ефекат). Каучуци се боје додавањем боја на двоваљку или у миксеру, док се ластичне масе боје додавањем боја на врућим ваљцима или у екструдеру.

Додаци специјалне намене

Остали додаци су материјали за специјалне намене. Овкви материјали дозирају се са циљем да се постигну специјални ефекти у погледу својстава вулканизата: У средства специјалне намене спадају:

- средства за побољшање отпорности на хабање (абразиви),
- средства за добијање порозне гуме,
- средства за заштиту од микроорганизама и бактерија,
- средства за регулисање мириса,
- средства против горења и
- средства за подмазивање

Средства за побољшање отпорности на хабање (абразиви) су материјали који побољшавају отпорност на хабање код производа који се при експлоатацији хабају. Минералне супстанце, као што су силицијум-диоксид и чађ, су додаци који се додају са циљем да побољшају отпорност на хабање вулканизата.

Средства за добијање порозне гуме су такви типови ингредијената који на повишеним температурама ослобађају гасове и на тај начин образују сунђерасту и микропорозну гуму. Оваква средства морају да омогуће ослобађање гаса током вулканизације. Једињења са азотом и карбонати су погодне материје за ову сврху. Ослобађањем гасова у току вулканизације (N_2 , CO_2 и др.), у вулканизату се стварају поре (отворене или затворене) и тако настаје порозност гуме, која се користи за израду седишта и у грађевинарству.

Средства за заштиту од микроорганизама и бактерија су супстанце које имају антимикробиолошко дејство и које спречавају развој микроорганизама, гљивица, бактерија у гуменим производима. У зависности да ли је активна супстанца ефективна против дејства бактерија или гљивица, ове супстанце се деле на бактерициде и антимикротике. Ове супстанце уништавају бактерије, гљивице и др. или служе као инхибитори који спречавају њихов даљи развој, кад гумени производи дођу у контакт са њима.

Средства за регулисање мириса су ароматична једињења способна за прикривање и маскирање мириса који потиче од каучука и гуме. Нека од ових једињења користе се за обезбеђење пријатног мириса вулканизата.

Средства против горења – највише коришћен материјал за побољшање отпорности полимера према горењу је антимонооксиоксид. Доста се користи и антимонооксихлорид, који ослобађа хлор отпоран на горење. Фосфатни естри се широко користе да смање запаљивост полимера, нарочито винилних смола. Такође се користе и хлорирани угљоводоници и борати.

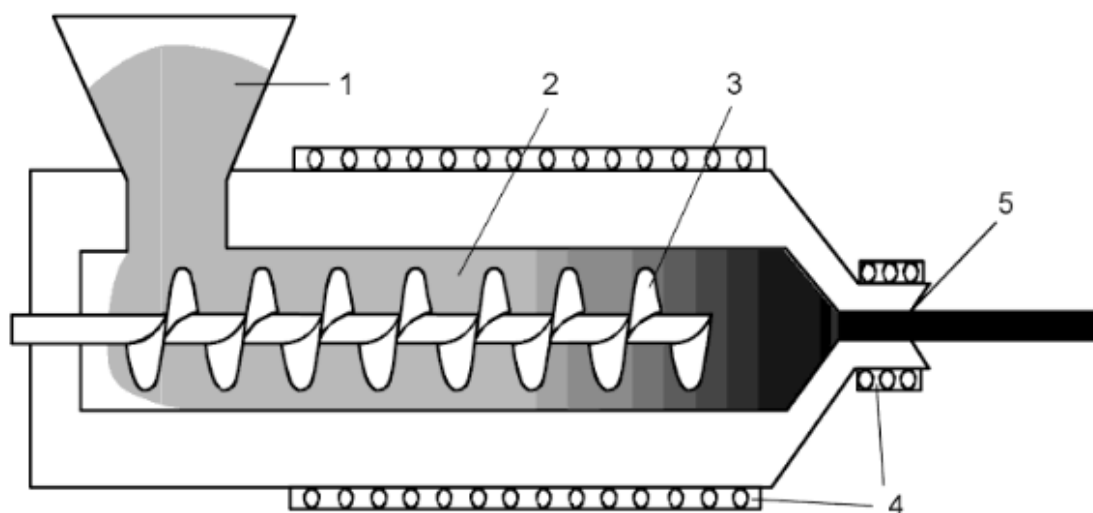
Као средства за подмазивање се користе неки амини, амиди и воскови који су додати полимеру и који делују као унутрашњи подмазивачи и омогућавају лако вађење производа из алата. Такође, за лакше вађење гумених производа из алата често се користе сапуница и силиконска емулзија [2].

2. Обликовање полупроизвода пре вулканизације

Добро измешана смеша каучука и потребних додатака мора се обликовати, формирати у предмет или материјал из којег ће након завршене вулканизације настати коначни гумени производ (аутомобилске гуме, гумене цеви итд.). Главни поступци којима се обликују полупроизводи пре вулканизације су: екструдирање, каландирање и обликовање у калупима.

Екструзија (истискивање)

У производњи различитих гумених профила и гумених цеви употребљавају се екструдери. У екструдерима се смеша каучука и додатака потискује кроз тело екструдера, а затим кроз плоче са отворима жељеног облика и димензија. Смеша за екструдирање у екструдер може се доводити ручно или аутоматски са машине са ваљцима. Из смеша које се не вулканизирају под притиском треба приликом екструдирања отклонити ваздух и велики део влаге, јер би у противном материјал после вулканизације могао бити порозан. У неким екструдерима смеша због тога пролази кроз део који је у вакууму, где се уклања ваздух и влага из смеше. За постизање жељене вискозности смеше важно је да се у таквим екструдерима, а нарочито у вакууму, температура контролише и тачно подешава. После изласка из отвора екструдера профилисана смеша обично мало промени облик и набубри. То треба узети у обзир приликом формирања отвора за екструдирање [6]. На *слици 1.* је приказана шема екструдера.



Слика 1. Шема екструзије: 1) резервоар 2) цилиндар 3) пуж 4) грејачи 5) матрица [4]

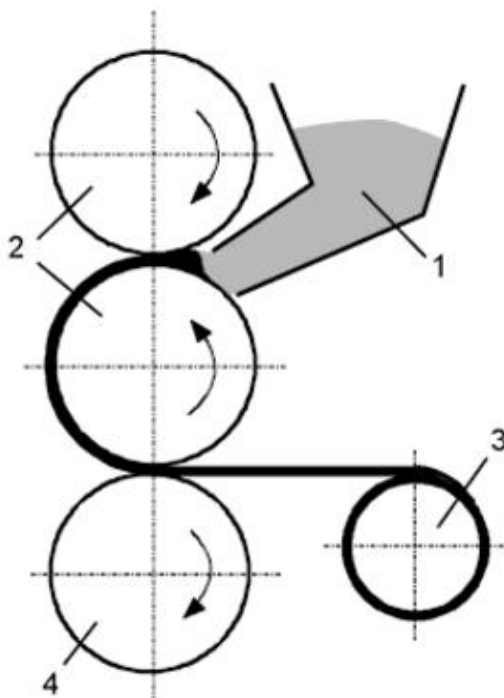
Екструдирање служи и за изолирање жице. Метална жица полази обично кроз посебан део и излази из екструдера заједно са смешом. Смеша се из екструдера може истискивати кроз решеткасту плочу са намером да се из смеше, пре даље прераде, уклоне евентуалне присутне нечистоће (комади метала, дрвета итд.).

Каландровање

Каландер је машина која смешу каучука и додатака формира у плоче жељене дебљине. Употребљава се за гумирање тканине. Машина се састоји од 2-4 ваљка, који се могу загревати или хладити и којима се међусобни размаци могу мењати. Једноставан каландер са два ваљка употребљава се за израду плоча дебљине 0,3-2 mm. Такав каландер се повезује са посебним екструдером, па смеша из екструдера улази директно међу ваљке. Много се чешће користе каландери са 3 ваљка. У производњи плоча трећи ваљак може служити за хлађење

већ каландиране плоче пре намотавања у ролне. У каландерима са три ваљка директно се помоћу мотора покреће средњи ваљак, а остала два су преко преносника везани са њим и могу се примицати или одмицати од средњег ваљка. Ваљци се могу окретати истом брзином, или да би се повећало трење, различитим брзинама. Необично је важно да смеша и ваљци буду пре каландирања загрејани на потребну температуру. Ниске температуре проузрокују неједноликост и хрпавост материјала, а на превисокој температури стварају се мехури. За успешно каландирање тј. за избор најповољније температуре, брзине окретања и трења међу ваљцима, потребно је велико искуство. За гумирање тканина користе се каландери са три или четири ваљка. Њихов положај и начин рада може бити врло различит [6].

Каландровање јесте основна метода израде фолије (слика 2). Грануле доведене у загрејани резервоар постају упластичене и тако доспевају у простор између обртних ваљака чији размак одређује дебљину фолије. Додатно затежуће напрезање при намотавању побољшава механичке особине фолије. За спречавање слепљивања још недовољно охлађених фолија користи се помоћни ваљак [4].



Слика 2. Каландровање: 1) резервоар 2) радни ваљци 3) калем 4) помоћни ваљак. [4]

На савременим, великим каландерима, размак између ваљака, не намешта се ручно већ помоћу уређаја са електромотором. Дебљина плоче која излази из каландера може се мерити помоћу уређаја са бета-зрацима. Тај уређај аутоматски подешава размак између ваљака и омогућава израду плоча сталне дебљине [6].

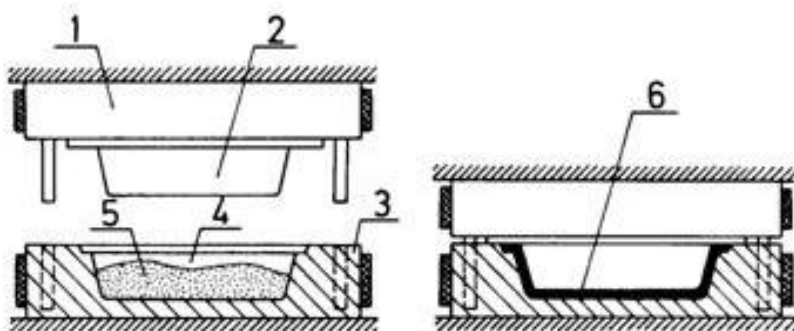
Поступци прераде пресовањем

Израда делова пресовањем врши се у алатима (калупима) за пресовање, који имају једно или неколико профилисаних удубљења (гнезда) са контуром која одговара облику дела. Удубљења алата се испуњавају материјалом (у чврстом или растопљеном стању) и под дејством топлоте и притисака изводи се обликовање дела. Основни поступци израде делова у алатима за пресовање су: обично, посредно и инјекционо (убризгавање) пресовање.

Обично пресовање

Процес обичног пресовања се изводи на хидрауличној преси и дводелном алату. На *слици 3.* приказана је шема са фазама рада при обичном пресовању:

- пуњење удубљења алата,
- затварање алата и извођење пресовања
- отварање алата и избацивање готовог дела (отпреска) из њега.

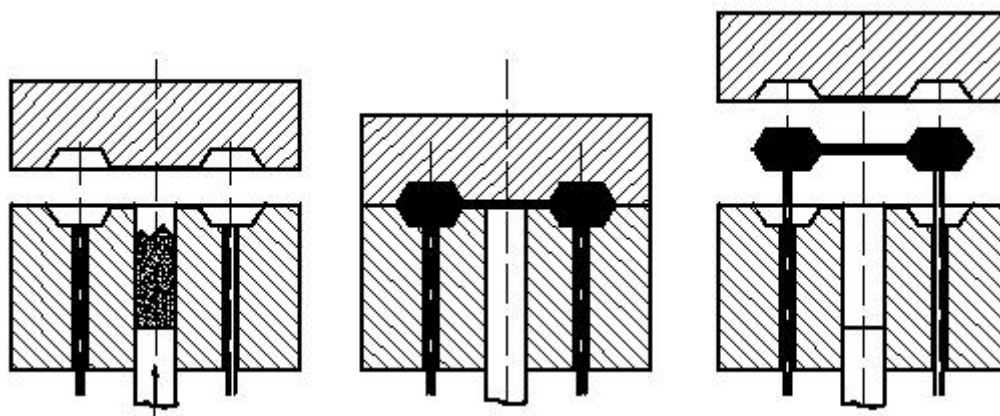


Слика 3. Шема поступка обичног пресовања: 1) држач обликача 2) обликач 3) матрица калупа 4) гнездо калупа 5) материјал за пресовање 6) предмет обраде. [7]

Посредно пресовање

Овај наачин пресовања приказан је на *слици 4.* и изводи се помоћу алата који имају одвојену комору за пуњење од удубљења алата у коме се врши обликовање. Фазе тока процеса посредног пресовања су:

- пуњење коморе материјалом, који се у њој загрева и омекшава
- затварање алата
- потискивање растопљеног материјала из коморе за пуњење, преко уливних канала ка удубљењу алата и
- враћање потискивача, отварање алата и избацивање готовог производа.



Слика 4. Посредно пресовање

Ова метода пресовања се користи код сложеније конфигурације делова. Притисак пресовања је доста већи од обичног пресовања и износи од 500 до 2000 бара. Предности посредног пресовања у односу на обично пресовање су:

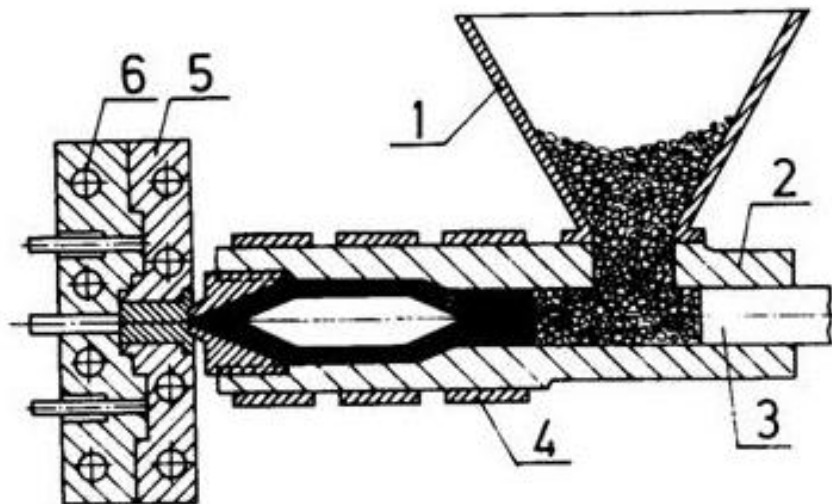
- удубљење калупа се попуњава материјалом постепено,
- услед равномерног загревања и топљења целокупне масе материјала магућа је израда делова са разлочитом дебелином зида у појединим пресецима,
- како се попуњавање калупа врши материјалом који је у течном стању, могу се израђивати делови сложеног облика и са дубоким отворима малог пречника,
- већа је чврстоћа отпресака због боље хомогености материјала,
- тачност димензија је већа јер се врши попуњавање алата (калупа) када је он затворен и
- век трајања алата је дужи (мање хабање удубљења алата) [7].

Инјекционо пресовање (убризгавање)

За овај поступак се употребљава машина, која је у принципу једнака машини за убризгавање у индустрији пластичних маса. Међутим у раду са каучуковим смешама појављују се тешкоће због веће вискозности и опасности од преране вулканизације. Процес убризгавања се састоји од следећих фаза, што је приказано на *слици 5*.

- материјал (у облику гранула, трака и мањих комада) се убацује у машину одакле се помоћу уређаја за дозирање одводи у цилиндар који се загрева посебним грејачима
- у цилиндру се материјал топи и под притиском клипа (или пужног ваљка) потискује, преко бризгачке машине, уливне чауре и уливног канала у удубљење алата. У току ове фазе алат се држи затворен на машини специјалним механизмом, јер притисак достиже вредности 2000 bara.
- алат се хлади као и материјал у њему па се после неког времена алат отвара а готов део се избацује из њега.

За разлику од посредног пресовања у којем се температура потребна за вулканизацију доводи споља, у поступку са убризгавањем температура се развија за време проласка каучукове смеше кроз машину. Тако се читава маса равномерно загрева и вулканизује, а то доприноси боља физичка својства производа [7].

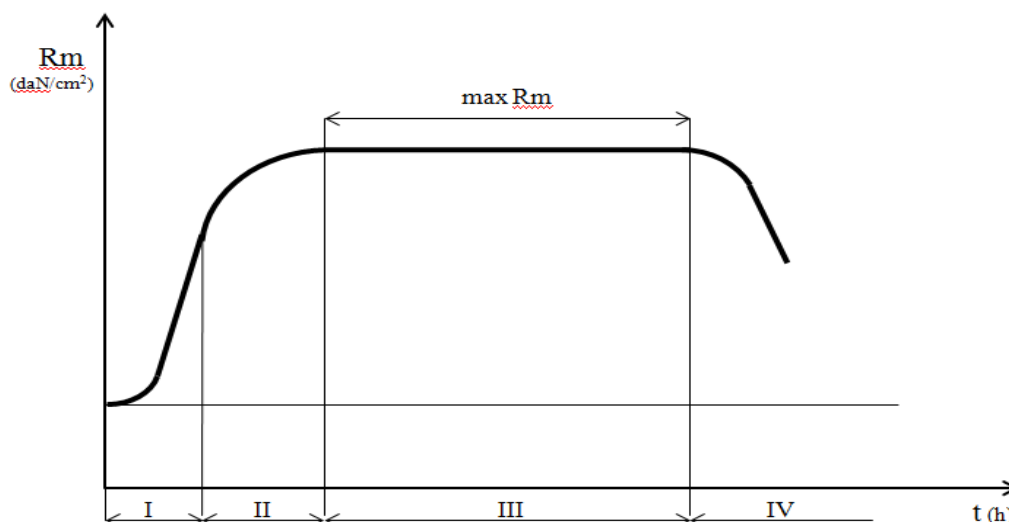


Слика 5. Шема поступка убризгавања: 1) левак 2) цилиндар 3) клип 4) грејач 5) калуп 6) хлађење

3. Вулканизација

Вулканизација је хемијски процес спајања каучука и сумпора, при чему долази до промене својстава каучука и добијања производа са знатно бољим својствима тврдоће, еластичности и отпорности према хабању који се назива гума.

Процес вулканизације је каталитички хемијски процес који се одвија на свим температурама, али се знатно брже одвија у одређеним условима. Реакција сумпора на каучуку се одвија све до постизања садржаја од 32% сумпора. Процес вулканизације се одвија у неком временском интервалу и може се поделити у четири фазе, што је приказано на *слици 6*.



Слика 6. Крива вулканизације : I – почетно стање II - подвулканизација III – област оптималне вулканизације IV – превулканизација

У почетној фази вулканизације каучукова смеша је још увек пластична, али долази до почетка умножавања и пораста затезне чврстоће у току времена. У овој фази могућа је и нежељена појава да је смеша већ пре почетка вулканизације изгубила један део своје пластичности и није најпогоднија за даљу прераду, а обрађене површине нису глатке. Да би се спречила ова појава додају се успоривачи вулканизације. Друга фаза представља подвулканизацију, који претходи оптимуму вулканизације у коме у току времена долази до наглог пораста затезне чврстоће. Област оптималне вулканизације, односно, када се постигне максимална затезна чврстоћа, представља трећу фазу. Вулканизација се никад не изводи до постизања максималне затезне чврстоће, јер њеним постизањем долази до опадања отпорности према старењу. За постизање најбољих својстава гуме нису исти услови вулканизације, јер нпр. ако се жели највећа отпорност на хабање вулканизација се изводи на одређеној температури и времену, али при томе неће бити постигнута највећа друга својства. Смеша за вулканизацију се према променама око највеће затезне чврстоће дели на смеше са сироким и уским опсегом. Најповољније смеше су оне које имају широк опсег вулканизације, јер измена физичко-механичких својстава је потпуна, па је далеко лакше руководити процесом вулканизације. У последњој фази, фази превулканизације каучукове смеше долази до смањења свих својстава, првенствено затезне чврстоће, издужења и отпорности према хабању. Оптималним избором убрзивача вулканизације и одговарајућом количином сумпора који се додаје, осетљивост на превулканизацију се смањује [2].

Методe вулканизације

Вулканизација, у зависности од примењене методе, може бити:

- хладна вулканизација,
- вулканизација са паром сумпор-хлорида и
- топла вулканизација (вулканизација зрачењем и термичка вулканизација)

Хладна вулканизација се примењује код добијања танких гумених предмета, који се потапају у 1,5 до 5% раствора сумпор-хлорида у угљен-дисулфиду, у интервалу од 2 до 20 секунди, зависно од дебљине. Дуже време вулканизације изазива добијање крте и ломљиве гуме, због тога се овај поступак мора изводити са пуно искуства и пажње. После вулканизације неопходно је гуму ослободити од тешког мириса раствора за вулканизацију путем прања, сушења, односно кувања у алкалним растворима.

Вулканизација са паром сумпор-хлорида се ређе примењује и то само за врло танке и јако углачане предмете обраде. Сама вулканизација изводи се за кратко време ако се смеша излаже у затвореној просторији дејством паре сумпор-хлорида. Посебна пажња се мора обратити на опасност од претеране вулканизације, и то све више што је дебљина мања.

Топла вулканизација се најчешће примењује у индустрији гуме, а у њеном процесу дешавају се следеће примене:

- Смеша каучука и додатних материјала помешана са сумпором се загрева до температуре 135-160⁰ С у току времена које зависи од њене количине,
- Добијена гума, поред тога што је неосетљива према атмосферским утицајима, постаје еластичнија, има повишену затезну чврстоћу и отпорност према хабању,
- Гума скоро у потпуности губи растворљивост и лепљивост

Основни параметри процеса топле вулканизације су: температура, време и притисак.

Температура на којој се изводи топла вулканизација је 135-160⁰ С. Ниже температуре утичу на то да је процес вулканизације успорен, а више утичу на то да је процес вулканизације убрзан, али при томе у оба случаја се не добијају и оптимална својства гуме.

Време загревања при вулканизацији се састоји од времена потребног за загревање смеше каучука и додатних материјала T_z и време у коме настаје везивање сумпора са каучуком T_v .

$$T_u = T_z + T_v.$$

Код вулканизације масивних предмета обраде процес се прекида нешто раније да би се спречила могућност површинске превулканизације, која се такође може избећи и оптималним избором слојевите смеше за вулканизацију, са тим да спољни слојеви имају шири опсег вулканизације. Вулканизација у калупима који се смештају у пресе мора се одвијати нешто дуже време како би се смеша за вулканизацију разлила по целом калупу па и у простору за истицање вишка смеше за вулканизацију, обзиром да се у калупе обично уноси 5-10% више смеше него што је потребно

Притисак, неопходан за добијање хомогеног предмета од гуме, мора бити најмање од 1 до 1.2 Мра.

Само извођење топле вулканизације, која се обавља на готовим предметима од смеше каучука и додатног материјала се изводи у:

- котловима за вулканизацију
- пресама, које могу бити хидрауличне, пнеуматске и механичке
- пресама, које су комбинација котла и пресе
- пресама, за извођење континуиране вулканизације

4. Врста и квалитети гуме

Гума као веома значајан материјал примењен у машинству, обзиром да се користи за израду великог броја предмета може се поделити на основу тога шта се од тих производа захтева.

Природна гума

Зависно од степена вулканизације природна гума се дели на меку, која се назива еластична гума и тврду која се назива ебонит.

Мека гума односи се на предмет обраде који се израђују путем тзв. патент гуме, гуменог раствора и гумене смеше.

Табела 1. Основна механичка својства меке гуме, на примеру вулканизоване са 2 % сумпора.

Основно својство		Јединица мере	Вредност
Затезна чврстоћа		daN/cm ²	50-300
Издужење	Јединично	%	100-700
	Трајно	%	0-40
Тврдоћа		/	40-90
Температура	Кртости	°C	-20-70
	Постојаности	°C	50-300
Модул еластичности		daN/cm ²	10-200

Основне карактеристике меке гуме су:

- Природна мека гума се одликује високим еластичним својствима која се у потпуности враћају у првобитно стање и после вишеструког понављања деформације.
- Модул еластичности је близак затезној чврстоћи, али њихова међусобна зависност није линеарна услед појаве релаксације. Ради тога модул еластичности се мора везивати за издужење датог оптерећења. Снижењем температуре, а такође растом брзине деформације модул еластичности расте. Максиму модула еластичности је при прелазу гуме у крто стање
- Петља хистерезиса има највећи ниво при првом циклусу оптерећења, а следећи циклуси воде ка постепеној стабилизацији. Запремина деформисане гуме практично се не мења, па је Поасонов коефицијент сталан и креће се од 0,47 до 0,50.
- Према тврдоћи, одређеној међународним јединицама (1-100), гума се дели на меку (25-50) средњу (30-70) и тврду (45-90).

Тврда гума односно ебонит се добија вулканизацијом каучука али са великим садржајем сумпора (18-40)% и веома дугим трајањем вулканизације (2-10) часова. Смеша за вулканизацију се припрема на исти начин као за гуму, али у последње време смеси се додају иситњени и спрашени отпаци од ебонита, а да би се спречио настанак шупљина додаје се ланено уље и природни асфалт [2].

Табела 2. Својства тврде гуме (ебонита).

Својства		Јединица мере	Вредност
Густина		g/cm ³	1,1-1,68
Апсорпција воде		/	0,02
Чврстоћа	Затезна	daN/cm ²	520-700
	Савојна	daN/cm ²	20-42
	Притисна	daN/cm ²	700-1500
Модул еластичности		daN/cm ² x 10 ⁴	17-32
Тврдоћа по Бринелу		HB	110-140
Температурни коефицијент	Линеарног ширења	⁰ C x 10 ⁵	7-11
	Запреминског ширења	⁰ C x 10 ⁵	24
Топлотна проводљивост		W/mK	0,1625
Специфична топлота		kJ/kgK	1,43
Специфични запремински отпор		Ωcm	10 ¹⁴ -10 ¹⁵
Специфични површински отпор		Ω	10 ¹⁰ -10 ¹⁴
Диелектрични фактор губитака		10 ⁶ Hz	0,01
Диелектрична константа		/	2,8-3,5
Диелектрична чврстоћа		kV/mm	15-20

Синтетичка гума

Синтетичка гума често има својства која су за практичне сврхе повољнија од природне гуме, Посебно треба нагласити њихово слабије бубрење у разним органским течностима, већу отпорност на хабање и мању пропустљивост гасова. Неки од производа од синтетичке гуме су веома добар изолациони материјали, а друге су веома добри полупроводници.

Табела 3. Главни носиоци синтетичког каучука, односно технички називи и скраћене међународне ознаке.

Симбол	Технички назив	Главни хемијски елемент
NR	Природни каучук	/
IR	Синтетички каучук – изопрен	1,4 цис-полиизопрен
BR	Синтетички каучук – бутадиен	Полибутадиен
SBR	Стирол-бутадиен синтетички каучук	/
EPDM	Етилен-пропилен синтетички каучук	Тетраполимери етилена, пропилен
IIR	Бутил синтетички каучук	Кополимери изопрена и изобутилена
CIIR	Хлор-бутил синтетички каучук	/
CR	Хлоропрен	Поли-2-хлорбутадиена
CM	Полиетилен-хлорни	/
CSM	Полиетилен-хлорсулфидни	/
NBR	Бутадиен нитилни синтетички каучук	Кополимери бутадиен-акрилонитрални
FPM	Флуорни синтетички каучук	Тер-полимери

Карактеристике синтетичке гуме су:

- Густина синтетичке гуме, која зависи од хемијског састава, је увек већа од густине природне гуме,
- Еластична проводност, је већа у односу на природну гуму,
- Својства чврстоће и еластичности су одлучујући фактор за применљивост синтетичке гуме,
- Отпорност на хабање, која је посебно значајна код аутомобилских гума, неких синтетичких гума је већа него код природне гуме. Тако неке синтетичке гуме имају већу отпорност на хабање за 25 до 35% од природне гуме и
- Постојаност у агресивним органским течностима и уљима је код синтетичке гуме већа од природне гуме, што се огледа у мањем бубрењу.

Примена синтетичких гума:

- пнеуматске и масивне гуме за точкове транспортних средстава (аутомобила, аутобуса, камиона, за пољопривредне машине и тракторе, грађевинске машине итд.),
- транспортне траке разних врста и димензија,
- равни и клинасти каишеви и други производи за вучне трансмисије,
- црева и цеви, обична и армирана тканином за рад под високим притиском,
- гумених амортизера,
- елементе изолације и друго.

Табела 4. Преглед група квалитета гуме, за разне производе која је изведена према намени, односно оном шта се од тог квалитета гуме захтева [2].

Гума са одређеним механичким својствима				
Бр.	Гаранција	Гума – средина	°C	Врста
1.	Првенствено се гарантују својства чврстоће	У неозонираној атмосфери	-35 до +70	М
2.		Са ниским хистерезисом		МЕ
3.		Додир са уљима и мастима		МТ
4.		Додир са уљем и ваздухом		МТА
5.		Полиуретанска гума	-60 до +100	МЈ
6.		Гума за амортизере	-40 до -70	/
Гума са одређеним физичко-хемијским својствима				
Бр.	Гаранција	Отпорност према средини	°C	Врста
7.	Првенствено се гарантује отпорност према некој средини а тек у другом плану механичка својства	Ваздух богат озоном	-35 до +70	ТА
8.		Гуме отпорне према топлоти	70 до 200	ТС
9.		Течности за хлађење мотора	-40 до +110	TR
10.		Уље за кочнице	70 до 120	ТХ
11.		Минерална уља и масти	-25 до +200	ТО
12.		За хидрауличне уређаје	-25 до +175	ТОG
13.		За уља за рад зупчаника	-20 до +175	ТОР
14.		За бензин, дизел гориво и мешавину	-27 до +70	ТGВ

5. Старење гумених производа

Сви гумени производи имају ограничен век трајања. Ова ограниченост испољава се на више начина. Јак и савитљив вулканизован каучук мења се у тврд, крт и слаб материјал или омекшава и постаје лепљив. Еластичност се губи, а затезна чврстоћа опада, вулканизат се скраћује, лакше се кида, појављују се пукотине и смањује се отпорност према хабању. Све ове промене доказују да гума губи своје способности, односно стари. Ово старење гуме одвија се потпуно независно од њеног трошења приликом употребе и других случајно изазваних оштећења. Старење гуме, резултат је промене величине и конфигурације молекула, промене хемијске структуре изазване најчешће везивањем кисеоника, образовањем поларних група итд. Старење гуме се заснивало углавном на оксидацији вулканизованог каучука, што се уочава на основу следећих чињеница:

- да мека гума, као и сирови каучуци који су још увек незасићеног карактера, примају кисеоник на дуплим везама које још нису поседнуте сумпором и,
- да је вулканизовани каучук у одсуству ваздуха, односно кисеоника и светлости скоро неограничено издржљив.

Дејство кисеоника има примарну улогу при старењу гуме и може се слободно рећи да узроци старења нису тако прости и једноставни. То показује чињеница да исте каучукове мешавине могу, према условима рада, да дају вулканизат различите издржљивости, при чему је од битног значаја техника вулканизовања тј. услови под којима се она изводи. Због тога је потребно упознати све чиниоце који мање или више доприносе старењу вулканизата. Исто тако је неопходно да се упознају и хемијска средства која својим присуством у каучуковим смешама треба да спрече убрзано пропадање вулканизата и продуже век трајања.

Узроци старења

Фактори који условљавају слабљење меких гумених производа, односно њихово превремено погоршавање веома су разноврсни. Међу њима најважнији би били:

- топлота
- утицај директне сунчеве свтлости, односно ултравиолетних зрака сунчевог спектра
- присуство неких поливалентних метала
- дејство озона
- утицај напрегнутости гумених производа при раду, односно динамичко замарање
- дејство јаких минералних киселина и база итд.

Када је реч о факторима који доприносе превременом старењу вулканизата треба напоменути да нема вулканизата који су на исти начин изложени овим утицајима. Један гумени производ може бити изложен само једном или комбинованом дејству ових фактора, док неки други може да трпи од већине њих.

Тако на пример аутомобилске гуме трпе од оксидације, топлоте, сунца, хабања и механичких напрезања. Цев за водену пару изложене су искључиво дејству топлоте и евентуалним појавама накнадне вулканизације, док су остали фактори секундарног значаја.

Оваквих примера има много а сви скупа говоре о томе да је сваки гумени производ изложен различитим утицајима, који заједно доводе до бржег или споријег старења. Који ће од ових фактора бити заступљен мање или више, зависи највише од услова експлоатације [2].

6. Алати и технологије израде делова од гуме

6.1. Основни захтеви за конструкцију и израду алата

Алати за израду делова од гуме се најчешће израђују од челика. У зависности од врсте производње (појединачне, серијске, масовне) елементи алата који образују облик гуменог дела израђују се од челика за побољшање, алатних челика или челика за цементацију. Материјали за остале елементе алата узимају се према намени, степену оптерећености итд. Радна површина алата се полира а након тога се може хромирати или површински калити (за случај гумених производа који својом наменом то захтевају, на пример разни заптивни елементи).

Полирана површина обезбеђује глатку површину производа а у исто време продужује радни век алата. Понекад се алати праве од алуминијума, поготово кад производи имају сложену конфигурацију.

Алати за израду делова од гуме могу бити са једним или више гнезда. Број производа који се истовремено израђује у једном алату зависи од њихове величине, сложености и тежине пуњења гнезда или вађења готовог производа. Алати најједноставније конструкције састоје се из два дела: горњег дела (поклопац) и доњег дела. При сложеној конфигурацији производа алат се може састојати из три или више делова. Уколико производ има унутрашњу шупљину, алат мора да садржи језгро које је уметнуто између делова алата у потребном положају. Уколико производ у себи садржи сложену шупљину средњи део алата се израђује из два дела.

Код израде алата у најчешћем случају се тражи тачан међусобни положај између делова алата. За такве алате на деловима алата се раде површине под нагибом, централни конусни ослонац као и чивије на једном делу алата са одговарајућим рупама у другом делу алата. Алати за израду гумених делова у зависности од конструкције деле се на:

- отворене са простим пресовањем,
- затворене са урањајућим калупом и
- затворене са каналима за убризгавање

Конструкција гнезда у алату има веома велики значај. Од ње не зависе само димензије производа већ и квалитет, као и лакоћа при раду. Конструкција гнезда мора обезбедити:

- правилан облик и димензије дела
- лако пуњење гнезда смешом гуме и слободан одвод ваздуха из шупљине алата.
- лако склапање и расклапање алата као и очување конфигурације дела
- слободно и лако вађење гумених делова из алата

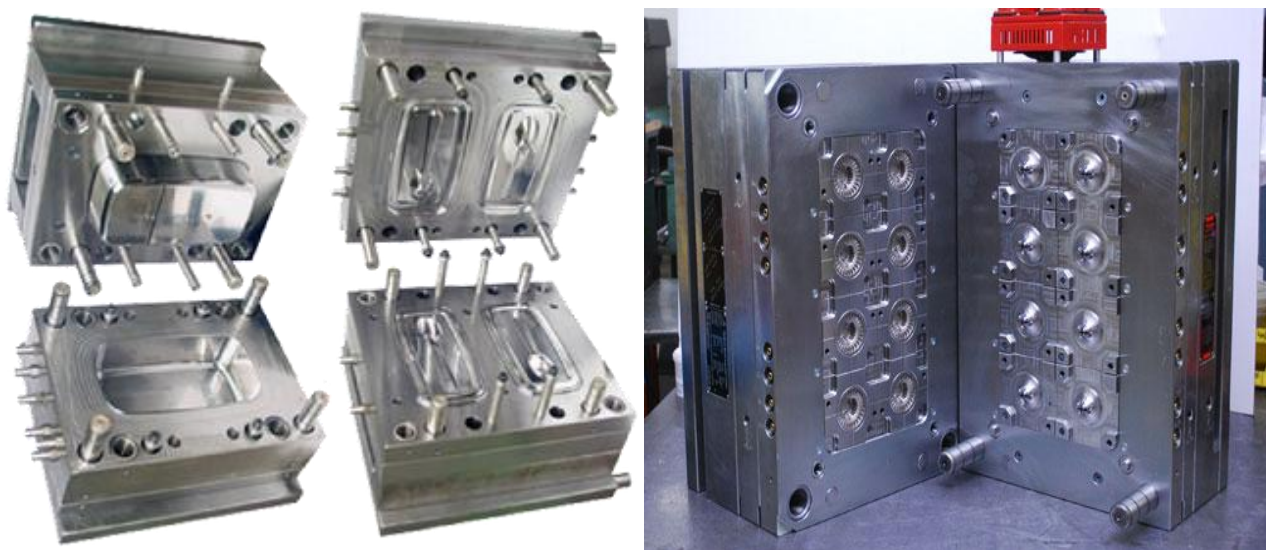
При конструкцији алата мора се узети у обзир и скупљање гуме при вулканизацији. Због тога се димензије гнезда у хоризонталној равни увећавају за 1-3% од димензија готовог производа. Ова вредност се узима из дијаграма за скупљање гуме. Дијаграм скупљања гуме одређује се за сваку смешу посебно. Већи проценат скупљања (1.5-2,2%) узима се за делове мањег попречног пресека и већег пречника, а мањи проценат (1-1,8%) за делове већег попречног пресека и мањег пречника.

По висини димензије гнезда се увећавају само код производа већих димензија. Производ не сме бити дебљи поготово у ситуацији када је неопходно добити део са тачним димензијама. Дебљина производа може настати као последица веће густине гумене смеше или неправилне конфигурације алата.

Да би избегли добијање дебљег производа од траженог потребно је на површинама спајања делова алата изградити центричне жлебове (канале) у односу на гнездо за прихват вишка гумене смеше. Удаљеност жлебова од гнезда мора бити 3-4 mm, а радијус жлебова 1,5-2 mm. Величина жлебова зависи од пластичности гумене смеше и од сложености конфигурације производа. Све што је већа ширина жлебова то је теже вађење производа из алата а самим тим и већи притисак у алату у самом процесу израде дела.

Слободан одвод ваздуха из алата обезбеђује добро и потпуно попуњавање језгра. Одвод ваздуха се обично одвија на споју између делова алата. Уколико је гнездо у алату дубоко онда се у доњем делу алата раде канали за одвод ваздуха. Лакоћа склапања и расклапања алата, као и лакоћа вађења производа зависи од конфигурације алата. Ради олакшаног вађења производа из алата често се средишњи део алата ради из више делова или се на местима састава делова алата израђују специјални жлебови за уметање полуге, одвијача или слично[2].

Лакоћа склапања и расклапања алата као и лакоћа вађења производа из гнезда зависи од конструкције алата. Ради олакшаног вађења производа из алата често се средишњи део алата ради из више делова или се наместима састава делова алата израђују специјални жлебови за уметање полуга, одвијача или сличних алата. Неки примери алата дати су на *слици 7*.



Слика 7. Примери алата.

6.2. Подмазивање и чишћење

Залажење гумене смеше у поре гнезда алата при изради доводи до приваривања гуме за метал. Ради спречавања ове појаве површине производа се засипају прахом (талком) или графитом, односно површине гнезда премазују се специјалним хемијским саставом са циљем да се изолује површина гуме од површине гнезда алата. За премазивање површина користи се водени раствор сапуна, и слаби раствори хипосулфата (3-4%) или силиконсти премази (1-2%) у облику воденог раствора. Премазивање површина алата изводи се четком или путем распршивања сабијеним ваздухом.

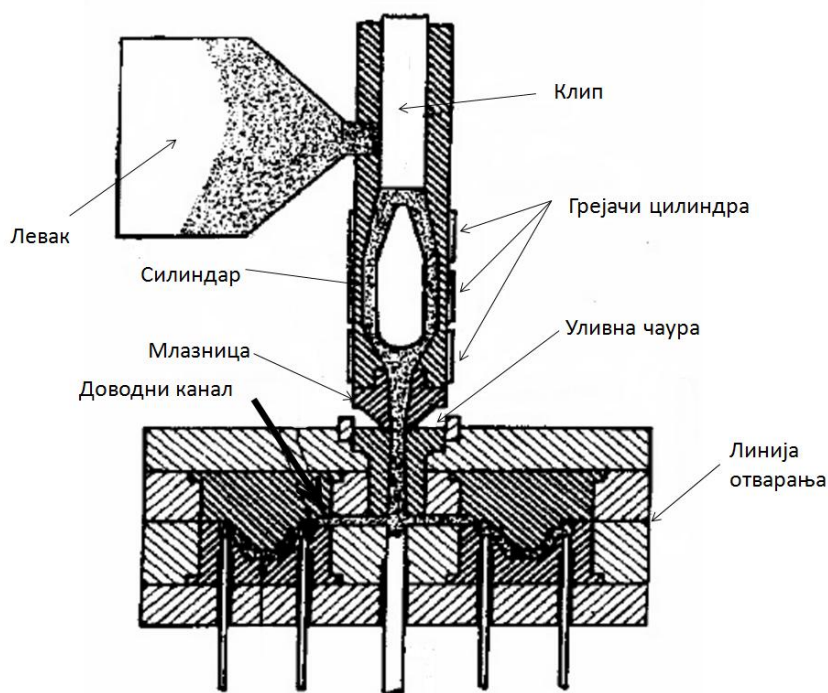
При дуготрајном коришћењу алата долази до запрљаности гнезда то јест до стварања гаражи на површинама због чега алат треба подвргнути периодичном чишћењу. У појединим случајевима чишћење алата је дозвољено изводити механичким путем помоћу брусног папира, челичних ручних четки или челичних четки постављених на електрични уређај. Овакав начин чишћења треба избегавати јер долази до промене димензија гнезда алата. Због тога, када год то величина алата дозвољава треба приступити хемијском чишћењу врелим раствором NaOH (15-20%). Након чишћења алата на овај начин обавезно извршити неутрализацију, испирање и сушење [2].

6.3.Технологија бризгања

Бризгањем (инјекционим пресовањем) се обрађују сви полимерни материјали: дуромери, еластомери и пластомери. Бризгање се дефинише као поступак прераде материјала брзим убризгавањем радстопљеног материјала у претходно темперирану (подешена температура) гравуру и његово очвршћавање. На тај начин се добија жељени облик комада. [3]

Бризгање је са економског аспекта најзначајнији поступак прераде полимерних материјала. Главне предности убризгавања су у уштеди материјала, мање време израде и мањем потребном простору за производњу. И поред великих трошкова за набавку опреме (машине и алата) овај поступак даје велике предности код серија од неколико хиљада комада. Шематски приказ пуњења алата дат је на *слици 8*. Предности овог поступка су:

- уштеда материјала,
- краће време израде,
- мањи простор за производњу,
- тачност димензија и облика производа,
- могућности обликовања делова сложене конфигурације,
- финални производ је одмах спреман за уградњу,
- велике могућности накнадног оплемењивања површине и
- могућности коришћења регенерисаног материјала [3]



Као највеће предности овог поступка сматра се чињеница да ови производи по својим димензијама одговарају алату. Дакле све димензије се могу тачно одредити. Бризгање је нарочито подесно за велике серије и може се у многим случајевима аутоматизовати.

Машине за бризгање раде периодично, процес није континуалан. Сировина из уливног левка се пластификује у цилиндру и из њега убризгава помоћу потисног уређаја у виду клипа или потисног пужа у алат где се обликује. Растопљен материјал испуњава шупљину алата, очврсне у њему и као готов део се извади из алата.

Ток обликовања, иако делује веома једноставан, зависи од многих услова прераде, који знатно утичу на коначни резултат обликовања производа. Врло је важно довести у склад систем материјал-алат-машина да би коначни производи имали велику употребну вредност. Параметри који утичу на поступак обраде бризгањем су: притисак, температура, брзина, накнадни притисак. [5]

7. Пример пројектовања гравура алата за израду О-ринга од гуме

Основни полазни услови за пројектовање калупних шуљина алата за инјекционо бризгање произилази од самог финалног производа. Потребно је водити рачуна о:

- дефинисању подеоне равни ради прилагођавања модела (раван која дефинише која страна модела припада непокретној, односно покретној страни алата),
- нагибима како не би дошло до заглављивања дела у алату,
- одвођењу компримованог ваздуха из алата,
- потребно је омогућити несметано течење материјала,
- водити рачуна о времену хлађења и загревања,
- распореду уливних тачака итд.

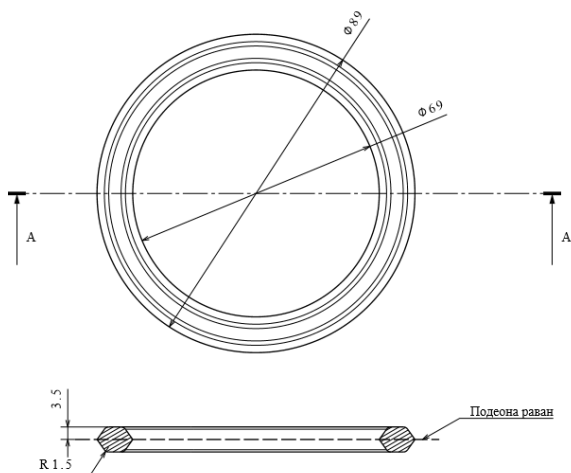
Да би се приступило пројектовању алата неопходно је постојање техничке документације, односно постојање цртежа дела за који се конструише алат. На *слици 9*. могу се видети неке од основних димензија дела, док је модел дела дат на *слици 10*.

Део представља гумени прстен намењен за коруговане цеви, које су намењене за одвод атмосферских, фекалних и индустријских отпадних вода. Они обезбеђују потпуну заптивност и израђују се највише од NBR (Бутадиен-нитрилни каучук).

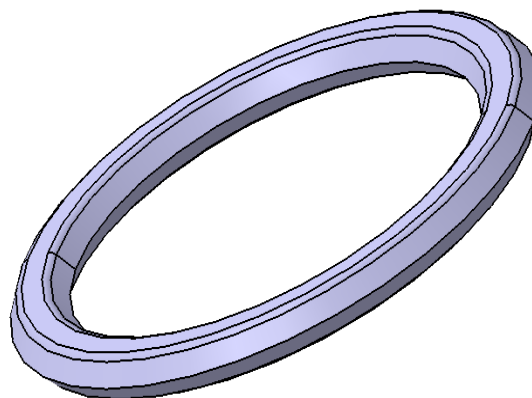
Основна карактеристике ове гуме је да се одликује добром отпорношћу на минерална уља, текућа горива до 30% ароматских супстанци и инертне гасове [12].

Техничке карактеристике су:

- боје – црна
- специфична тежина – до 1.3 до 1.6 gr/cm³
- тврдоћа – од 60 до 75 Shore A
- затезна чврстоћа – до 40 до 165 kg/cm²
- истезање – од 250 до 300 %
- температурна отпорност – од 30 до +110⁰C [12]



Слика 9. Технички цртеж дела



Слика 10. Модел дела О-ринга за који се треба пројектовати алат

7.1.Основе пројектовања алата

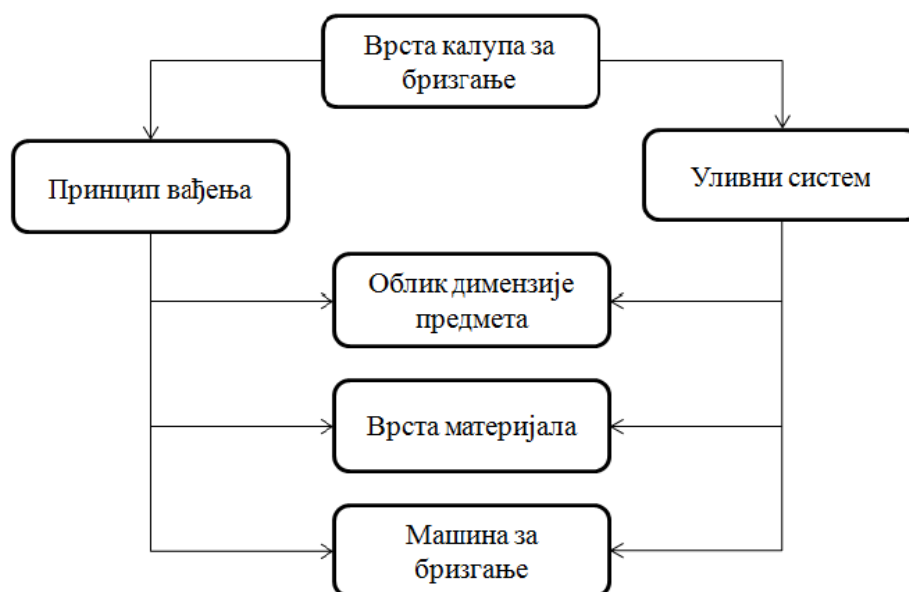
Алат (калуп) представља централни део система за бризгање полимерних материјала. Квалитет његове израде и поуздано функционисање су основа економичне производње и израде производа високог квалитета. Основни задаци калупа су:

- прихватање растопљеног материјала и његово хлађење до постизања жељеног облика производа
- избацивање производа из гравуре
- циклусни рад система за бризгање

Алат је смештен на самом излазном делу екструдера и конципиран је тако да је осигурано лако монтирање и демонтирање. Алат се греје електричном струјом а температура алата зависи од врсте материјала и производа. Разликујемо две врсте конструкције алата: праву и попречну. У оба случаја је потребно осигурати ламинарно кретање материјала између цилиндара и алата.

Фактори који утичу на пројектовање алата

Основни фактори који утичу на пројектовање алата за бризгање пластике приказани су на слици 11.



Слика 11. Основни утицајни фактори на пројектовање алата

Облик, димензије, естетски захтеви и други фактори везани за сам производ пресудно утичу на пројектовање алата за бризгање. Тако на пример од димензија и облика производа зависи број калупних шупљина (гравура) и положај подеоних равни. Естетски захтеви могу бити пресудни по питању места уливног канала, начина његовог уклањања након вађења производа из гравуре. [3]

При пројектовању алата битан фактор има материјал. Његов утицај је изражен у следећим фазама:

- димензионисање гравуре
- прорачун скупљања у калупу и накнадног скупљања
- квалитет површине калупа
- место и облик уливног система
- принцип вађења предмета

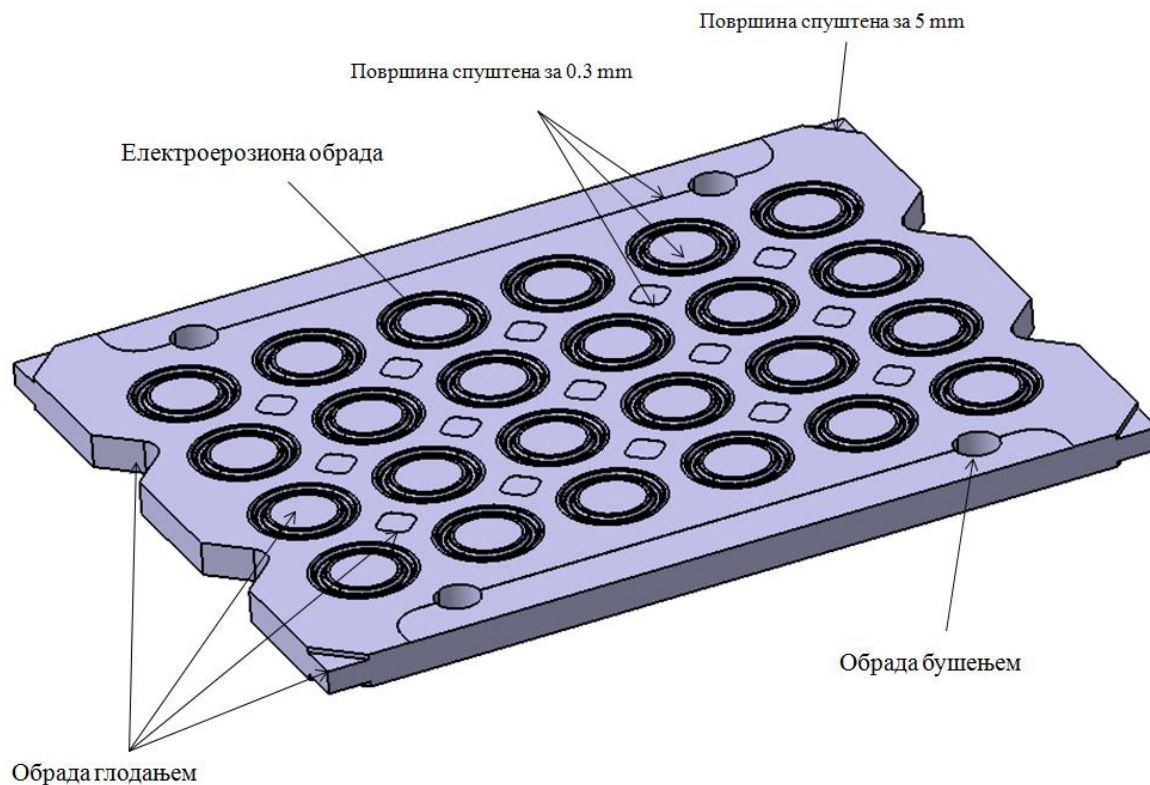
Машина утиче на пројектовање алата за бризгањем првенствено својим капацитетом (од неколико грама до неколико килограма) и габаритима.

На одређивање уливног система и вађење предмета из калупа утичу три међусобно зависна фактора (материјал, облик и димензије). Тиме се усмеравају активности пројектовања и израде алата. Поред овога треба тежити потпуној аутоматизацији рада са калупима, како би се скратио радни циклус. Међутим, код малих серија није економичније израђивати скупе аутоматизоване калупе. Тада се уливци могу ручно одсецати и изводити накнадна механичка обрада. [3]

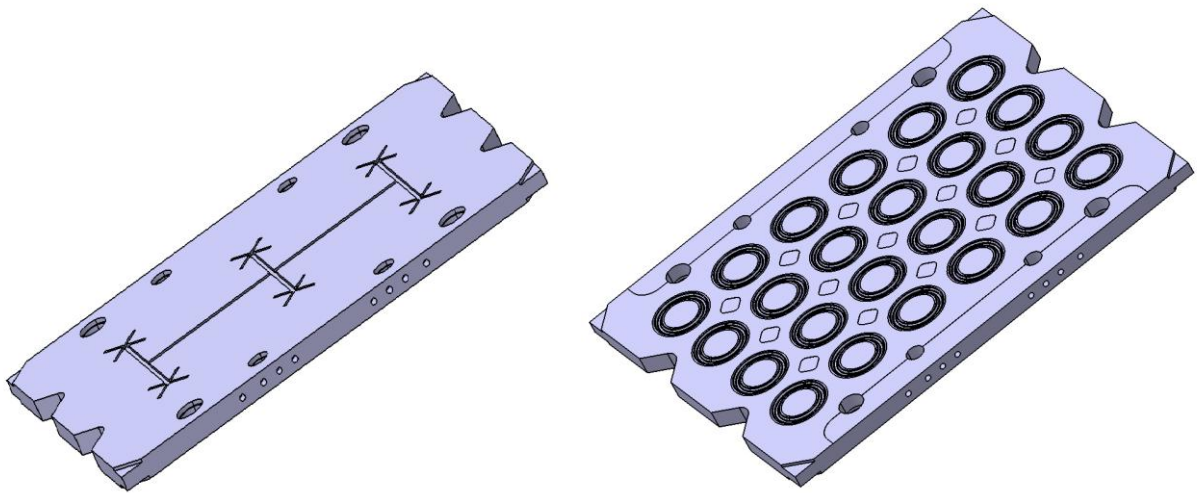
7.2. Пример пројектовања гравуре

Као што је речено раније алат може да садржи једну или више гравура. Због релативно малих димензија производа који се добија, алат који се пројектује садржи 24 гравуре.

Да би се добио тражени алат потребно је извршити више различитих поступака обраде као што су: глодање, бушење и еродирање. Изглед доњег дела алата са одговарајућим поступцима обраде приказан је на *слици 12*.



Слика 12. Приказ доњег дела алата.

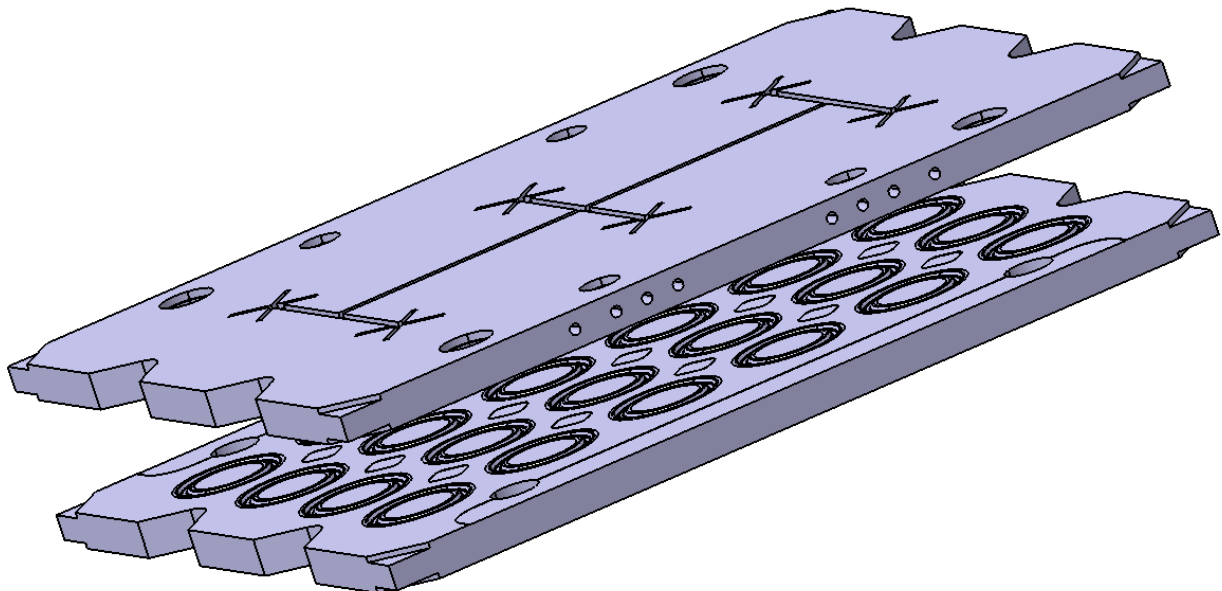


Слика 13. Приказ горњег дела алата са обе стране.

Слика 13. приказује горњи део алата са обе стране. Као што се види гравуре горње и доње дела алата су исте. За разлику од доњег дела алата, горњи део алат има уливни систем чија је улога да несметано спроводи растопљени материјал до гравура где се обликује радни комад. На слици 14. се може видети склоп горње и доње дела алата без осталих потребних елемената који су неопходни за функционисање алата.

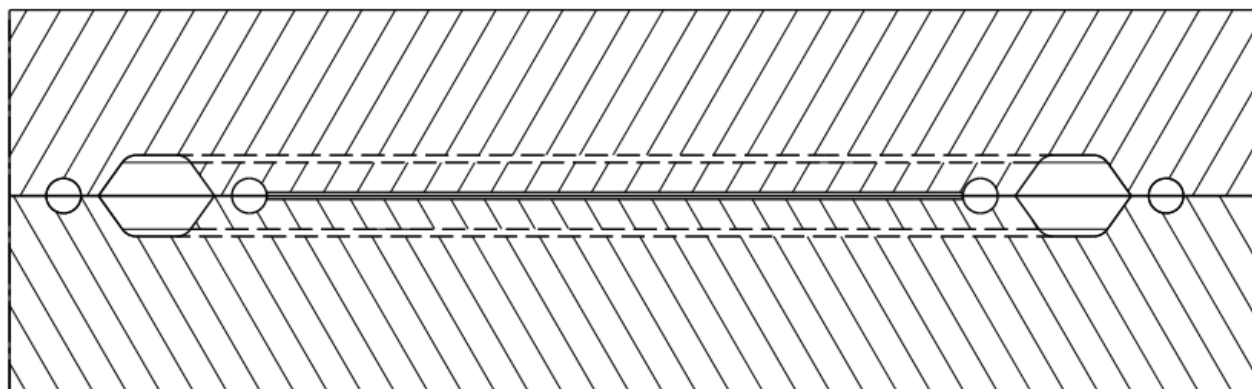
Елементи су:

- елементи за вођење алата
- елементи за фиксирање
- системи за избацивање итд.



Слика 14. Склоп горњег и доњег дела алата.

Због потребе за високим квалитетом обрађене површине, коју карактерише релативно мала храпавост, као и због малих димензија дела и неприступачности конвенционалних поступака обраде, гравуре се обрађују електроерозионом обрадом. На *слици 15.* је приказан пресек једне гравуре.



Слика 15. Пресек гравуре

Процес пројектовања гравуре се ради на стандардним ерозиматима за упуштање гравуре. Регулатор помака, један од најважнијих елемената машине треба да обезбеди високу тачност и крутост због деловања електроде. Његова улога је да врши померање по Z оси у циљу одржавања константног радног зазора.

8. Электроерозна обрада и израда електроерозивног алата CNC глодањем

8.1. Электроерозна обрада

Под неконвенционалним поступцима обраде подразумевају се методе обраде обликовања материјала које се примењују у случајевима када није рентабилна примена класичних поступака обраде или када се обрада класичним методама не може извести.

Электроерозна обрада је поступак обраде чија је примена у пракси веома распрострањена и због бројних технолошких предности почиње да потискује примену конвенционалних метода обраде, нарочито код израде алата и делова од тешкообрадивих материјала. На *слици 16.* се може видети изглед електроерозивне машине.



Слика 16. Изглед ЕДМ машине [11]

Скидање материјала електроерозивном обрадом остварује се путем учесталих електричних пражњења између дела који се обрађује и алата, који у овом случају имају улогу електроде. У зависности од средине у којој се одвијају ова пражњења разликујемо два вида овог поступка.^[10]

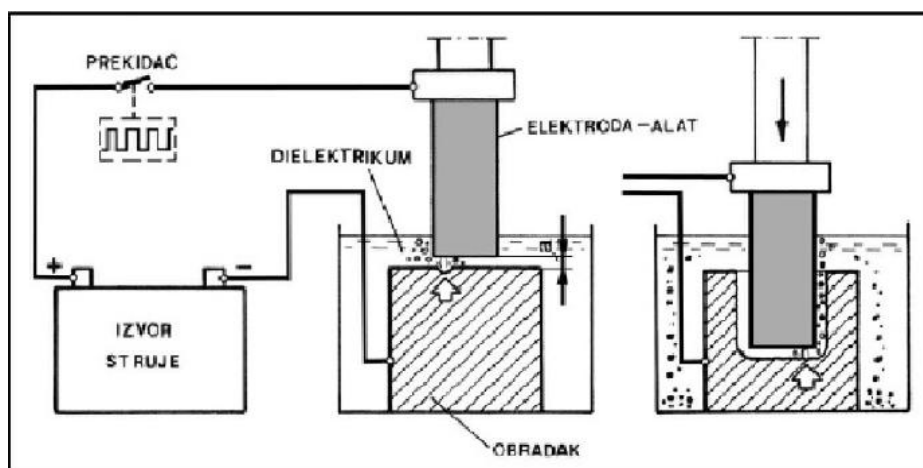
- Електролучна ерозија и
- Электроискрична ерозија

Електролучна ерозија је карактеристична по томе што се скидање материјала остварује периодичним стационарним пражњењем у атмосфери. Пражњење се остварује преко електричног лука који се успоставља механичким додиривањем електроде и њеним наглим одмицањем. Успостављање и гашење електричног лука, практично се остварује механичким осциловањем алата врло високом брзином (30-80 m/s) док је напон извора испод 20 V и има константан ниво. Процес ерозије се остварује тако што се растопљени метал настао деловањем електричног лука, нагло охлади водом која циркулише кроз электроду чиме долази до његовог избацивања из површине обратка деловањем динамичких сила.

Электроискрична ерозија се одликује тиме што се скидање материјала остварује периодичним нестационарним електричним пражњењем у електро-непроводљивој течности (диелектрикуму). Пражњење се одвија у виду кратких електричних искри, а остварују се при напону извора који има променљиви-импулсни карактер.

На *слици 17.* приказан је процес електроерозивне обраде. Обрадак и електрода доводе се у радни положај тако да се међусобно не додирују. Између њих је зазор који је испуњен диелектрикумом. Због тога се ова обрада обавља у затвореној посуди (кади). Обрадак и алат

су кабловима прикључени за извор једносмерне струје. На једном од тих проводника налази се прекидач. Ако је прекидач затворен између алата и обратка се јавља електрични напон. У почетку не тече електрична струја пошто су обрадак и алат изоловани диелектрикумом. Уколико се растојање између њих постепено смањује, онда ће при неком малом растојању доћи до пробоја електричне струје кроз диелектрикум и појаве искре. То растојање се назива критичним и креће се у границама 0,005-0,5 mm, зависно од услова који се остварују при обради. Тако отпочиње процес електричног пражњења кроз уски канал између обратка и алата у коме долази до претварања електричне енергије у топлоту и до интензивног загревања површина обратка и алата. Када се помоћу прекидача прекине ток струје, настаје канал за пражњење. Долази до наглог хлађења растопљеног метала и до његовог експлозивног избицавања из површине обратка и алата. Овим се образује кратер, а поступак се понавља и увођењем електронског прекидача може се постићи врло велика фреквенција ових пражњења и настајања кратера, односно интензивно одношење материјала са површине обратка. Правилним избором и подешавањем радних параметара процеса може се постићи скидање материјала са обратка у износу од 99,5% и свега око 0,5% трошења електроде. Један од најчешће коришћених материјала за израду електрода је чист бакар и његове легуре. Поред тога ту су још и графит и његове легуре, алуминијумске легуре, чист волфрам итд.



Слика 17. Шематски приказ процеса електроерозионе обраде

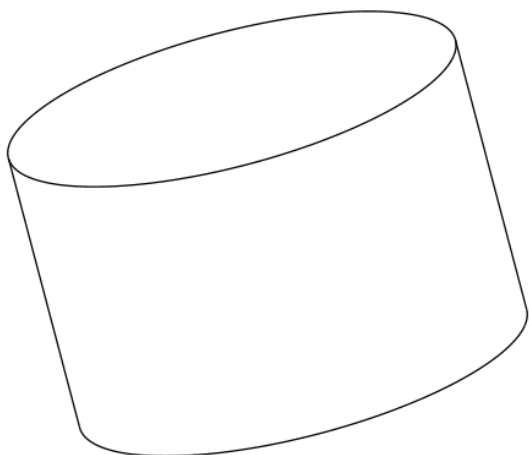
Електроерозиона обрада представља широко заступљен и економски оправдан поступак за извођење различитих операција, не само при обради тешко обрадивих материјала, већ и при обради површина сложеног геометријског облика. Електроерозиона обрада користи се при изради: калупа за ковање и пресовање, кокила за ливење, алата за пробијање и просецање, делова са уским прорезима, делова са малим и дубоким отворима, делова са сложеним површинама, танкозидних делова итд. [10]

8.2.Израда електроерозионог алата CNC глодањем

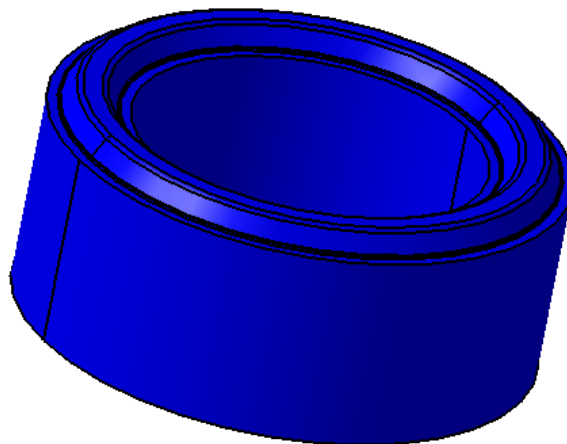
Како би технолошки поступак израде калупних шупљина био урађен у потпуности неопходна је примена електроерозионе обраде. Потребно је изградити запремински ЕДМ алата који ће уклонити вишак материјала који се конвенционалним методама не може уклонити.

За процес креирања NC кода коришћен је софтверски програм CATIA V5R21. Електроду је могуће изградити на CNC стругу. Коришћењем модула **Machining**, а затим **Lathe Machining** приступа се креирању NC кода.

За израду електроде користи се електролитички бакар. Он је чистоће 99,99% и један је од најчешће коришћеног материјала за израду електрода за електроерозиону обраду. На слици 18. је приказан полазни материјал, док је на слици 19. приказан изглед електроде која је потребна за израду калупних шупљина.



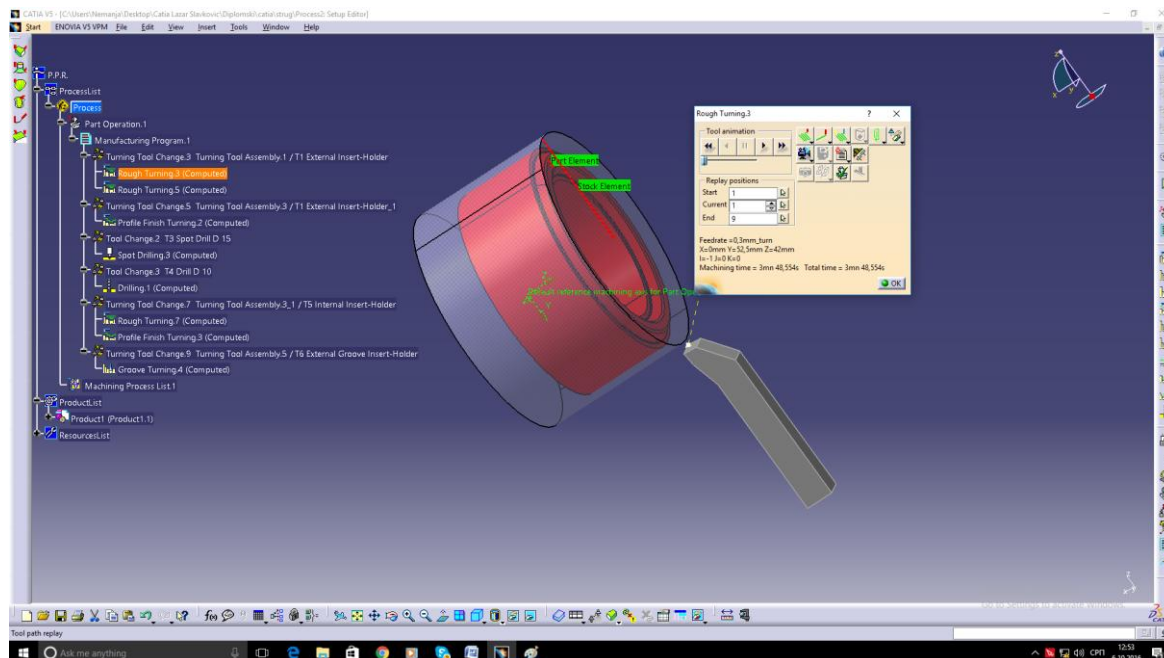
Слика 18. Полазни материјал



Слика 19. Изглед електроде

Како би се добио одговарајући квалитет потребно је дефинисати стратегију обраде која подразумева минималну храпавост и минималне трошкове обраде. Процес стругања задате електроде изводи се из неколико операција:

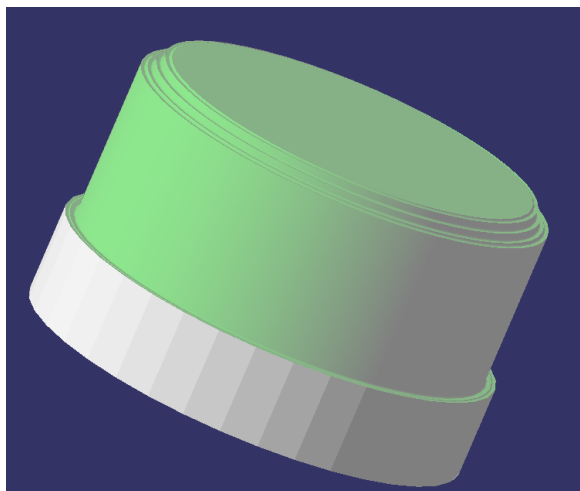
Прва операција представља чеону обраду, што је приказано на слици 20. Дубина резања при чеоној обради је 1,5 mm и изводи се из 2 пролаза.



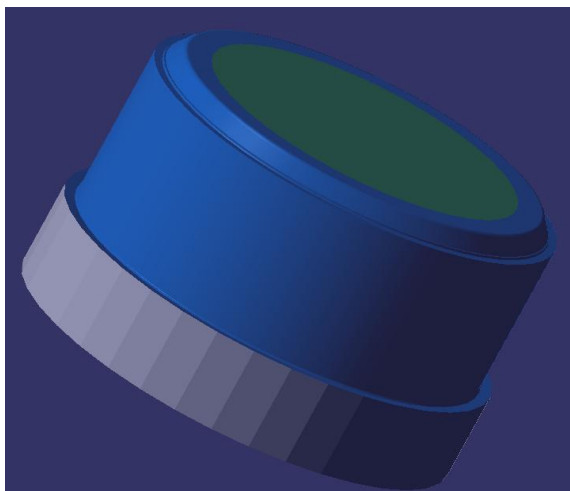
Слика 20. Чеона обрада

Друга операција је уздужна обрада и она се састоји из грубе и fine (завршне) обраде. Груба обрада се решава из 7 пролаза са дубином резања од 1.5 mm а изглед дела после грубе обраде

је приказан на *слици 21*. Фина (завршна) обада се користи како би се уклонио вишак материјала који је остао после грубе обраде што се види на *слици 22*. Фином (завршном) обрадом се добија захтевани квалитет површине.



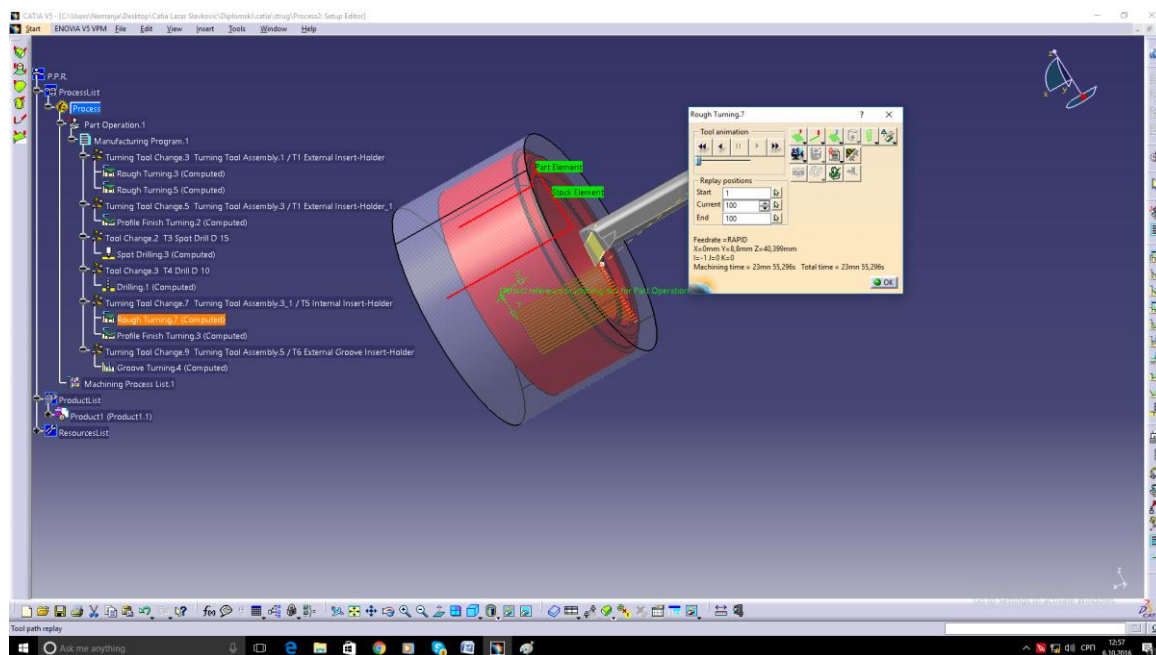
Слика 21. Изглед дела након грубе обраде



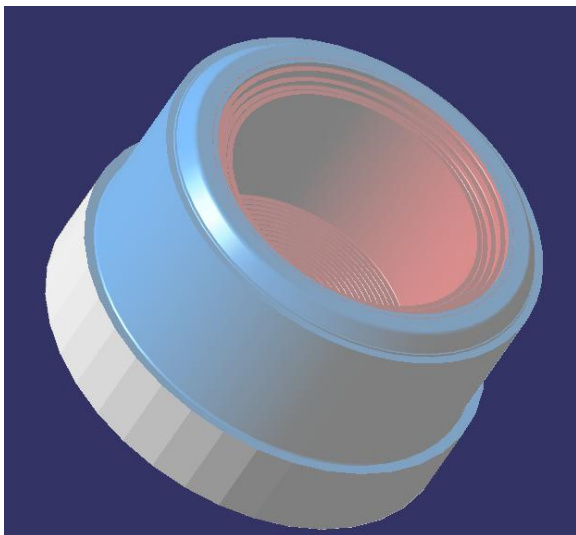
Слика 22. Изглед дела након фина (завршна) обрада

Након спољашње обраде потребно је обрадити и унутрашњу страну дела. Да би то било могуће обрадити потребно је избушити отвор. Због тога се користе операције забушивања и бушења.

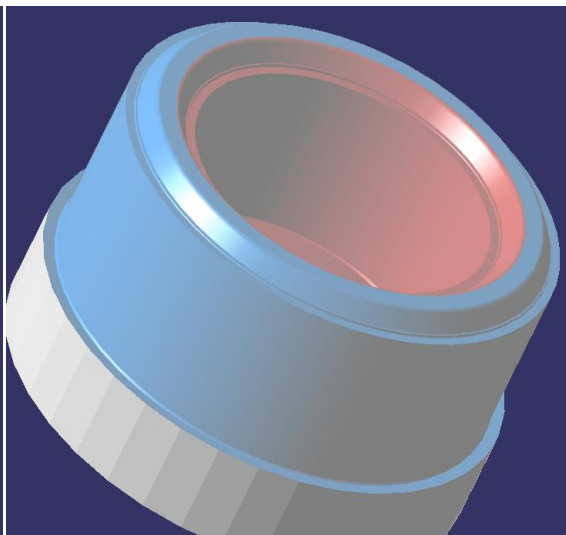
Након ових операција прелази се на операције унутрашњег стругања. Као и код спољашњег стругања, унутрашње стругање се састоји из грубе и fine (завршне) обраде. Процес грубе обраде приказан је на *слици 23*. и приликом те операције материјал се отклања из 15 пролаза са дубином резања од 2 mm. На *сликама 24*. и *25*. приказан је комад након грубе и fine унутрашње обраде.



Слика 23. Изглед путање алата при грубој обради

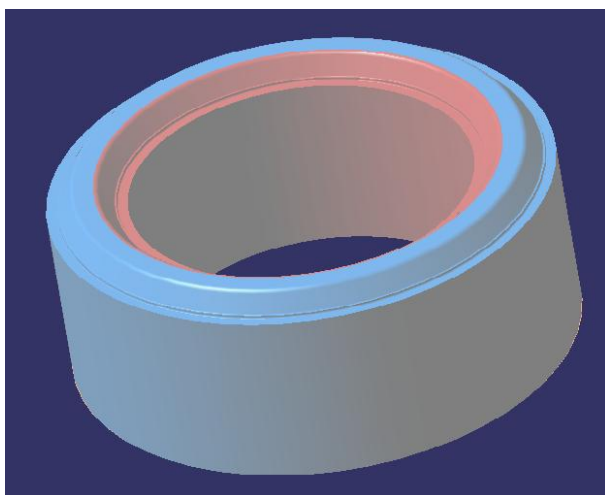


Слика 24. Изглед дела након грубе обраде



Слика 25. Изглед дела након фина (завршна) обрада

На самом крају процеса израде електроде потребно је извршити одсецање комада. Изглед електроде након последње операције је приказан на слици 26.



Слика 26. Изглед електроде за електроерозиону обраду калупних шупљина.

NC код за обраду електроде:

```
N1 G17
N2 G90
N3 G96
N4 M33
N5 M505
N6 M101
N7 T001 M06
N8 S70 M04
N9 G00 X0 Y52.5 Z42. HA0. C0.
N10 G01 G95 X0 Y50.5 Z42. C0. F3
N11 X0 Y0 Z42. C0. F4
N12 X0 Y.21 Z42.21 C0. F8
N13 G00 X0 Y52.5 Z42.21 C0.
```

N14 G00 X0 Y52.5 Z40.5 C0.
 N15 G01 X0 Y50.5 Z40.5 C0. F3
 N16 X0 Y0 Z40.5 C0. F4
 N17 X0 Y.21 Z40.71 C0. F8
 N18 X0 Y49.14 Z45.5 C0. F3
 N19 X0 Y49.14 Z43.5 C0.
 N20 X0 Y49.14 Z.5 C0. F4
 N21 X0 Y49.35 Z.71 C0. F8
 N22 G00 X0 Y49.35 Z45.5 C0.
 N23 G00 X0 Y47.78 Z45.5 C0.
 N24 G01 X0 Y47.78 Z43.5 C0. F3
 N25 X0 Y47.78 Z.5 C0. F4
 N26 X0 Y47.99 Z.71 C0. F8
 N27 G00 X0 Y47.99 Z45.5 C0.
 N28 G00 X0 Y46.42 Z45.5 C0.
 N29 G01 X0 Y46.42 Z43.5 C0. F3
 N30 X0 Y46.42 Z36.16 C0. F4

 N243 G01 X0 Y51.2 Z-8.11 C0. F3
 N244 X0 Y1.2 Z-8.11 C0. F4
 N245 X0 Y1.41 Z-8.32 C0. F8
 N246 G00 X0 Y53.2 Z-8.32 C0.
 N247 G00 X0 Y53.2 Z-6.65 C0.
 N248 G01 X0 Y51.2 Z-6.65 C0. F3
 N249 X0 Y1.2 Z-6.65 C0. F4
 N250 X0 Y1.41 Z-6.86 C0. F8
 N251 G00 X0 Y53.2 Z-6.86 C0.
 N252 G00 X0 Y53.2 Z-5.18 C0.
 N253 G01 X0 Y51.2 Z-5.18 C0. F3
 N254 X0 Y1.2 Z-5.18 C0. F4
 N255 X0 Y1.41 Z-5.4 C0. F8
 N256 G00 X0 Y53.2 Z-5.4 C0.
 N257 G00 X0 Y53.2 Z-3.72 C0.
 N258 G01 X0 Y51.2 Z-3.72 C0. F3
 N259 X0 Y1.2 Z-3.72 C0. F4
 N260 X0 Y1.41 Z-3.93 C0. F8
 N261 G00 X0 Y53.2 Z-3.93 C0.
 N262 G00 X0 Y53.2 Z-2.26 C0.
 N263 G01 X0 Y51.2 Z-2.26 C0. F3
 N264 X0 Y1.2 Z-2.26 C0. F4
 N265 X0 Y1.41 Z-2.47 C0. F8
 N266 G00 X0 Y53.2 Z-2.47 C0.
 N267 G00 X0 Y53.2 Z-.8 C0.
 N268 G01 X0 Y51.2 Z-.8 C0. F3
 N269 X0 Y1.2 Z-.8 C0. F4
 N270 X0 Y1.41 Z-1.01 C0. F8
 N271 G00 X0 Y53.2 Z-1.01 C0.
 N272 M30

Закључак

Употреба гуме, иако није основни конструкциони материјал, због својих еластичних, изолационих и заптивних особина толико се проширила да се без ње не може замислити савремена технологија израде разних производа у свим индустријским гранама. Велики број производа израђених од гуме, који се процењује на више од 40.000, тешко је класификовати и сврстати у одређене групе.

Гума је сложени материјал добијен од каучука и разних додатака који су се користили ради процеса побољшања својстава каучука. Највећи успех је представљао додаток сумпора, што указује да гума није само смеша каучука и додатака већ да су за њено добијање потребне неке хемијске промене (вулканизација). Добро измешана смеша каучука и потребних додатака мора се обликовати различитим поступцима обраде, као што су екструзија, каландровање и поступци прераде пресовањем итд., формирати у предмет или материјал из којег ће након завршене вулканизације настати коначни гумени производ.

Вулканизација је хемијски процес спајања каучука и сумпора, при чему долази до промене својстава каучука и добијања производа са знатно бољим својствима. Након вулканизације гума добија такву комбинацију карактеристика, које остали материјали немају, па је њена примена у техници, а посебно у машинству веома значајна. Карактеристике које поседује су: велика еластичност, непропустљивост за течности и гасове, одличне електричне отпорности, добре отпорности према хемикалијама, добра отпорност према хабању итд.

Са економског аспекта један од најзначајнијих поступака прераде гуме је бризгање. Главне предности убризгавања су у уштеди материјала, мање време израде и мањем потребном простору за производњу. И поред великих трошкова за набавку опреме (машине и алата) овај поступак даје велике предности код серија од неколико хиљада комада.

Сам процес бризгања је тешко аналитички описати због утицаја читавог низа фактора, почевши од карактеристика материјала, комплексности геометрије производа, карактеристика машине и процеса, искуства оператера итд. Све ово намеће потребу за инжењерским алатом који би инжењерима пружио подршку у свим фазама развоја производа, од дефинисања геометрије, преко развоја алата до коначног процеса производње.

Због тога је за израду овог завршног рада коришћен софтверски програм CATIA V5. Дат је принцип пројектовања алаза за израду делова о-ринга од гуме. Показан је изглед алата и дати су поступци обраде који се примењују за израду алата. Због релативно малих димензија гравуре, коришћена је електроерозиона обрада. Такође дат је приказ израде електроде потребне за добијање жељене гравуре. У програму је одрађен целокупни процес израде електроде стругањем и представљен је NC код њене обраде

Треба напоменути да је електроерозиона обрада представљала незаменљиву методу обраде гравура сложеног облика. Захтеви тржишта се мењају свакодневно и све је више купаца који имају потребу за продукцијом која су футуристичког дизајна. Захтеве за производњу ових производа могу да испуне само неконвекционалне методе обраде. Такође то повлачи са собом и поскупљење алата, али савремена политика која се води тиме да је сваки купац битан, даје услов за неопходну инвестицију произвођача. Стога се може закључити да неконвекционални поступци обраде, иако доносе повећање цене финалног производа и дање су најприхватљивије решење за израду калупних шупљина.

Литература

1. Миленко Плавшић, Радивоје С. Поповић и Ружица Поповић: *Еластомерни материјали* (каучук, гума и композити), Научна књига, Београд, 1995.
2. Бојан Симић: *Пројектовање алата за израду делова од гуме*, Дипломски рад, Крагујевац, 2006.
3. Мићић Жељко: *Пројектовање производа од пластичних маса и пројектовање алата*, Дипломски рад, Крагујевац, 2007.
4. Милорад Јовановић, Вукић Лазић, Драган Адамовић, Нада Ратковић: *Машински материјали*, Машински факултет, Крагујевац, 2003.
5. Богдан Недић: *Технологије прераде пластичних маса*, скрипта, Машински факултет, Крагујевац, 2007.
6. <http://www.seminarski-rad.co.rs/TEHNOLOSKI%20SISTEMI/Guma.html> прегледано Августа 2016.
7. <http://www.seminarski-diplomski.co.rs/TEHNOLOSKI%20SISTEMI/Presovanje.html> Септембра 2016.
8. <https://ironlady003.wordpress.com/2014/05/19/pomocni-materijali/> прегледано Августа 2016.
9. http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/dokumenti/Laboratorija_za_deformisanje/TOP/guma.pdf, прегледано Септембра 2016.
10. <https://www.scribd.com/doc/89651853/EDM-Elektroerozivna-obrada>, прегледано Септембар 2016.
11. http://szikrabort.hu/en/spd/EX_EDM_310/Quotation-for-EXERON-310-Die-sink-EDM-machine, прегледано Септембра 2016
12. <http://www.termoplast.rs/wp-content/uploads/2015/02/Guma-za-web.pdf> прегледано Септембра 2016.