



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Машински материјали

Број индекса: 13/2016

Ксенија Г. Марковић

Материјали за спортску опрему

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Драган Адамовић – ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Крагујевац 2019

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да да преглед развоја и употребе материјала за спортску опрему. На почетку дати преглед основних својстава материјала који се користе за спортску опрему. У даљем делу рада описати различите врсте материјала који се користе за спортску опрему (керамички, полимерни, метални, композитни, природни и напредни материјали). За сваку наведену групу материјала дати карактеристичне примере примене за спортску опрему.

Оквирни садржај рада

1. УВОД
2. ОСНОВНА СВОЈСТВА МАТЕРИЈАЛА ЗА СПОРТСКУ ОПРЕМУ
3. МАТЕРИЈАЛИ ЗА СПОРТСКУ ОПРЕМУ
 - 3.1 Керамички материјали
 - 3.2 Полимерни материјали
 - 3.3 Метални материјали
 - 3.4 Композитни материјали
 - 3.5 Природни материјали
 - 3.6 Напредни материјали
4. ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ МАТЕРИЈАЛА ЗА СПОРТСКУ ОПРЕМУ
5. ЗАКЉУЧАК
- ЛИТЕРАТУРА

Препоручена литература:

- [1]. Mike Jenkins, *Materials in sports equipment*, England, 2003
- [2]. Myer Kutz, *Handbook of Materials Selection*, NewYork, 2002
- [3]. Robert B. Heimann, *Classic and Advanced Ceramics*, 2010
- [4]. Clive Ferguson, *Historical Introduction to the Development of Material Science and Engineering as a Teaching Discipline*
- [5]. Mr. Alan W. Cramb, *A short history of metals*, Carnegie Mellon University
- [6]. S. Anandhan, *Polymer Nanocomposites: From Synthesis to Applications*, National Institute of Technology Karnataka, 2010
- [7]. Xiangqin Song, *The Application of High and New Material in Sports*, College of P.E. and Sports, Beijing Normal University, Beijing, China, 2015
- [8]. N. Linthorne, *Design and Materials in Athletics*, Brunel University, UK, 2007

Садржај

1. Увод	4
2. Основна својства материјала за спортску опрему	5
3. Материјали за спортску опрему	6
3.1. Керамички материјали	6
3.2. Полимерни материјали	7
3.3. Метални материјали	9
3.4. Композитни материјали	11
3.5. Природни материјали	13
3.6. Напредни материјали	14
Примери примене материјала за спортску опрему	16
3.7. Спортска опрема за тенис	16
3.7.1. Тениски рекет	16
3.7.2. Тениска лоптица	17
3.8. Спортска опрема за голф	18
3.8.1. Голф палица	18
3.8.2. Голф лоптица	19
3.9. Спортска опрема за крикет	20
3.9.1. Крикет палица	20
3.9.2. Крикет лопта	20
3.10. Спортска опрема за фудбал	21
3.10.1. Фудбалска лопта	21
3.10.2. Копачке	23
3.10.3. Дрес	24
3.10.4. Голманске рукавице	25
3.10.5. Штитници	25
3.11. Спортска опрема за атлетику	26
3.11.1. Кугла	26
3.11.2. Копље	26
3.11.3. Диск	27
3.11.4. Кладиво	28
3.11.5. Мотка за скок у вис	28
3.11.6. Атлетске патике	29
3.12. Спортска опрема за бициклизам	30
3.12.1. Бицикл	30
3.12.2. Бицикличка кацига	33
3.13. Спортска опрема за скијање	34
3.13.1. Штап за скијање	34
3.13.2. Скије	35
3.13.3. Ски ципеле	38
4. Закључак	39
5. Литература	40

1. Увод

Сами почеци цивилизације и њен напредак уско су повезани са откривањем, добијањем, прерадом и обликовањем материјала у креације које човек користи у свакодневном животу. Живот човека је на самим његовим почецима с аспекта коришћених материјала био обележен дрветом, кожом, костима, длаком које су се добијали директно из природе. Те материјале човек је примитивним поступцима попут резања, бушења, брушења обликовао у разна оруђа и оружја.

Људска жеља за угоднијим и квалитетнијим животом подстакла је људе да стварају све сложеније креације. Функције и својства ових "сложенијих" творевина не могу се остварити коришћењем класичних материјала. Такође, откриће нових врста материјала омогућило је производњу различитих уређаја, машина и помагала. [7]

Спортска опрема је одавно постала саставни део спорта и свакодневног живота, она пружа спортисти али и обичним људима могућност да побољшају своје резултате и перформансе али их и штити од могућих повреда.

Било да се ради о професионалним спортистима или аматерима, спорт је постао свакодневна активност скоро свих људи. Гледајући развој материјала са аспекта спорта, може се закључити да је развој спорта у великој мери зависио од открића и развоја материјала током историје.

Индустрија која производи спортску опрему у великој мери се ослања на дизајнирање и развој спортске опреме помоћу најсавременије технологије. Употребом савремених техника и материјала произвођачи спортске опреме нас снабдевају са новим побољшањима (лепшим, удобнијим, кориснијим) моделима спортске опреме.

2. Основна својства материјала за спортску опрему

Основни задатак сваке производње јесте произвести што квалитетнији производ, уз што боља употребна својства. Осим добрих употребних својстава, за сваки производ битан је и допадљив изглед, као и што нижа цена. Да би се све то постигло потребно је за сваки појединачни производ унапредити производне поступке израде и конструкцијска решења, те правилно изабрати материјал. Избор оптималног материјала је битан саставни део укупног процеса развоја производа.

При анализи функције производа разматрају се следећи фактори:

Радне карактеристике – У њих улазе маса и димензија производа, трајност. Такође је битна потрошња енергије, извори енергије и погон, а треба водити рачуна и о сигурности у раду, одржавању, преносивости...

Радни услови – Постојеће силе и напрезања, прекиди у раду, трење и трошење, могуће вибрације и ударци.

Деловање околине – Важни елементи су температура, изложеност пламену, влажност, зрачење, различите хемикалије, прашина, електрицитет, масти и уља, горива.

Повезана дејства – Стање и храпавост површине, одступање од облика, утицај различитих промена.

Утицај на људе – Битан фактор у функцији производа, због тога треба посебну пажњу обратити на заштиту здравља, буку и шумове, једноставност чишћења, изглед, тактилност и психолошко деловање. [7]

Након што се дефинише улога производа у експлоатацији могу се почети решавати и остали проблеми као што су трајност, поузданост, начин одржавања и изглед производа.

Оптималан дизајн спортске опреме захтева примену низа дисциплина, не само ради побољшаних перформанси, већ и да би опрема била што кориснија са становишта избегавања повреда. Естетика је често од велике важности, па је потребно одабрати материјал који се може обликовати у жељени облик, те да сам материјал у коначном облику изгледа прихватљиво. Материјал треба бити прикладне поузданости и квалитета, а уједно производ мора бити прихватљиве цене. Врло је важан одабир производног процеса за квалитет, али и за цену производа. У данашње време је могућност рециклирања материјала такође врло важна.

При дизајнирању спортске опреме морају се узети у обзир различите карактеристике материјала. Међу тим карактеристикама су:

- јачина,
- растегљивост,
- густина,
- отпорност на замор,
- жиљавост,
- модул еластичности и
- трошкови.

Многе врсте спортске опреме увелико се ослањају на хемију како би помогле спортистима да постигну врхунске перформансе и пружи сигурност и заштиту. Елитни спортисти из целог света зависе од хемијских производа. [1]

3. Материјали за спортску опрему

Материјалима називамо све оно од чега су изграђени предмети који нас окружују. Данас је у науци о материјалима уобичајена подела на три основне групе материјала: металне, керамичке и полимерне. Оваква подела је првенствено базирана на хемијском саставу и атомској структури материјала. Додатно, постоје и такозвани композитни материјали, који представљају комбинацију два или више материјала из ове три основне класе. Сем ове поделе присутни су и природни материјали и напредни материјали. [7]

3.1. Керамички материјали

Добили су назив од грчких речи: *keramos* = лончарска глина, односно: *keramikos* = производ од глине. Керамички материјали су кристална једињења која образују метални и неметални елементи повезани јаким јонским или ковалентним везама. Керамике немају слободне електроне, слабо проводе топлоту и добри су изолатори. По правилу, керамике су веома тврде и крте, трајне, постојане у води, имају ниску пластичност, а велику отпорност на притисак, хабање и корозију. Одликују се високом температуром топљења и високим хигијенским и естетским квалитетом. Керамике су производи изграђени од глине и других неорганских састојака, који се обликују у течном, пластичном, полупластичном, сувом или прашкастом стању, а затим суше и пеку на високој температури да би се добила потребна механичка својства готових производа. Керамике су кристални материјали који понекад садрже и незнатан део смоласте фазе. Керамички производи се израђују као једноделни због проблематичног склапања вишеделних. Основна подела је према хемијском саставу: оксидне, карбидне, нитридне, флуоридне, сулфидне и сл. [3]

Основна својства керамичких материјала су:

- кристална или аморфна структура;
- тврд (2000-8000 HV), крт и недеформабилан материјал;
- добри електрични изолатори;
- добри изолатори топлоте;
- висока температура топљења (1930°C – 3870°C);
- ватроотпорни;
- отпорни на хемикалије;
- неке керамике су прозирне.

Према намени деле се на:

Конструкционе керамике, главна одлика ових керамика (Al_2O_3 , SiO_2 , SiC , Si_3N_4 , SiAl_2O_3 , ZrO_2) је велика тврдоћа и отпорност на хабање;

Алатне керамике, у ове керамике спадају: Al_2O_3 , SiC , берилијумоксид (BeO) и баријумтитанит (BaTiO_2). Израђују се пресовањем на топлоту од материјала припремљеног у облику сувог праха. Оне су такође добри топлотни изолатори. Примењују се не само за алате, већ и у моторној индустрији као конструкциони материјали, углавном за термички оптерећене делове мотора;

Грађевинске керамике, у њих спадају: порцеланске, лончарске и опекарске глине. [3]

Табела 3.1 Керамички материјали у спорту

Материјал	Примена
Керамичка влакна	- кајак и весла - труп брода - палица за хокеј - тениски рекет - скије - голф штап

3.2. Полимерни материјали

Вештачке (синтетичке) материје које имају аморфну макромолекуларну структуру чине велику групу конструкционих материјала који се једном речју називају пластике или полимери. Најраспрострањенији природни полимер је скроб тј. угљени хидрат, састојак кромпира, пиринча и сл.

Полазне сировине за производњу пластика могу бити минералног и органског порекла (биљног и животињског). Минералне сировине су нафта, угаљ и земни гас од којих се најпре припремају основна хемијска једињења која се даље прерађују у пластике. Наведене сировине се преводе у полупроизводе који могу бити у облику гранула, праха, течности, смола, таблета. Следећи процес прераде у финалне производе (ливење или пресовање) утичу не само на промене облика и структуре, већ такође и на промене хемијских веза од којих зависе особине готових производа. [7]

Назив пластичне масе (пластике) потиче отуда што су у некој фази прераде полазних сировина оне биле деформабилне. Код неких врста пластика деформабилност се стално задржава, а производи се могу рециклирати – термопласти, док се код других деформабилност трајно губи при завршној преради – дуропласти.

Термопласти омекшавају под дејством топлоте, а при хлађењу опет отврдњавају. Супротно томе, *дуропласти* отврдњавају при загревању и добијају трајан облик, те се више не може успоставити стање пластичности. Термопласти су: полистирен, полиетилен, најлон, плексиглас, тефлон. Дуропласти су: бакелит, гума, силикон, епокси смоле. Термопласти углавном нису отпорни на повишеним температурама (изузетак је тефлон), док дуропласти не горе већ се на довољно високим температурама угљенишу и разграђују.

Температура топљења пластика је знатно нижа него већине метала, док неке од њих се топе и при собној температури. Зато се код неких пластика особине мењају и при малим температурним променама. Полимери се најпре деформишу еластично па затим пластично. Што је пластика мекша, имаће мању границу еластичности, а већу истегљивост. Повећање брзине деформисања, као и пад температуре, доводи до преласка пластике из пластичног у крто стање. [5]

Структура полимерних материјала

Као што из назива произилази, ове материје се састоје од великог броја *мера* који је градивна јединица дугачких ланаца или мреже молекула – полимера. Мономер је основни молекул који се понавља у ланчастом молекулу. Повезивањем великог броја мономера у дугачак ланчасти молекул добија се полимер (од грчке речи *polis* = много, *meros* = део). Кад се каже да су молекули „полимеризовани“ то значи да су међусобно повезани у веће агрегате, тј. макромолекуле или ланчaste молекуле. За индустрију су најважније две врсте полимерних материјала: пластике и еластомери. Пластике се добијају процесом полимеризације или поликондензације, а еластомери вулканизацијом.

Полимеризација или поликондензација

Мономери могу прећи у полимере (пластике) на два начина. Први је полимеризација или адициона полимеризација. Кад се више истих или сличних мономера повезују у облику ланца, процес се зове адиција. Дејством топлоте и притиска остварују се двоструке везе, мономери се повезују у ланац па се добија полимер. Од дужине ланца зависи густина полимера. Поликондезација се карактерише тиме што се после повезивања, било истих или различитих молекула, добија и споредан производ – кондезат (вода). Пластике добијене поликондезацијом могу бити термопластичне (најлон) или термоактивне (бакелит).

Вулканизација

Природни или вештачки каучук се прерађују у гуме вулканизацијом која се изводи на топлотом или на хладном. Суштина вулканизације је увођење сумпора који бочно повезује ланчасте молекуле. Садржај каучука у гуми износи 4 – 95%, а остатак чине: сумпор, пластификатори (уље, фенол и др. који олакшавају прераду), вазелин и парафин (дају дуготрајно меку гуму), затим активни и пасивни пуниоци (чађ, каолин, цинк оксид) који директно поправљају механичке особине, антиоксиданти (феноли), убрзивачи вулканизације (стеаринска киселина), средства за бојење (пигменти) и понекад мирисна средства. Поједине врсте гума могу имати различиту тврдоћу, јачину на кидање, еластичност, отпорност на хабање и др. Са падом температуре тврдоћа гуме расте, а на веома ниској температури она постаје крта, веома тврда и ломљива. Еластичност гуме, тј. способност повратка првобитног облика по растерећењу, јесте важна особина гумених производа. Гуме се деформишу без промене запремине, слично као нестишљиви флуиди (течности). [7]

Додаци полимерним материјалима

Вештачке материје као конструкциони материјали – поред основног састојка у виду високополимерне супстанце садрже и разнородне додатне материје:

Стабилизатори су супстанце које доприносе трајности високополимерних хемијских једињења у случају дејства таквих спољашњих чинилаца као што су повишена температура, видљива или ултраљубичаста светла и др.

Пуниоци су хемијски неутралне супстанце које се додају полимерима ради побољшања механичких особина, термичке или електричне проводности, отпорности на хабање итд. С обзиром на облик, пуниоци могу бити:

- прашкасти – метални прах, графит, чађ, лика (vlakна испод коре дрвета), камено и дрвено брашно и кварцни песак,
- влакнасти – металне жице, синтетичка и памучна vlakна и
- лиснати – фолије или металне мреже, синтетичке, памучне и папирне тканине.

Пластификатори (омекшивачи) су органска хемијски активна једињења, која се понекад додају у веома великим количинама да се повећа пластичност полимера. Они делују на грађу молекула физички или физичко – хемијски, тако што настају реакције са полимером које смањују повезаност мера, због повећане покретљивости молекула опада температура омекшавања и преласка у стакласто стање. Захваљујући томе, производ који је крт на температури околине додатком омекшивача постаје пластичнији.

Пигменти се додају да производ добије одређену боју која по правилу не мења њене физичке особине.

Акцелератори (убрзивачи) се додају полимерним материјалима да се убрза њихово отврдњавање за време прераде. Уобичајно се додају у производњи боје и лепка.

Средства за подмазивање важна су за прераду, додају се полимерним материјалима ради лакшег течења и спречавања лепљења за зидове алата. Користи се: лако машинско уље, парафин, вазелин, ланолин и сл. [5]

Табела 3.2 Полимерни материјали у спорту

Материјал	Примена
Полиестер	- облога фудбалске лопте - шавови на фудбалској лопти
Полиетилен	- подлога на скијама
Полиетилентерефталат	- фудбалски дрес
Полипропилен	- унутрашњост кациге
Поликарбонат	- педале на бициклу
Полиуретански премаз	- крикет лоптица - тениски рекет
Полиуретанска пена	- унутрашњост дршке тениског рекета - средњи уложак патике - унутрашњост ски ципеле
Термопласти	- поклопац голф лоптице - ски ципеле
Етилен-винил-ацетат	уложак патике
Гума	- лоптица за тенис - језгро голф лоптице - крикет лоптица - балон и вентил на фудбалској лопти - штитници - ђон патике - педале и седиште на бициклу

3.3. **Метални материјали**

Метали су материјали који поседују карактеристике сјајног, тврдог, топљивог, дуктилног материјала. Добри су проводници топлоте и електричне енергије. Најбољи проводници електричне енергије су сребро и бакар, међутим, олово и жива су лоши проводници електричне енергије. Такође имају високу тачку топљења.

Према боји метални материјали се деле на:

- *црне* (феро метали – железо, кобалт, никал и манган; тешко топљиви метали – волфрам, тантал и др) и
- *обојене* (лаки – алуминијум, магнезијум и берилијум; племенити – злато, сребро, платина и полуплеменити бакар; лако топиви метали – цинк, олово, бизмут и др).

Према температури топљења деле се на:

- *тешко топиве* (Cu, Ni, Fe, W, V, Mo) и
- *лако топиве* (Sn, Pb, Cd, Al, Mg, Zn).

Према специфичној тежини деле се на:

- *лаке* (густина им је мања од 5 g/cm³) и
- *тешке* (густина им је већа од 5 g/cm³).

Метали се користе у разне сврхе, од израде жица и лимова. На пример – бакарне и алуминијумске жице у електричној опреми, посебно за пренос електричне енергије. Метали се такође користе у производњи аутомобила, машина, котлова за воду, индустријских направа итд. Метали се користе у производњи посуда и бојлера због свог својства доброг проводника топлоте. [7]

Највише употребљавани метални материјали су:

Челици

Челици садрже до 2.11% угљеника па се могу обрађивати пластичним деформисањем (ковањем, ваљањем) било на собној или повишеним температурама. Поред прераде деформисањем на хладно или топло, корисне особине челика могу се добити различитим видовима термичке обраде. Челици се према намени сврставају у конструкционе, специјалне и алатне. Према чистоћи на челике обичног квалитета, квалитетне, висококвалитетне и племените. [4]

Ливена гвожђа

Ливена гвожђа су легуре гвожђа са више од 2,0% угљеника. Ливена гвожђа имају ниску пластичност и релативно малу отпорност према удару. Користе се због добрих својстава ливења, широког опсега чврстоће и тврдоће, у већини случајева добре обрадивости резањем, и ниске цене. Ако је потребно поправити нека својства, нпр. отпорност према хабању и корозији, ливена гвожђа се додатно легирају. Предности ливених гвожђа у односу на челике су боља својства ливења, нижа температура топљења за 300 – 400°C и нижа цена. Структура ливеног гвожђа првенствено зависи од хемијског састава и брзине хлађења одливака. [4]

Обојени метали

Обојени метали су групни назив за све метале осим гвожђа. Велику примену имају због посебних особина као што су: добра електрична и топлотна проводљивост (Cu, Al), мала тежина (Mg, Al, Ti), висока температура топљења (W, Mo, Ta), специјалне физичке особине (Ti), корозивна отпорност (Ti, Cu, Al). Обојени метали се углавном деле на:

- *лаке* ($\rho < 5000 \text{ kg/m}^3$) и
- *тешке* ($\rho > 5000 \text{ kg/m}^3$).

У лаке метале спадају Li, Mg, Be, Al, Ti. Остали обојени метали се сврставају у тешке метале.

Према температури топљења (Tt), сви метали разврставају се на:

- *нискотопљиве* (Tt до 600°C): Zn, Ca, Sn, Pb, Sb, Bi, Li, In;
- *средњетопљиве* (Tt од 600 до 1538°C): Fe, Mn, Cr, Ni, Cu и
- *високотопљиве* (Tt преко 1538°C): Ti, Zr, V, Nb, Cr, Mo, W, Ta. [7]

Обојени метали су:

- **Алуминијум** припада групи лаких обојених метала густине 2.7 g/cm^3 . добија се из руде боксита електрометалуршких методама. Температура топљења му је 660 °C. Дobar је проводник електричне струје.
- **Бакар** као чист метал, има широку примену у електротехници за израду проводника због изванредних физичких својстава – електричне и топлотне проводљивости. Одликује се великом пластичношћу и способношћу образовања великог броја техничких легура са добрим механичким и технолошким својствима. Највише се користи као антикорозијски материјал, у облику цеви и лимова, или нанесен на челичну подлогу.

- **Никл** је метал беле боје, кристалише по површински центрираној кубној решетки, изузетно је отпоран на корозију, има добру ватроотпорност. Чврстоћа гњеченог никла иде до 850 МПа. Задржава чврстоћу и на 400°C, отпоран на оксидацију и корозију у бројним агресивним срединама. Чист Ni се лако обрађује пластичним деформисањем на хладно.
- **Титан** је најлакши метал у групи тешких обојених метала. Титан има својство полиморфије јер из течног стања (на 1665°C) кристалише у просторно центрирану кубну решетку, а даљим хлађењем на 882°C прелази у хексагоналну густо паковану решетку. Титан је метал мале густине (4,5 g/cm³), што у комбинацији са добрим механичким својствима (велика чврстоћа и тврдоћа) даје велику специфичну чврстоћу. Осим тога је изузетно отпоран на корозију и има добру ватроотпорност.
- **Магнезијум** кристалише по хексагоналној густо пакованој решетки, има веома малу густину (1,74 g/cm³) и релативно ниску температуру топљења (650°C). Лако се везује са кисеоником, али је његов оксид порозан и није добра заштита од корозије. Пали се на 700°C и гори блештавим пламеном, па се користи у пиротехници. [7]

Табела 3.3 Метални материјали у спорту

Материјал	Примена
Челик	- тело голф палица - диск - делови бицикла: осовина, ланац, диск кочница - ивице на скијама
Ливено гвожђе	- кугла - кладиво
Обојени метали	- рам бицикле (Al, Ti) - скије (Al, Ti) - тело штапа за скијање (Al) - диск (Al) - глава голф палице (Ti) - осовина бицикле (Ti) - педале (Al, Mg)

3.4. Композитни материјали

Под називом композити подразумевају се материјали израђени од две компоненте или више компонената, које се доста разликују како по хемијском саставу тако и по другим особинама. Развој ових материјала произашао је из потребе да се код многих конструкција постигне што већа јачина и крутост, а уз то и смањи тежина. Предност композитних материјала јесте у томе што се делови од композита могу пројектовати тако да величина појединих пресека или њихова јачина буду усаглашени са прорачуном утврђеним оптерећењима у тим пресецима. Композите чине основа (матрица) и материјал за ојачање (ојачивач). Матрице у које су утиснути влакнасти ојачивачи, су обично од термореактивних смола (епоксидних, полиестарских, фенолних), а влакна за ојачање могу бити: стаклена, угљенична, од бора или неких других материјала, као што су дрво, лика, млевен камен и други природни материјали. Кад су сва влакна орјентисана у једном правцу, добиће се композити анизотропних особина, зависни од правца. Супротно томе, зрнасте честице случајно распоређене у смоли матрице дају изотропне композите. [7]

Врсте композитних материјала су:

Композити са зрнастим пуниоцима (ојачивачима)

Матрица ових композита обично је полимерна смола, мада може бити керамичка или метална. У смоласту матрицу, која има улогу везивног средства убацују се честице пуниоци, који се у сваком погледу разликују од матрице. Поред пунилаца лоптастог облика велике тврдоће (Al_2O_3 , SiO_2), самлевоног кречног камена (CaCO_3), стаклених куглица, користе се и љуспасти пуниоци (каолин, стаклена вуна, самлевен лискун). Значајни су и пуниоци који омогућавају израду савитљивих (флексибилних) композита, применом куглица каучука. Каучук доприноси повећању жилавости кртих аморфних пластика као што су епоксид и стандардни полистирен.

Композити са влакнастим пуниоцима (ојачивачима)

Ови пуниоци повећавају јачину и крутост (модул еластичности) пластичне матрице од епоксидне или полиестерске смоле. Оцена квалитета коришћених влакана (стаклених, угљеничних, арамидних и борних) доноси се на основу односа модула еластичности и густине (E/ρ) као и односа јачине на кидање и густину (R_m/ρ). Композити са поменутим пуниоцима се употребљавају за неке делове аутомобила, авиона, аутобуса и хемијске опреме.

Структура композита са влакнастим ојачивачима

Ако су познате особине компонената композита, могу се уз одређене претпоставке прорачунати механичке особине финалног производа. Конструктор у ствари прописује технолошке услове производње бирајући одговарајући тип и размештај влакана, односно начин њиховог слагања у врсте, број врста као и узајамну орјентацију влакана. [4]

Композити могу бити: метално – метални, метално керамички, метално – полимерни, керамичко – полимерни, керамичко – керамички, полимерно – полимерни, полимерно – метални. Композити могу бити с влакнима, с честицама и слојевити.

Композитним материјалима се постиже:

- повећање крутости, чврстоће и димензијске стабилности;
- повећање ударне жилавости;
- повећање топлотне постојаности;
- смањење трошкова;
- смањење апсорпције воде;
- смањење топлотне експанзије;
- побољшање отпорности на трошење;
- већа корозијска постојаност;
- смањење масе;
- побољшана конструкцијска флексибилност.

Табела 3.4 Композитни материјали у спорту

Материјал	Примена
Стаклена влакна	- штитници - сложени слој скија - горњи слој скија - мотка за скок у вис
Угљена влакна	- тениски рекет - рам бицикле - сложени слој скија
Арамидна влакна	- шкољка бициклическе кациге - шавови фудбалске лопте

3.5. Природни материјали

Природни материјалу су материјали који се могу наћи у природи и који се у таквом облику користе. Иако су сви материјали изведени из природе, природни материјали се у неком тренутку њихове производње подвргавају мањој обради, него материјали које је створио човек. Природни материјали се набављају директно из природе – памук се скупља из биљака памука, гранит се вади из каменолома. Природни материјали, међутим, имају краћи век трајања, јер су ти материјали некада били живи и тако постепено пропадају током времена. Дрвени намештај, осим ако се не третира лаковима, пропадаће док влага уђе у њихове оквире, а одећа од природних материјала развија рупе и бледи. [1]

Постоји велики избор природних материјала и они се могу поделити у две категорије:

- органски природни материјали и
- неоргански природни материјали.

Органски материјали укључују животињске и биљне производе, материјали попут дрвета, влакана, коре и земље су неки примери. Неоргански материјали су минерални производи попут камена, метала и композита попут глине. Генерално, неоргански материјали садрже трагове органских материјала и обрнуто. Неоргански природни материјали су, по дефиницији, непрерађени. Песак је, на пример, неоргански природни материјал састављен од силицијума и других минерала; стакло је прерађени синтетички производ. Кожа је с друге стране прерађени материјал из природног извора. Животињске коже се не сматрају одмах природним, јер је потребна људска интервенција која ће обрадити коже да би се створила кожа. [1]

Природни материјали који се користе за израду спортске опреме су:

Дрво

Дрво је данас највише употребљива индустријска сировина у свету. У техници, а посебно у грађевинарству дрво се користи као инжењерски материјал било у природном или у прерађеном стању: лепљено дрво, иверице, панел плоче, шпер плоче и др.). Иако се у последње време уместо дрвета све више употребљавају метали, пластика, композити, оно се и даље задржава за израду. Разлог замене дрвета другим материјалима јесу дефицитарност техничког дрвета (бор, јасен, храст, буква), висока цена самог материјала па и његове прераде, мали век трајања и такође осетљивост дрвета на влагу (бубрење, ширење, скупљање, прскање). При избору дрвета као инжењерског материјала треба узети у обзир и његове физичке особине као што су: густина, расподела слојева и влакана, јачина и еластичност, тврдоћа, савитљивост, склоност ка скупљању и бубрењу, влажност, звучна и топлотна проводљивост, жиљавост, као и боја и сјај после обраде.

Многе врсте спортске опреме начињене су од дрвета или су у прошлости биле начињене од њега. На пример, палице за крикет су обично направљене од дрвета беле врбе. Палице за бејзбол су често направљене од дрвета јасена. Традиционално, паркет у старијим дворанама где се одржавају NBA утакмице обично је дрвени. Такође, многе друге врсте спортске и рекреацијске опреме, попут скија, хокејашких штапова, стреличарских лукова обично су у прошлости били израђивани од дрвета, али су од тада замењени модернијим материјалима попут алуминијума, титанијума и композитних материјала. Један значајнији пример овог тренда су палице за голф чији се врх традиционално израђивао од дрвета јапанске јабуке, док се данас обично прави од синтетичких материјала. [7]

Текстил или тканина

Текстил или тканина је еластични материјал састављен од ситних влакана која чине предиво. Прави се од природних и вештачких влакана. У природна влакна спадају: памук, вуна, свила. У вештачка влакна спадају: најлон, микрофибер. [1]

Кожа

Кожа је материјал који се добија штављењем сирове животињске коже. Употреба животињске коже почела је још у праисторији човека. Како сирова кожа временом постаје крута и ломљива, људи су развили разне методе обраде. Најранији облик прераде коже се састојао у димљењу и подмазивању масноћом. Из ових активности је развијен занат, а затим и индустријска грана – кожарство. Поједини вештачки материјали данас замењују кожу, али немају толико добре особине као природна кожа. [7]

Табела 3.5 Природни материјали у спорту

Материјал	Примена
Дрво	- тениски рекет (буква, јасен) - глава голф палице (јапанска јабука) - крикет палица (врба) - језгро скија (јасен)
Текстил	- бициклически шортс (памук, најлон) - мајица и панталоне за голф (памук) - скијашко одело (најлон, свила, памук) - тениска мајица и шорц (памук) - ронилачко одело (најлон) - мајице и шортсеви за тренинг (микрофибер)
Кожа	- превлака на крикет лоптици - копачке - бициклическо седиште - фудбалска лопта

3.6. Напредни материјали

Материјали који се користе у савременој тзв. високој технологији се понекад називају напредни материјали. Напредни материјали су представници типичних традиционалних материјала чија су својства унапређена или су из класе ново развијених материјала са високим перформансама. Они могу бити направљени од представника свих основних група материјала (метала, керамичких материјала и полимера) и најчешће су врло скуп. Напредни материјали подразумевају полупроводнике, биоматеријале и оно што би се могло назвати „материјалима будућности“ то су: „паметни материјали“ и наноинжењерски материјали. [6]

Важне карактеристике напредних материјала укључују:

- јачину;
- дуктилност;
- крутост (модул);
- температурну стабилност;
- жиљавост и
- ниску густину.

Паметни материјали: Група нових, савремених материјала који су тренутно у развоју и од којих се очекује значајан утицај на савремене технологије. Ова особина „паметни“ се може проширити на софистициране системе који се састоје истовремено од паметних и традиционалних материјала. Компоненте које су начињене од интелигентних материјала (система) укључују у своју структуру неки тип сензора и актуатора. Сензори у компонентама имају задатак да детектују улазне сигнале, а актуатори имају одзивну и адаптивну функцију. По својој функцији актуатори могу мењати облик предмета, његову позицију, природну фреквенцију или неку механичку карактеристику као одзив на сигнал који је доставио сензор (промену температуре, електричност или магнетног поља).

Биомиметички материјали: Материјали који опонашају биолошке системе, попут вируса, ћелија, организама, биомолекуларних мотора, итд. Развој ових материјала је био очекиван, јер природа нуди много решења за различите проблеме. Будући да су природни системи једини за који се зна да одржавају и извршавају своје задатке током више милиона година еволуције, циљ је био да се искористе и пренесу ово знање у изградњу синтетских наноструктура. Пример биомиметичког решења је самолепљива трака за одећу, тзв. "чичак". [6]

Табела 3.6 Напредни материјали у спорту

Материја л	Примена
Паметни материјали	Фудбалска лопта – Мексички научници 2010. године дизајнирали су концепт за прозирну лопту која може мењати боју, познату под називом CTRUS. Лопта је опремљена сензорима за мерење силе удarca и брзину саме лопте, а помоћу уграђеног GPS уређаја може се знати тачна позиција лопте на терену. У средишту лопте је смештен електрични склоп који шаље све информације у контролни рачунар на стадиону. Позиција лопте на терену, у сваком тренутку је позната, па једна од занимљивих могућности ове лопте јесте промена боје приликом изласка изван терена или када уђе у гол. У лопту су такође уграђене камере које дају потпуно нову димензију током гледања утакмице.
Биомиметички материјали	Купаћи костим – Британски произвођач спортске опреме Speedo, у сарадњи са лондонским музејем, развио је нови материјал од којег се шију купаћи костими под називом Fastskin. Структура материјала са вертикалним врховима од смоле начињена је по узорку на кожу морског пса. Врхови су такође усмерени супротно од смера пливања па је материјал у једном смеру гладак на додир, а у супротном храпав. Кожа се састоји од небројених ребрастих врхова, који стварају вертикалне водене вртлоге чиме вода боље пријања уз тело пливача због смањења отпора воде. Самолепљива трака за одећу – Најпознатији пример из света природе је самолепљива трака за одећу, такозвани „чичак“. Пар трака, од који се једна састоји од мноштва савијених сићушних кукица, а друга од сличних омчи обликован је према облику кукица на цвету (плоду) правог чичка. Идеја да се тај принцип искористи за израду трака која би служила уместо патент – затварача, 1948. године синула је швајцарском планинару Georgeu док је након ходања шумом морао мукотрпно скидати с одеће накупљени чичак. Највећи проблем била је производња јер је за израду кукица била потребна посебна опрема. Тај проблем решио је Georgeu када је случајно открио да се код полиамидних (најлонских) влакана, док се шију под инфрацрвеним светлом, стварају неуништиве кукице на крајевима влакана.

4. Примери примене материјала за спортску опрему

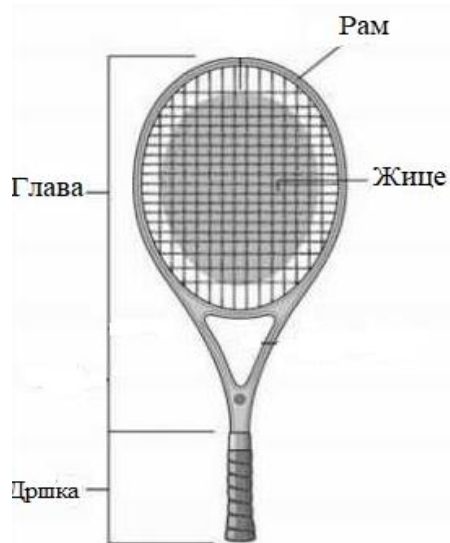
4.1. Спортска опрема за тенис

4.1.1. Тениски рекет

Рекет је основни елемент опреме за тенис. Под појмом рекет подразумевамо рам и жицу, а поред ових елементарних ствари рекет може имати разне додатке као што су грип траку, заштитну траку итд. Рекет је пролазио кроз разне фазе у свом развоју до добијања садашњег облика и састава. Први рекет налик данашњем појавио се крајем 15. века, тениски рекети су се израђивали од дрвета, најчешће букве, а на врху су били заравњени. Тај облик се доста дуго задржао, све док није утврђено да затегнуте жице код таквих рекета изазивају пуцање рама. Због тога се прешло на овални облик главе рекета који је омогућио равномернију расподелу тензије по раму. Рам се обликовао из једног комада дрвета, најчешће од јасена. Дрво се секло, затим загревало на пари и на крају савијало у жељени облик. Потом се додавао комад за врат који се лепио и затим фиксирао за главу уз помоћ месинганог завртња. [10]

Тениска опрема се мења и побољшава, у складу са развојем тениса и захтевима тениса. Данас се већина рекета састоји од композитног оквира заснованог на угљеничним влакнима, комбинованог са разним другим материјалима за побољшање специфичних дизајнерских намера. [12]

Композитни рекети су направљени од слојева различитих материјала, обично од графита и стаклених влакна, а можда и из других слојева који садрже бор, кевлар или материјал сличан стакленим влакнима који садржи керамичке честице. Производња рекета започиње састављањем слојева као равних сендвича. Сендвич се затим исече на тракице, а траке намотају око шупље, флексибилне цеви. Умотана цев се затим поставља у калуп у облику рекета. Цев се протеже до краја кроз рекет и повезана је са пумпом. Затим се калуп загрева, а ваздух упумпава у цев. Притисак ваздуха у цеви, заједно са топлотом, веже слојеве сендвича. Наизменично се шупља цев може напунити полиуретенском пеном. Пена се шири док се калуп загрева, консолидујући материјале. Радници ослобађају рекете из калупа и носе их на место за преглед где се уклањају неисправни. Крај оквира се исече, а затим се рекети поставе у машину за бушење рупа. Након бушења рекети се бришу полимерним премазом и стављају у сушилицу. Овај корак се понавља неколико пута, а затим се рекети брусе. Пре завршног премаза наноси се налепница марке. [14]



Слика 4.1 Тениски рекет

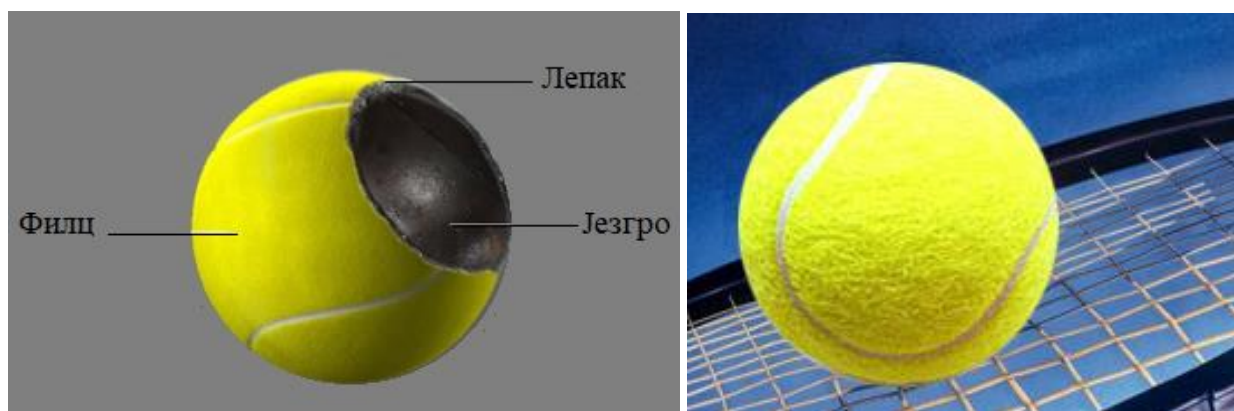
Саставни део рекета јесте дршка рекета и жица.

Дршка: Сама дршка је често израђена од полиуретанске пене, убризгава се или је залепљена на дршку након процеса обликовања. Пена побољшава пригушивање вибрација и пружа економично решење за израду рекета различитих величина држања. Многи производи такође садрже неки облик еластомера у језгру дршке, изолирајући га од остатка оквира како би се пригушили ударци.

Жица: Што се тиче жица, које су веома важан сегмент тениског рекета, оне могу бити израђене од природних и синтетичких материјала. Зна се да је све што је од природних материјала скупље, тако да се то односи и на жице за тениски рекет. Ове су жице веома скупе, брже се троше од синтетичких материјала, али су веома квалитетне. Оне значајно побољшавају осећај лопте, потези су прецизнији, ротације су једноставније за извођење и штите руку од повреда или превременог умора. Данас су жице израђене од синтетичких материјала, по квалитету све сличније жицама које су израђене од природних материјала. Отпорније су на влагу и сигурно постоји велика разлика у ценама. Жице се затежу посебном машином. Напетост почиње да опада чим се жице затегну за оквир рекета, стога свака жица не траје исто. Након неког времена, иако се жица није прекинула, више се не користи и треба је мењати. [11]

4.1.2. Тениска лоптица

У почетку су тениске лоптице биле направљене од коже или платна напуњене крпама или коњском длаком. Жуто – зелене тениске лоптице су уведене у спорт 1972. године. За професионалне мечеве користе се три типа тениских лоптица и то за: траву, земљу и тврде подлоге. Лоптице се састоје од три компоненте, шупљег језгра од гумене мешавине, прекривеног са два поклопца од филца, који се херметички затварају тако што се две стране лоптице спајају у посебној компресионој комори. [1]



Слика 4.2 Тениска лоптица

У производњи се разликују:

- Лоптице под притиском: чврсте и тешко одскачу, недостатак је што је њихов животни век краћи, а оне заправо почињу да пропадају чим их изваде из лименки под притиском.
- Лоптице без притиска: трају дуже, па их често користе повремени и рекреативни играчи који једноставно немају новца који би потрошили на нове.

Лопте одобрене за игру по правилима тениса морају бити у складу са Међународном тениском федерацијом (ITF, светског управљачког тела за тенис) прописима који регулишу величину, тежину, одскок, деформације и боју. Лопте морају имати дефинисан пречник од 6,54 – 6,86 cm. Све лоптице морају тежити више од 56,0 g и мање од 59.4 g. [1]

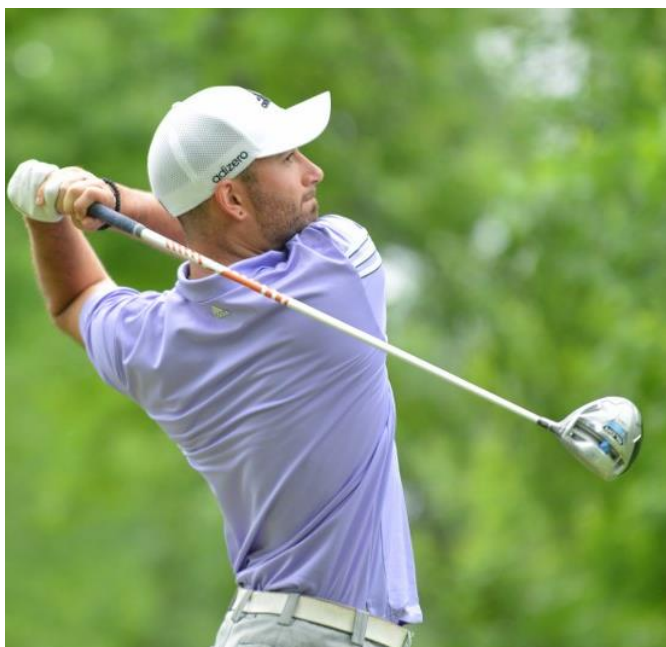
4.2. Спортска опрема за голф

4.2.1. Голф палица

Голф палице се производе од широког спектра материјала, укључујући метале, пластику, керамику, композите, дрво и друге. За различите делове палице бирају се различити материјали на основу њихових механичких својстава, као што су чврстоћа, еластичност, обликовање, отпорност на удар, трење, пригушивање, густина и др.

Сваки штап се састоји од три основна дела: главе, врата и дршке. [16]

Глава је завршни део голф палице, онај којим се лоптица удара. Може бити већег или мањег нагиба. Врат чини највећи део голф палице и представља део између главе и дршке. Израђује се од различитих материјала: некад од дрвета, данас најчешће од челика, али и алуминијума, тврде пластике. Раде се у тврђим и мекшим варијантама, тј. да су више или мање флексибилни. Дршка је горњи део за који се хвата палица при удару, може бити дебља и тања, а израђују се од коже и гуме. Може се излизати и потрошити па их је могуће заменити новим. [17]



Слика 4.3 Голф палица

Постоје више врста палица: Wood, Iron, Putter.

Wood – дрвене палице, од дрвета јапанске јабуке, препознаје се по великој глави која се раније израђивала од дрвета (по томе је добила име), а данас од метала. Служе извођењу почетних удараца.

Iron – гвоздене палице, израђене од челика. Израђују се од броја 1 до 9. Гвоздене палице се користе за различите ударе, јер свака палица има различити нагиб па палице са мањом бројчаном ознаком имају мањи нагиб али и већу могућност да се изведе дужи ударац. Такође, гвоздене палице се користе за излазак из препреке, високе траве или песка, па су ови штапови прецизнији од *Wood* штапова.

Putter палица се користи искључиво за завршно убацивање лоптице у рупу, на завршном делу терена. Глава *Puttera* је равна, а уједно има могућност промене масе, чиме се може уз потпуно исти ударац постићи већа или мања дужина котрљања лоптице. Ова палица је првобитно била израђена од дрвета, али се сада израђује од метала, као што је титанијум. Титанијум има већи однос чврстоће и тежине од челика и има бољу отпорност на корозију, па је идеалан метал за изградњу голф палице. [16]

4.2.2. Голф лоптица

Прве голф лоптице настале су у 17. веку, лоптице су почеле да раде са необичним материјалом – гушћим перјем. Израда лоптица од перја била је мукотрпан посао и штетна по здравље произвођача. Због прашине од перја и плућних болести, чак су и најiskusнији мајстори могли направити највише четири лоптице дневно, тако да су трошкови лоптице били велики. Поред тога, пернате лоптице су биле веома осетљиве у игри, а лоше време је утицало на њихов лет. Често се након удара кожа раздирала и лопта се више није могла користити. Омотач лоптице је био израђен од навлажене коже коња или бика. Посебним штапом влажно перје гурано је у отвор, а затим је лопта зашивена. Сушењем, перје се ширило, а кожа се затегнула и лоптица је постала врло тврда.

Унутрашњост модерне лоптице се додатно побољшавала, захваљујући материјалу званом полибутадиен, полимер на бази нафте. Године 1930. лоптица са округлим рупицама у правилним редовима прихваћена је као стандардни дизајн. [1]

Постоје две врсте голф лоптица:

Дводелна голф лоптица – састоји се од чврстог гуменог језгра са издржљивим поклопцем од термопластике. Ове лоптице трају много дуже од троделних лоптица које професионалци користе и стога чине 70% светске производње лоптица за голф.

Троделна голф лоптица – састоји се од мањег чврстог гуменог или течног напуњеног средишта, са гуменим навојем намотаним око ње под притиском, пластичног поклопца. [18]



Слика 4.4 Голф лоптица

Број удубљења такође варира, али већина лоптица има између 300 и 500 рупица које покривају више од 75% површине лоптице и њихов пречник је око 0,35cm. Величина и дубина рупица такође утичу на перформансе. Плитке рупице генеришу више окретања на лоптици за голф од дубоких рупица, што повећава подизање и узрокује да се лоптица диже и дуже задржава у ваздуху и мање се котрља. Дубоке рупице генеришу мање окретања на лоптици за голф од плитких рупица, што смањује подизање и узрокује да лопта остане на ниској путањи, уз мање времена у ваздуху и веће котрљање. Мале рупице углавном дају лоптици путању и добру контролу на ветру, где велике рупице дају лоптици већу путању и дуже време лета.

Правила голфа гласе да:

- страни материјал се не сме наносити на лопту у сврху промене његових карактеристика играња;
- лопта није погодна за игру ако је видно посечена, пукла или има одступање од кружног облика;

- лопта није погодна за игру само зато што се на њу лепи блато или други материјали, површина јој је изгребана или огребана или је боја оштећена или обојена. [18]

Тежина лоптице не сме бити већа од 45,93 g. Пречник куглице не сме бити мањи од 42,67mm. Ова спецификација ће бити задовољена ако под сопственом тежином лоптица падне кроз прстенасти профил пречника 42,67mm у мање од 25 од 100 насумично изабраних положаја, испитивање се врши на температури од $23 \pm 1^\circ\text{C}$. Лоптица не сме да буде пројектована, произведена или намерно модификована тако да има својства која се разликују од својстава сферно симетричне лоптице. Типичан прелазак модерне лоптице за голф износи око 180 до 250 метара. [1]

4.3. Спортска опрема за крикет

4.3.1. Крикет палица

Док су се ране палице израђивале од једног комада дрвета, савремене палице су направљени од два дела (дршке и тела), који се заједно израђују током производње. Дршка је направљена од трске, обмотана тракама гуме дуж целог горњег дела. Горњи део може бити прекривен разним адхезивним материјалима како би се олакшало и побољшало држање палице. Такав омотач је додатак и не сматра се за део палице. Навлака за рукохват могу прелазити спојеве горњег и доњег дела и прекривати део рамена палице. Тело подразумева целу палицу осим дршке, направљено је искључиво од дрвета, најчешће врбе. Тело има лице, наличје, стопу, стране и рамена. Страна са које је лопта одбијена је равна, док је на полеђини гребен концентрованог дрвета. Никакав материјал не може бити постављен на тело или на доњи део дршке изузев дозвољеног адхезивних, самолепљивих трака искључиво ради учвршћивања ових делова, односно за причвршћивање дршке за тело. Производња палица за крикет укључује следеће главне фазе: сеча дрвета, цепање и обликовање, премазивање пукотина ради смањења садржаја влаге у дрвету, пресовање, руковање производњом, фино обликовање, балансирање и уређивање. Дужина не сме бити већа од 96,5 cm и ширине 10,8 cm. Тежина варира од 1,2 до 1,4 kg. [19]

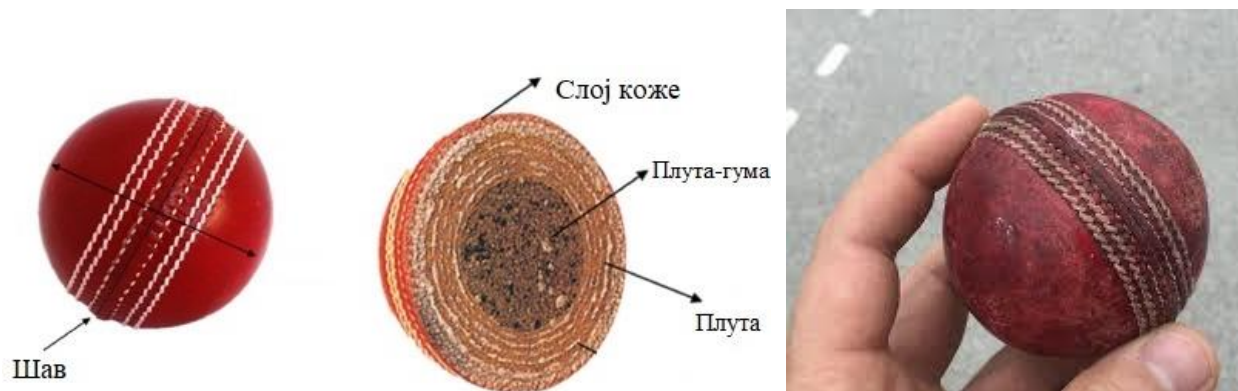


Слика 4.5 Крикет палица

4.3.2. Крикет лопта

Направљен је од плуте и гуме и пресвучена је кожом. Спољашњи поклопац лопте за крикет састоји се од четири или два комада коже који су спојени. Шест реда истакнутих шавова дуж његовог екватора чине „примарни“ шав. На четвороделним куглицама свака хемисфера такође има линију унутрашњег шивења која формира „четврт“ или

„секундарни“ шав. Ови примарни и четвртински шавови играју критичну улогу у аеродинамичности крикет лопте. Готово је увек тамно црвене боје, мада се у ретким и посебним случајевима такође користе бела и ружичаста. Бела је понекад погодна за игру под рефлекторима, а ружичаста за бољу видљивост у мрачнијим условима. Током обраде наноси се један слој бистрог премаза на бази полиуретана како би се додатно заштитила површина тако да се она не запрља лако. Једина разлика између две лоптице је у премазу. Са конвенционалном црвеном лоптом, завршни лак нестаје током игре и масноћа на кожи ствара сјај када се кугла полира. Уз белу куглу, додатни премаз прекрива четвртину шавова и ефективну храпавост због тога се нова бела лопта треба више њихати, посебно при већим брзинама бацања, јер се ламинарни гранични слој лакше одржава на глађој површини. Тежина одобрене крикет лопте је између 0,15 kg и 0,16 kg а опсег је између 22 cm и 23 cm. [1]

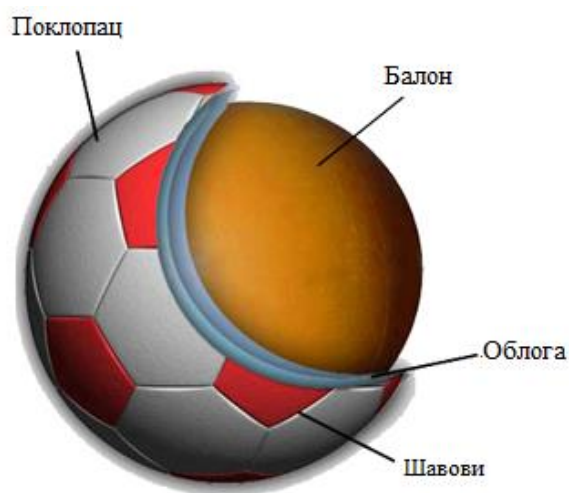


Слика 4.6 Крикет лопта

4.4. Спортска опрема за фудбал

4.4.1. Фудбалска лопта

Лопта је предмет сферног облика, чија се величина, изглед, материјал и маса одређују спортом за који се користи. Прве фудбалске лопте биле су бешике од свиња или крава. Следеће две хиљаде година лопта се израђивала од животињске коже до 1855. године, када је проналазач вулканизујуће гуме *Charles Goodyear* направио прву гумену фудбалску лопту. Лопта се након тога мало променила. Проблем са кожном лоптом био је тај што је упијала велику количину воде током кишног времена, што би повећало њену масу. Таква лопта била је веома тешка за додавање током утакмице. Иако су се прве синтетичке лопте појавиле крајем 60-их, тек 80-их година синтетичка кожа потпуно је заменила природну. То је уједно и почетак модерних лопти, које се и данас углавном праве. Пречник фудбалске лопте је 71.1 cm, а тежина не може бити већа од 450 g а не мања од 410 g. [21]



Слика 4.7 Фудбалска лопта

Пет главних компоненти фудбалске лопте су поклопац, шавови, облоге, балон и вентил.

Поклопац

Спољашњи поклопац је део фудбалске лопте чија је главна функција заштита од хабања и постизање задовољавајућег естетског изгледа. Подлога данашњих фудбалских лопти или поклопца израђена је од синтетичке коже, а не природне као што је то било у прошлости. Природна кожа има тенденцију да апсорбује воду што узрокује повећање масе лопте. Синтетичка кожа је обично израђена од полиуретана (PU) или поливинил-хлорида (PVC). Поливинил-хлорид је приступачнији и може бити трајнији од полиуретана. PVC је отпоран на ударце и обично се користи за фудбалске лопте за тренинг. Полиуретанска лопта је по правилу мекша од лопте од PVC-а и даје бољи осећај при додиру са ногом. Кугласти поклопац настаје спајањем различитих сегмената, који могу бити 2D и 3D, а називају се плоче. Број и изглед плоча варирају за сваки дизајн лопте. У професионалним мечевима најчешће се користи лопта са 32 плоче. Када се лопта надува, спојене плоче би требале попримити облик који подсећа на савршену лопту. Мање плоча на фудбалској лопти значи мање шавова, због чега лопта мање упија воду и има правилнији облик. [21]

Плоче се могу повезати:

- Шивањем – најквалитетније лопте су повезане полиестером или сличним концем. Ручно ушивене лопте имају чвршће и јаче шавове. За шивање неких лопти користи се и полиестер ојачан арамидним влакнима. Најскупље лопте су ручно ушивене, док су оне у средњем ценовном рангу машинске.
- Везивањем – за лопте мањег квалитета и лопте за тренинг, плоче су залепљене на облогу. Ове лопте коштају мање од ушивених.
- Термички везане – плоче се међусобно повезују лепљењем на високим температурама и под високим притиском. За повећање издржљивости и отпорности на воду користе се посебни лепкови. [21]

Облога

Облога се увек састоји од неколико слојева постављених између поклопца и балона. Дебљина облоге јако утиче на квалитет фудбалских лопти. Слојеви облоге направљени су од полиестера и/или везаног (ламинираниог) памука како би се добила потребна чврстоћа, стабилност облика и еластичност лопте. Професионалне фудбалске лопте обично имају четири или више слојева облоге, док су лопте за тренинг с мање слојева. Облога помаже

лопти да задржи свој облик и еластичност током целог животног века. Многе фудбалске лопте такође садрже слој полимерне пене за додатну удобност и контролу лопте. [1]

Балон

Најчешће је израђен од латекса или бутилне гуме. Балон од бутилне гуме је издржљивији и добро одржава ваздух. Недостатак је што се лако деформише и мање је отпоран на ударце. Латекс је бољи избор на професионалним утакмицама због реакције на удар и боље површинске издржљивости. Балон од латекса није потпуно непропусан па се мора чешће пумпати, што је његов основни недостатак. Балон од угљеног латекса, као што му и име каже, садржи угљени прах који затвара микропоре и на тај начин спречава брзи губитак ваздуха. То даје мекши, бољи осећај и правилан ударац. За израду балона може се користити и полиуретан. [21]

Шавови

Плоче фудбалске лопте повезани су шавовима. Плоче на професионалној фудбалској лопти углавном су ушивене полиестером, издржљивог и не упијајућег материјала. Арамидни шавови се такође могу користити за бољу издржљивост и отпорност на воду [21].

Вентил

Вентил је мала конструкција у облику цеви кроз коју се ваздух удувава приликом пумпања балона. Због способности задржавања ваздуха, најчешће се у фудбалске лопте уграђују вентили од бутилне гуме. Овај гумени материјал се због добре еластичности лако отвара и брзо затвара када је игла за надувавање убачена или избачена. Данас се још увек користе силиконски вентили који омогућавају глатко убацивање игле за пумпу и још већу заштиту од губитка ваздуха. [21]

4.4.2. Копачке

Копачке су врста обуће која се носи приликом играња фудбала. Постоје два модела копачки, у зависности од материјала од којег су израђени њихови горњи делови:

Кожне копачке

Кожна обућа је по правилу удобнија јер је растегљива и прилагођава се јединственом облику сваке ноге. Истезање такође може бити недостатак јер се временом може истегнути више него што је потребно. Најчешће дају ногама бољу заштиту јер су дебље. Највећа мана коже је да упија воду. То копачке чини тврђим и захтевнијим за одржавање и чишћење. Кожне копачке су скупље и имају краћи век трајања. Произвођачи покушавају да реше проблем упијања воде у кожној обући. За производњу природних копачки користи се кожа од кенгура. Кожа кенгура сматра се најбољим избором у производњи копачки. Разлог је тај што су влакна ове врсте коже углавном једнолико оријентисана, док је правац влакана код других типова коже много сложенији, а код неких типова угао између појединих влакана је и до 90°. Због ове једноликости, овај тип коже може се користити у врло танком облику, а да притом не изгуби чврстину. Стога је кожа кенгура веома цењена јер је њена маса знатно мања у поређењу с другим типовима коже.

Синтетичке копачке

Већина данашњих синтетичких копачки израђена је од микро влакана, која су удобна и изузетно лагана. Вештачке копачке инжењерима дају много више слободе у примени најновије технологије. Употреба ових материјала олакшава осигуравање

водонепропусности, што копачке чини много лакшим у влажним условима, док је чишћење и одржавање такође много лакше. Међутим, због тога је њихова површина клизава када је мокра, па играч нема тако добар осећај за лопту. Развојем синтетичких материјала попут микро влакана покушава се побољшати комфор и осећај за лопту, који су код кожных модела много бољи.

У зависности од типа подлоге, врсте спорта па чак и позиције на којој игра играч, постоје другачији типови копачки са значајним разликама код крампона:

Ливени крампони – За играње по повољним временским условима на чврстом травнатом терену, обично се носе копачке са ливеним пластичним крампонима, којих има више него код осталих типова копачки и најчешће су округли. Омогућавају већу површину приликом гажења чиме се смањује шанса за прављење жуљева.

Шрафљени крампони – За терене са мекшом травнатом подлогом, за време или након кише, препоручује се ношење копачки са шрафљеним, дужим металним крампонима. Код овог типа копачки, додатна погодност је то што се крампони лако могу заменити краћим ако се игра на чврстој подлози.

„Жилет“ крампони – Копачке са танким крампонима правоугаоног облика, неравномерно распоређеним по ђону копачке. Најчешће се користе за терене који су између меких и тврдих. [22]



Слика 4.8 Копачке

4.4.3. Дрес

Поред модерног и национално обојеног дизајна, карактеристика дреса је тканина израђена од рециклираног полиетилен терефталата – ПЕТ, или материјал који се користи за прављење пластичних боца. Направљен је од 96% рециклираног ПЕТ или 13 пластичних ПЕТ боца које се користе за један спортски дрес. Дрес је 23% лакши и 20% чвршћи, а посебне ласерске технике праве мале рупе за хлађење. Полиетилен терефталат или скраћено ПЕТ је полиестер који је развијен четрдесетих година прошлог века за производњу синтетичких влакана. ПЕТ је чист, лаган и издржљив материјал који се потпуно рециклира. [22]



Слика 4.9 Дрес

4.4.4. Голманске рукавице

Употреба рукавица за голмане почела је да се повећава у 1960-им и 1970-им, а 1980-их је постала стандардни део фудбалске опреме. Произвођачи су почели много да улажу у истраживање материјала за израду рукавица, покушавајући пре свега да побољшају њихово приањање за лопту. Латенска пена показала се као најбољи избор. Овај материјал подвргнут је различитим третманима да би се побољшало његово приањање. [22]



Слика 4.10 Голманске рукавице

4.4.5. Штитници

Коштана кост је место које је у фудбалу често изложено ударцима и треба га заштитити. Из тог разлога, употреба штитника данас је уобичајен приказ. Могу бити израђене од гуме, стаклених влакана или пластике. Штитници од гуме су лагани и прилагодљиви, али нуде мању заштиту док су стаклена влакна чврста, лагана и нуде одличну заштиту, али по нешто вишој цени. Највећа предност пластичних штитника је што су они најјефтинији. [22]



Слика 4.11 Штитници

4.5. Спортска опрема за атлетику

4.5.1. Кугла

Бацање кугле је једна од најпопуларнијих и најраспрострањенијих атлетских дисциплина. Ова дисциплина се може изводити на више начина, а сама кугла је израђена од ливеног гвожђа, месинга или другог метала, не мекшег од месинга. Такође, кугла може имати спољни слој израђен од поменутих метала који обухватају језгро од олова или другог чврстог материјала. Кугла мора бити округлог облика и глатке површи. Мора да одговара специфичним карактеристикама и њена тежина је од 3 kg до 7,260 kg. [8]



Слика 4.12 Кугла за бацање

4.5.2. Копље

Копље се користило као оружје у лову још у праисторији, а правило се углавном од дрвета. Поред лова, овај реквизит је нашао примену и у рату, као оружје, где се такође правило од дрвета, али често са металним врхом, како би се боље забадало. Своју примену као спортски реквизит, копље налази 708. године пре нове ере, на античким Олимпијским играма. Бацање копља тада није била засебна атлетска дисциплина, као што је сада случај, већ се копље бацало у оквиру дисциплине петобој.

Копље се састоји из три дела: главе, тела и хвата обавијеног канапом. Тело копља може бити пуно или шупље, израђено од метала или другог прикладног материјала тако да

чини чврсту и јединствену целину. Тело копља не сме имати никакве избочине, удубљења, жлебове, прорезе нити храпаву површину. Површина мора бити једнообразна и глатка. За тело је причвршћена метална глава копља која се завршава оштрим врхом. Глава копља мора бити израђена у потпуности од метала. Глава може имати ојачан врх од другог метала или легуре метала заварен тако да је површина главе копља једнообразна и глатка целом дужином. Хват обухвата тежиште копља. Пречник хвата не сме премашити пречник тела копља за више од 8mm и мора бити једнак целом дужином. Хват има очекивану храпаву површину, али не сме имати уборе, накупчења или наставке било какве врсте. Копље је доступно у различитим тежинама (400, 500, 600, 700 и 800 g). [8]



Слика 4.13 Копље за бацање

4.5.3. Диск

Дисциплина бацања диска је врло слична ротационој техници бацања кугле. Како би дошло до избачаја диска, потребно је извести добру технику која подразумева ротацију од једног и по круга која започиње у задњем делу круга за бацање и завршава се у првој половини. Правилан и синхронизован рад ногу је од изузетног значаја за достизање потребне брзине за избачај диска.

Диск има дугу традицију у спорту, а појављују се на Олимпијским играма 708. година пре нове ере. Диск се раније правио од камена, бронзе или гвожђа.

Данас, тело диска може бити масивно или шупље, израђено од дрвета или другог погодног материјала оивичено металним обручем (алуминијум или челик) заобљене ивице. Попречни пресек ивице обруча одговара кругу полупречника приближно 6 mm. У тело диска са сваке стране могу бити уграђене кружне металне плоче. Мушки дискови тешки су 2 kg и мере пречник 22 cm. Женски диск тежи 1 kg и има пречник 18.2 cm. [8]

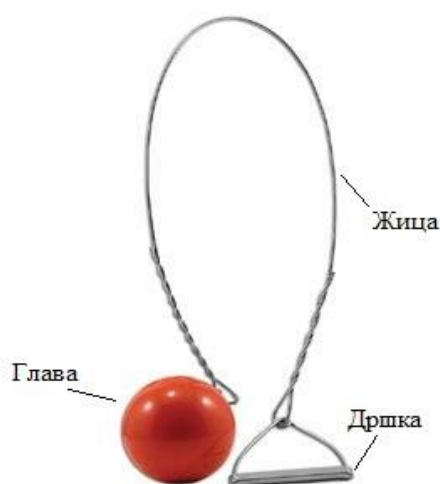


Слика 4.14 Диск за бацање

4.5.4. Кладиво

Бацање металне секире и металног чекића који су користили ковачи, као и бацање буздована, представљају примере који се сматрају претечом бацања кладива. Средином 19. века, бацање кладива постаје део такмичарског надметања, на овим надметањима се појавило кладиво које је било направљено од кованог гвожђа. Наредних година дрвену дршку замењује челична, а круг за бацање се прави од бетона. Поред тога, ставља се заштитна мрежа око сектора за бацање кладива.

Данас, кладиво се састоји од три дела: главе, жице и дршке. Глава је израђена од ливеног гвожђа, месинга или другог метала не мекшег од месинга или може имати спољни слој израђен од ових метала који покрива језгро од олова или другог чврстог материјала. Жица кладива мора бити израђена од једног ненастављеног, правог комада еластичне челичне жице, пречника најмање 3 mm, који се не сме значајно истезати током извођења бацања. Жица треба да се повеже са главом кладива на покретан начин. Дршка кладива мора бити крута и без зглобних веза било ког типа. Кладиво мора да одговара специфичним карактеристикама по питању масе, а то је од 3 kg до 7,260 kg. [8]



Слика 4.15 Кладиво за бацање

4.5.5. Мотка за скок у вис

Напредак технике скока мотком у највећој мери је зависила од типа материјала (дрво, бамбус, метал, стаклена влакна и угљенична влакна) и квалитета мотке која се користила. Појава мотки од стаклених влакана резултирала је већим висинама у скоку мотком у

поређењу са коришћењем металних мотки или мотки од бамбуса. Оне су омогућиле виши хват од стране скакача, а самим тим и ефикасније претварање кинетичке у потенцијалну енергију. Такође, шири распон руку приликом хвата мотке омогућио је бољу контролу исте. Мотка може бити направљена од било ког материјала или комбинације материјала, произвољне дужине и дебљине, али њена основна површина мора бити глатка. Већина врхунских скакача мотком користе мотке од стаклених влакана или угљеничних влакана које су дугачке између 5 и 5,2 m. Дозвољено је омотавање мотке лепљивом траком на горњем месту захвата (ради заштите шака) и омотавање траком или другим погодним материјалом на доњем крају мотке (ради заштите мотке). Мотке од стаклених влакана или угљеничних влакана могу да се савију и до 120 степени без пуцања, истовремено акумулирајући енергију еластичне деформације једнаку половини кинетичке енергије коју скакач остављају након залета. [8]



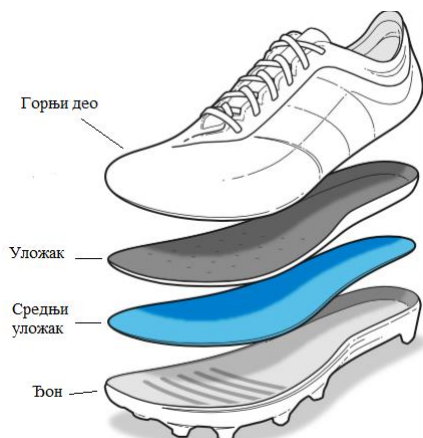
Слика 4.16 Мотка за скок у вис

4.5.6. Атлетске патике

Док већина обуће штити и подржава стопало, спортска патика надилази оно што би се очекивало од обичне ципеле. Трчање као спорт може се пратити до старих Грка, који су се залагали за културу засновану на здравим телима. Током грчких атлетских такмичења, тркачи су се такмичили боси. Касније су Римљани наложили да њихови ратници носе сандале са танким ђоном. Како се обућа развијала током векова, кожа је постала омиљени материјал због своје издржљивости. Међутим, прве референце на патике дизајниране посебно за трчање појављују се тек 1852. године, када су историчари приметили трку у којој су тркачи носили ципеле са шиљатим ђоновима. 1900. године дизајниране су прве патике, или вишенаменске атлетске патике. Направљена превасходно од платна, ова патика имала је гумени обруч што је омогућило откриће вулканизоване гуме *Charles Goodyear* из 1839. године. Позната отприлике хиљаду година, гума је коначно постала комерцијално корисна када ју је *Charles Goodyear* загревао и комбиновао са сумпором, спречавајући је да се очврсне и изгуби еластичност. У атлетским патикама гума је помогла ублажавању утицаја трчања на тврдим подлогама. Многи тркачи су почели да траже патике које су пружале подршку у лаганој конструкцији, а најлон, изумљен током Другог светског рата, последично је почео да замењује теже коже и платнене материјале који су се раније користили за прављење патика. Данас, међутим, удобност ципела није позната само тркачу. Ципеле за трчање могу се приметити управо код сваког ко жели удобност у обући.

Патике су направљене од комбинације материјала. Потплат има три слоја: уложак, средњи уложак и ђон. Уложак је танак слој етилен винил ацетата (ЕВА). Компоненте средњег уложка, се састоје од полиуретана који окружује други материјал, попут гела или течног силикона, или полиуретанске пене. Ђон је обично направљен од гуме која је веома тврда.

Горњи део патике „прекривач“ је обично синтетички материјал попут вештачког антилопа или најлонског ткања са пластичним плочама које подржавају облик. Нуде изузетан проток ваздуха, удобност, покретљивост и брзину. Може постојати прекривач од коже или најлона са кожним наставцима. [8]



Слика 4.17 Патика

4.6. Спортска опрема за бициклизам

4.6.1. Бицикл

Бицикл је израђен од различитих материјала. Мањи делови су претежно метални због чврстоће и издржљивости. Поред металних делова, користе се полимери, композити и дрво. Материјали се разликују по својствима, цени и технологији израде. Стога избор материјала оквира бицикла дефинише механичка својства, трајност, функционалност, удобност, масу, цену и технологију бицикла. Избор материјала развија се у складу са еволуцијом геометрије бицикала, како се материјали развијају тако и бицикл. Да бисмо одредили материјал за конструкцију оквира бицикла, потребно је дефинисати суштинска својства као што су чврстоћа на затезање, чврстоћа на притисак, крутост, динамичка издржљивост, истезање, густина, цена и прилагодљивост. [23]



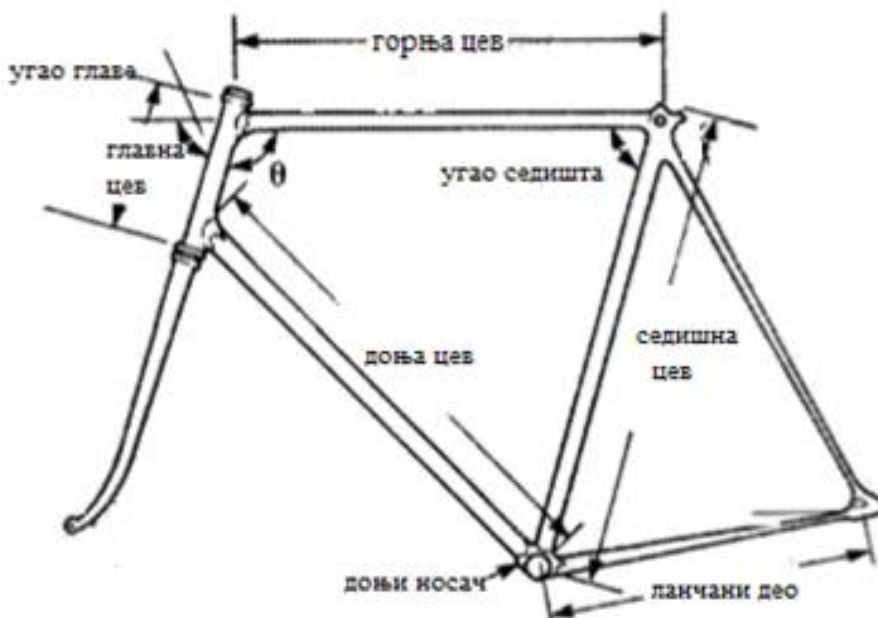
Слика 4.18 Бицикл

Главни делови бицикла су:

Рам

Рам је најважнији део бицикла. Најчешће се користи тип оквира који се назива сигурносни оквир. Карактеристике рама бицикла су геометрија, крутост и тежина. Чврстоћа и тежина су дефинисани обликом цеви и материјалима. Термин геометрија оквира односи се на углове између цеви и њихову дужину. Промена геометрије доводи до промене понашања бицикла, као и прилагодљивост конструкције бицикла возачу. Рам је основни део било ког бицикла, па је врло важно одабрати рам од одговарајућег материјала за врсту вожње. Четири главне врсте материјала који се данас користе за израду оквира су челик, алуминијум, титанијум и композитни материјал.

Рамова од челика су најчешћи и уједно најјефтинији. Постоје скуп челични оквири, то су челици са мало угљеника са манганом, хромом и никлом. Веома су чврсти, дуготрајни, али могу да зарђају ако се не одржавају. Алуминијски оквири су углавном лакши од челичних, али самим тим и скупљи. Произвођачи користе различите врсте алуминијумских цеви. Неки уобичајени типови су 6061 и 7005, бројеви који се односе на легуре алуминија као што су магнезијум, силицијум и цинк (чисти алуминијум није довољно јак за израду бицикла). Титанијум је један од најскупљих елемената за израду рамова, али и један од најбољих. Квалитетан оквир од титанијума је издржљивији од челика тежине алуминијума (понекад мало мањи, а понекад мало више). Користи се за израду врло скупих бицикала, тако да је углавном недоступна за просечног рекреативног корисника. Композитни оквири од угљеничних влакана, су веома скуп, али изузетно лаки. Тврдоћа може бити проблематична код примене композита од угљеничних влакана јер влакна могу да се оштете (пукну) на микроскопском нивоу при већим оптерећењима. Након одређеног времена долази до прелома на месту оштећења. Угљенична влакна су данас најчешће коришћени материјал за тркачке бицикле. [2]



Слика 4.19 Рам бицикле

Погонски део

Механизам погона бицикла састоји се од:

- *Средњег погона и осовине средњег погона:* Средњи погон је погонски део бицикла, који је у последњих неколико година доживео највећу еволуцију. Његова функција

је да оствари пренос силе бициклисте са педала на ланац. Средњи погон бицикла се састоји од осовине, леве и десне полуге које се на осовину навлаче и у које се шрафе педале. Осовине се производе од челика или титанијума, а тела у које је упакована осовина „патрона“ се производе од челика, алуминијума или композита.

- *Ланац*: Ланац је у техници низ спојених челичних елемената којима се преноси снага. Састављен је од једнаких, међусобно повезаних слободно покретних карика. Ланац преноси снагу са средњег погона на задње ланчанике и представља део бицикла који се најбрже троши и најчешће треба замену. С обзиром на напредак производне технике и развоја материјала очекивало се да ће његов животни век из генерације у генерацију бити све дужи, међутим није тако. Са повећањем броја брзина, ланац је постајао ужи, а самим тим се и брже трошио. За подмазивање ланца користе се тефлонски или силиконски спрејеви.
- *Задњи ланчаници*: Задњи ланчаници израђују се од челика и налазе се са десне стране задње осовине, а у жаргону се зову „касета“. Задњи ланчаници су по правилу мањег обима него предњи.
- *Педале*: Претеча бицикла није имала педале, а данас бицикл има две педале на којима возач ногама преноси снагу. Снага се даље преноси преко педала и средњег погона на точкове бицикла како би се постигло кретање. Данас се користе пастичне педале направљене од најлона, поликарбоната или пластике ојачане угљеником, мада алуминијумске легуре и магнезијум нису ретки материјали за тело педала. [23]

Мењач брзина

Мењач се по правилу састоји од два дела, механизма кроз који пролази ланац и који га покреће по зупчаницима, и полуга путем које се мењачем управља. Често је направљен од алуминијума, пре свега због уштеде на тежини. Мењачи се не разликују много од модела до модела, осим квалитета и чињенице да постоје предњи и задњи мењач. Задњи мењач се састоји од опруге (враћа пренос у првобитни положај) и два мала зупчаника, од којих горњи служи као водилица ланца, а доњи као затезач ланца у појединачним зупчаницима. Предњи мењач се не разликује од задњег мењача, осим што је мало другачијег облика и нема затезача ланца. [23]

Кочнице

За потпуну функционалност бицикла потребно је размислити о безбедности возача. Због тога је развијен систем кочења који омогућава брзо и ефикасно заустављање. Већина бицикала опремљена су са две кочнице, предњом и задњом. Предње кочнице су причвршћене на виљушку, док су задње кочнице причвршћене за седиште. Сврха кочница је да заустави окретање точкова и на тај начин заустави кретање бицикла. Притиском на ручицу настаје реакција где су кочионе чељусти механички или хидраулично повезане и ствара се сила трења која зауставља бицикл. Диск кочнице су све популарније јер се кочионе плочице притисну металним диском од челика. Диск кочнице показују боље перформансе кочења у различитим временским условима. Међутим, већина бицикала и даље користи кочнице са чељустима које обухватају читав обруч и притискају ручицу на управљачу. Кочне чељусти су релативно лагане и лако се монтирају. Ова врста кочнице је врло ефикасна у кочењу и једини недостатак јој је мала способност одвођења топлоте током интензивног кочења. [23]

Точкови

Точак се састоји од обруча, главе, унутрашње и спољашње гуме, као и жице са цевима које спајају обруч са главом. Обручи за бицикле који користе диск кочнице разликују се

од оних за обичне кочнице. Глава с обручем може се испреплетати на различите начине, у зависности од броја и осовине. Обично се то ради помоћу жица, ређе су точкови који користе сајле уместо жица, док постоје варијанте где су улогу жица преузели пресеци или цели дискови направљени већином од угљеника, магнезијума или алуминијума. Жице су обично направљене од челика, али има и од титанијума, алуминијума, угљеника. [23]

Седиште

Већина седишта за бицикле конвенционалног стила сачињена су од три или четири материјала. Они укључују круто седиште од ливене пластике на бази најлона. Већина произвођача седишта радије користи пену са затвореном ћелијом. Пена са затвореном ћелијом је облик пене од латекса у коју је уграђено средство за дување да би се натерао гас да изађе током вулканизације (поступак којим се латекс хемијски третира да би му се дала еластичност, чврстоћа и стабилност).

Ослобађањем гасова формирају се мале затворене ћелије, што ствара пену која није апсорбирајућа и трајна. Пластична база и пена са затвореном ћелијом су затим прекривени било којим од различитих материјала, укључујући винил, кожу, тканину, гуму, најлон или тешку тканину, као што је платно. Лепкови се користе за причвршћивање поклопца на пену. Оне се могу разликовати од произвођача, али ефикасни лепкови који се користе са пеном укључују лепкове на бази неопрена или уретана. Нека седишта су израђена са шупљим металним шипкама, тако да се лако причвршћују на оквир бицикла. Метали који се користе за израду ове шипке варирају и могу бити или нерђајући челик или титанијум, лагани метал високе чврстоће и ниске корозије. [23]

Сајле

Сајле служе за управљање кочницама. Добре сајле су цинковане па не рђају. На неким местима су увучене унутар самог рама. За сајле је битно да немају велики угао прелома, да се не губи сила приликом управљања. [23]

4.6.2. Бициклистичка кацига

Кацига је неопходан реквизит сваког бициклисте. Кацига штити од сунца, зими од хладноће, најважније од свега, штити главу од падова и осигурава сигурну вожњу. Квалитетну бициклистичку кацигу одликује неколико битних елемената. Добра кацига мора бити лагана, а опет довољно чврста како би успешно амортизовала ударце приликом пада. Шкољка кациге прави се од композитног материјала, често користећи мешавину арамидних влакана (као Кевлар), стаклених влакана и других материјала. Оне су мање подложне деформацији. Унутрашњост кациге је од полипропилена. Добра кацига мора имати много отвора за ваздух, који служе као вентилација и спречавају прекомерно знојење. Што је више отвора, више је хлађења. Отвори с предње стране су важни како би ваздух могао допирати у унутрашњост, а они са стране служе, како би ваздух могао несметано излазити напоље. У хладном времену вожње, велики број отвора може бити недостатак, томе служе тзв. поткапе, које се облаче испод кациге и спречавају продор хладног ваздуха. Кациге са предње стране садрже траку, којом се кацига учврсти испод браде. Јефтиније варијанте често садрже мање отпорне материјале, а начиним израде не гарантују дуготрајност, могу имати мање вентилацијских отвора, лошију аеродинамику, а делови се могу одлепити и оштетити пре очекиваног времена. Скупље кациге су израђене од квалитетнијих и дуготрајнијих материјала, имају бољи и функционалнији дизајн, а унутрашњост је пресвучена антибактеријским слојем. [1]

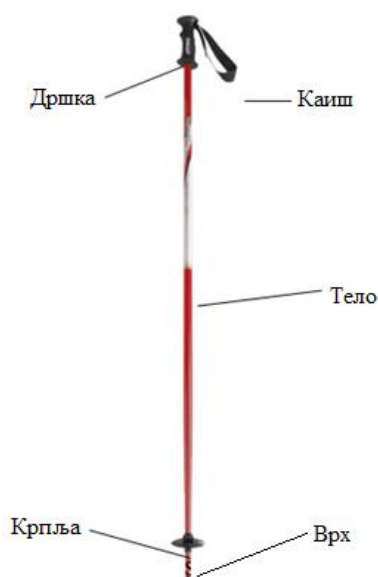


Слика 4.20 Бициклистичка кацига

4.7. Спортска опрема за скијање

4.7.1. Штап за скијање

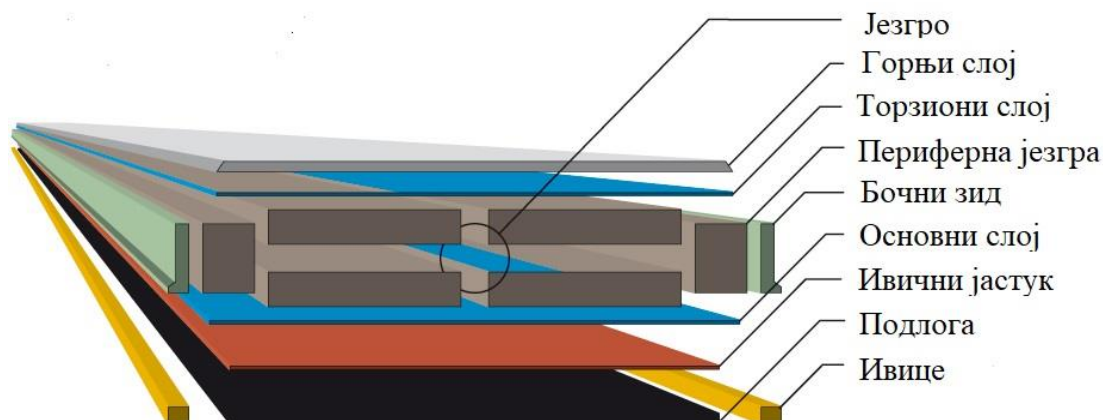
Основни делови штапова су дршка, каиш, тело, крпља, врх. Дршка се обично прави од пластике, гуме или силикона. Величина треба да одговара величини длана, не сме клизати и мора да омогућава чврсто прихватање. Тело штапа се прави од легура алуминјума или композитних материјала. Алуминијумски су пластични, тј. кад се савијају остају савијени, а композитни су еластични, тј. колико год се савију увек ће се потпуно исправити при престанку деловања силе. Дебљина цеви се креће од 11 mm до 20 mm. Што је материјал квалитетнији и флексибилнији мања је вероватноћа да ће се штап савити или поломити при паду. Крпља је пластични део при дну штапа који спречава дубље забадање у снег. Постоје у различитим величинама. За тврд снег и лед боље су мање због мање тежине, док за мекан снег су боље веће и пуније крпље, које спречавају дубок продор штапа у снег. Врх се забада у снег. Каиш се обмотава око руке и спречава губљење штапова при падовима. Рукохват и каиш морају бити чврсто везани за цев штапа. Основна улога штапова је помоћ у одржавању равнотеже, ритма у заокретима. Постоје равни и криви штапови. Криви се користе за велеслалом и брзинске дисциплине, док се у рекреативном скијању углавном користе равни штапови. [1]



Слика 4.21 Штап за скијање

4.7.2. Скије

У првој половини прошлог века већина скија је направљена од јасеновог дрвета. Боља (скупља) скија изграђена је од ламината јасена и канадског ораха „хикори-а“. Јасен је био погодан због своје еластичности и отпорности на влагу и замор. Хикори је у комбинацији с јасеном побољшао возне перформансе скија, омогућио је бољу расподелу оптерећења дуж скије и учинио скије отпорнијим на оптерећења која су довела до његове трајне деформације или лома. Тело скија настало је лепљењем наизменично ламинатног јасена и хикорија. Доња површина скија била је прекривена пластичним материјалима који су смањивали трење и штитили дрвено језгро од влаге и абразије. На доњој површини дуж бочних страна скија постављени су метални ивичњаци. Горња површина скија била је заштићена лаганим или пластичним омотачем, а бокови скија били су прекривени танким тракама фенола. Данашња конструкција скија има ламинирано дрвено језгро у средини. Дрвено језгро је окружено сложеним слојевима изнад и испод и бочним зидовима са страна. На ово је горњи део причвршћен на врху, а ивице и база су причвршћени за дно. Материјали и облици који се користе за сваки од ових слојева и компоненти могу се знатно разликовати. [24]



Слика 4.22 Попречни пресек скије

Језгро

Језгро је централна структура скија, која одређује многе карактеристике скије. Одатле потиче већина уздужне јачине и чврстине и посматра се као део скија на који је све остало везано.

Већина ски језгара израђена је од ламинираних трака тврдог дрвета попут букве, брезе, аспена, пауловније, фуме, јасена, јавора, смреке, тополе или бамбуса. Дрво за скије је прављено од линијски резаних ламината, који су положени по дужини скије. Дужина језгра може да варира у зависности од типа ламината који се примењује али углавном дрво се протеже од репа до врха скије. Карактеристике скије могу да буду боље и наглашене уколико се у процесу израде скије користи више различитих ламината дрвета у њиховој сржи. Ово се ради да би се постигла боља крутост скије, флексибилност, тежина у различитим деловима скије. [24]

Мада се уместо дрвета за језгро често додају или користе многи други материјали, укључујући:

- Угљеник – лаган, јак и веома добар под притиском, али веома скуп;
- Кевлар – снажан, разумно лаган, добар под напетошћу и добар пригушивач;
- Алуминијумска саћа – врло лагана и јака, али скупа и имају смањене могућности пригушивања;
- Стаклопластика – релативно јака, лагана и јефтина;

- *Титанијум* – веома лаган и јак, са добрим својствима пригушивања, али скуп;
- *Ваздух* – ако се правилно користи, ваздух може смањити тежину скијашког језгра, а да нема већег утицаја на чврстоћу језгра;
- *Пена* – ако се у језгру користе велике количине пене, то се често врши коришћењем композитне торзионе кутије за стварање већине карактеристика јачине и флексибилности скија. [24]

Бочни зид

Бочни зид је подручје уз ивицу скија изнад металне ивице. Постоје три врсте конструкције бочних зидова, зависно од тога како су завршени крајеви различитих слојева скија, а то су:

- *АБС бочни зид* – Овде је сваки слој скија раван, а са стране је стављен АБС бочни зид да би се заштитило језгро. Овај дизајн се обично користи за тркачке скије, јер производе одличан притисак на ивице. АБС бочне зидове чини скију торзионо веома крутом, имају бољу контролу приањања уз ивице и отпорније су на ударе. Мана ових скија је што су теже од осталих и могу се лакше оштетити када ивица једне скије пређе преко врха друге скије.
- *Конструкција капа* – Овде се композитни слој и горња плоча спуштају преко језгра да би се залепила ивица. Овај дизајн чини скију мало лакшом и углавном чини горњу површину мало мање подложном оштећењу, због закривљеног облика. Међутим, конструкција поклопца није тако торзијски стабилна, што омогућава мање приањање ивица и отежава руковање при великим брзинама.
- *Халф-Цап конструкција* – Ово је хибрид друге две конструкције где се сложени слој обавија око самог језгра скије, и завршни слој или горњи слој се полаже донекле околу да би сјединио сада нешто мањи зид скије. Овај дизајн обезбеђује добар пренос притиска по ивицама, а прилично је лаган и брз. Врло често се конструкција хибридних капа налази на скијама, при чему скија има АБС бочни зид на средини скија, претварајући се у конструкцију капа на врховима. Бочни зидови који се користе обично су направљени од АБС пластике, често имају слојеве гуме испод да се апсорбују ударци, а могу имати и слојеве других материјала као што су алуминијум и бамбус. Тамо где се бочни зидови завршавају у врху и у репу скије, језгро је заштићено пластичним зидним врхом. [2]

Сложени слојеви

Композитни слојеви су места одакле долази већина торзијске чврстоће скија. Ови слојеви иду изнад и испод језгра, истовремено штитећи језгро скија. Много је различитих врста композита који се могу користити за те слојеве, најчешће се користе стаклена влакна, али и угљенична влакна, Кевлар и титанијум. Слојеви од стаклених влакана импрегнирани су смолом која их држи и даје им јачину. Често се користи неколико различитих композитних слојева, који су начињени од различитих материјала. Као и код скијашког језгра, ово омогућава да се искористе јачина и својства неколико различитих материјала, а својства скија додатно побољшају.

За композитне слојеве влакнастог стакла постоје два општа начина на која су фибергласи ткани или структурирани:

- *Двоосно плетење* – У двооксијалним омотима стаклени влакнасти слојеви се испреплићу један на други на 90° , то ствара лагани и поуздани слој.
- *Троосно плетење* – У троосном омотавању стаклени влакнасти слојеви су плетени на $+45^\circ$, 0° и -45° , ово опет ствара лагани и поуздани слој. [2]

Горњи слој

Горњи лист је слој на врху скија. Овде се налази графика, а такође је и заштитни слој за унутрашње делове скија. Горњи слој обично је дебљине само неколико милиметара и може се израђивати од различитих материјала, укључујући најлон, дрво, стаклених влакана, пластику и композите. Постоје два главна начина на које се графика може ставити на скије: инкапсулација и сублимација. [2]

Подлога

Подлоге су направљене од полиетиленске пластике. Постоје две врсте подлога, екструдирани и синтеровани:

- *Екструдирани* – Овде се основни материјал топи и затим сече у облик. Екструдирани подлоге су јефтине за израду и јефтине за одржавање, али су мање издржљиве и спорије.
- *Синтеровани* – Овде се основни материјал меље у прах, греје, пресује и сече у облик. Синтеровани подлоге су скупље за израду, али су трајније и брже.[2]

Ивице

Ивице за скије израђене су од челика или нерђајућег челика. Одржавају се у скијама са уметцима у облику слова Т који се налазе између доњег композитног слоја и основе. Постоје две врсте ивица, потпуно омотане и делимично:

- *Потпуно омотане* – У ивицама са потпуним омотањем једна дужина металних ивица иде кроз око скија и спаја се на једном крају. Ово је најјача врста ивице за скијање, мада може бити тешка поправка ако се оштети јако.
- *Деломично омотане* – Ивице омотача су тамо где ивице само пролазе дуж бочних страна скија где је бочни рез. Пошто се користи мање метала то може скију учинити мало лакшом, посебно на врховима, што олакшава скретање. Међутим, будући да се непрекидна дужина метала губи, ивице нису увек толико јаке и могу довести врхове скија до оштећења. [2]



Слика 4.23 Скије

4.7.3. Ски ципеле

Ски ципеле састоје се од унутрашње и спољашње ципеле. Спољашња ципела састоји се од два дела (горњег и доњег). Изливена је од пластике различите тврдоће у зависности од намене. Према произвођачима скијашких ципела, главни материјали за ски ципеле су термопластични полиуретани, полиолефини кополимери, најлон и кополимери полиамид-полиетер. На предњем и задњем крају ципеле налазе се избочени делови који улазе у чељусти веза (врх и пета). Као и код скија најтврђе су такмичарске док у зависности од нивоа, рекреативне су све мекше. Тврдоћа се назива флекс и представља потребну силу коју скијаш мора да употреби притиском ноге на ципелу да би је савио у делу скочног зглоба ка напред. Распон флекса је различит од произвођача до произвођача, иде од 50 до 150 тако да је рекреативни распон од 50 до 80, преко 80 до 120 флекса ципеле спадају у више рекреативне, а од 120 и изнад у такмичарску класу. На калупу (спољашњој ципели) налазе се копче које служе за закопчавање ципеле, оне могу бити алуминијумске или пластичне. Постоје ципеле са задњим улазом (једна копча) и са класичним улазом (2, 3, 4 копче). Већина ципела поред копчи има чичак траку за додатно затезање горњег дела ципеле. На копчама може да постоји и микро подешавање. Микро подешавање добија се завртањем саме копче чиме се прецизно регулише сила затезања копче. Нагиб ципеле је унапред одређен у фабрици у зависности од намене.

Унутрашња ципела (уложак) битно је да буде квалитетан и прилагодљив облику стопала скијаша, да има термо регулацију да не би на великој хладноћи (око -15) долазило до промрзлина на стопалу и прстима. Унутрашњост ципеле направљена је од полиуретанске пене. Такође је битно да уложак на свим битним местима буде ојачан како спољна ципела не би жуљала ногу. Још једна од битних ствари је да језик уложка преноси силу притиска на што већу своју површину како се сила не би концентрисала у једној тачки и тиме стварала жуљеве. Уложак је пуњен различитим материјалима, углавном сунђером. Може имати термо гел (после првог дана скијања, прилагођава се облику ноге). [1]



Слика 4.24 Ски ципела

5. Закључак

Развој материјала је увелико утицао како на побољшање самог квалитета живота тако и на развитак спорта. Откривање нових материјала, побољшање својстава постојећих материјала је омогућило израду све боље спортске опреме и реквизита. Спортска опрема пружа већи степен заштите при свакодневном коришћењу у различитим спортским активностима, пружа комфор и помаже у постизању све бољих спортских резултата. Такође, својим квалитетом али и комфором спортска опрема је пронашла пут и до корисника који се спортом баве само рекреативно. Са развојем спортске опреме кроз историју, развила се и посебна индустрија која има циљ да ради на њеном даљем развијању и усавршавању употребом најмодернијих материјала и техника, сталним развојем, производњом широког распона прилагођене опреме, за различите спортске али и свакодневне активности индустрија спортске опреме пронашла је пут до великог броја корисника широм света.

У овом раду приказан је избор материјала за различиту спортске опреме. За сваки од слојева лопти као и делова палица и остале опреме, анализирају се захтеви и својства, те су на темељу њих одабрани оптимални материјали. Видљиво је да сваки део ове спортске опреме има своју функцију коју мора испунити, те да сваки разматрани материјал има своје предности и недостатке. Највећу примену у изради спортске опреме имају полимерни материјали. Полимерни материјали одавно су преузели водећу позицију међу материјалима који се највише користе. Они су данас присутни у сваком сегменту људског живота, а врло је тешко замислити живот без полимера, посебно у спорту. Полимерни материјали постали су јефтини и лако доступни с временом и напретком технологије. Материјали попут дрвета, камена, глине итд. полако губе место и користе се и замењују их полимерни материјали.

У људски дух је добро уткана жеља за откривањем и истраживањем непознатог, тако да би керамички, полимерни, композитни, метални и природни материјали у блиској будућности могли бити замењени неким бољим, трајнијим, напреднијим материјалима.

6. Литература

- [1]. Mike Jenkins, *Materials in sports equipment*, Woodhead Publishing, England, 2003
- [2]. Myer Kutz, *Handbook of Materials Selection*, William Andrew, New York, 2002
- [3]. Robert B. Heimann, *Classic and Advanced Ceramics*, Wiley-VCH, 2010
- [4]. Mr. Alan W. Cramb, *A short history of metals*, Carnegie Mellon University, 1996
- [5]. S. Anandhan, *Polymer Nanocomposites: From Synthesis to Applications*, National Institute of Technology Karnataka, 2010
- [6]. Xiangqin Song, *The Application of High and New Material in Sports*, College of P.E. and Sports, Beijing Normal University, Beijing, China, 2015
- [7]. Igor Gabrić, *Materijali I*, Sveučilište u Splitu, 2012
- [8]. N. Linthorne, *Design and Materials in Athletics*, Brunel University, UK, 2007
- [9]. <https://www.trcanje.rs/oprema/patike-za-trcanje/> (приступ 02.08.2019.)
- [10]. <http://www.madehow.com/Volume-3/Tennis-Racket.html> (приступ 14.09.2019.)
- [11]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Racket_\(sports_equipment\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Racket_(sports_equipment)) (приступ 14.09.2019.)
- [12]. <https://www.liveabout.com/an-evolutionary-history-of-tennis-racquets-3208185> (приступ 14.09.2019.)
- [13]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2577483/> (приступ 27.09.2019.)
- [14]. <https://www.sportsrec.com/5875424/what-are-the-materials-used-to-make-a-tennis-racket> (приступ 27.09.2019.)
- [15]. <https://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9702/Froes-9702.html> (приступ 27.09.2019.)
- [16]. <http://www.madehow.com/Volume-4/Golf-Club.html> (приступ 29.09.2019.)
- [17]. https://en.wikipedia.org/wiki/Golf_club (приступ 29.09.2019.)
- [18]. <http://www.madehow.com/Volume-3/Golf-Ball.html> (приступ 30.09.2019.)
- [19]. <https://bleacherreport.com/articles/2137981-how-are-cricket-bats-made> (приступ 30.09.2019.)
- [20]. https://en.wikipedia.org/wiki/Cricket_bat (приступ 30.09.2019.)
- [21]. <http://www.madehow.com/Volume-5/Soccer-Ball.html> (приступ 03.10.2019.)
- [22]. <https://www.completesoccerguide.com/everything-need-know-soccer-cleats/> (приступ 03.09.2019.)
- [23]. <http://www.madehow.com/Volume-2/Bicycle.html> (приступ 05.10.2019.)
- [24]. <http://www.madehow.com/Volume-2/Ski.html> (приступ 06.09.2019.)
- [25]. https://www.academia.edu/666858/Historical_Introduction_to_the_Development_of_Material_Science_and_Engineering_as_a_Teaching_Discipline (приступ 01.08.2019.)