

**MEHANIČKA I TEHNOLOŠKA SVOJSTVA MATERIJALA U OPTICI I
OPTOMETRIJI**

**MECHANICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF
MATERIALS IN OPTICS AND OPTOMETRY**

Stručni članak

Mgr. Sonja Drugović, pred.

Veleučilište Velika Gorica

e-mail: sonja.drugovic@vvg.hr

M. Sc. Marcela Domnik, pred.

Veleučilište Velika Gorica

e-mail: marcela.domnik@vvg.hr

M. Sc. Lea Tandara, pred.

Veleučilište Velika Gorica

e-mail: lea.tandara@vvg.hr

Sažetak

U ovom radu analizirani su materijali koji se koriste u optici i optometriji, s posebnim fokusom na njihove mehaničke i tehnološke karakteristike u kontekstu izrade okvira za naočale. Razmatrani su različiti materijali, uključujući metale poput aluminijske, titana, nehrđajućeg čelika, monela i berilija, te polimere poput acetata, najlona i TR-90, koji su najčešće odabrani za proizvodnju okvira. Dodatno, istraženi su kompozitni materijali koji se sve više koriste u ovoj industriji. Rad se bavi analizom prednosti i nedostataka svakog od ovih materijala, uzimajući u obzir čimbenike kao što su cijena, metode oblikovanja i obrade, kao i specifične zahtjeve vezane uz udobnost, izdržljivost i estetiku okvira. Cilj je pružiti smjernice za odabir najpogodnijih materijala koji zadovoljavaju tehničke i funkcionalne zahtjeve optičkih proizvoda.

Ključne riječi: materijali, metal, polimer, kompozitni materijali, okviri

Abstract

This paper analyzes the materials used in optics and optometry, with a particular focus on their mechanical and technological characteristics in the context of spectacle frame manufacturing. Various materials are considered, including metals such as aluminum, titanium, stainless steel, monel and beryllium, and polymers such as acetate, nylon and TR-90, which are most often chosen for frame manufacturing. In addition, composite materials that are increasingly used in this industry are investigated. The paper analyzes the advantages and disadvantages of each of these materials, taking into account factors such as price, forming and processing methods, as well as specific requirements related to comfort, durability and aesthetics of the frame. The aim is to provide guidelines for selecting the most suitable materials that meet the technical and functional requirements of optical products.

Key words: materials, metals, polymers, composite materials, frames

1. UVOD

Tehnički materijali predstavljaju osnovnu komponentu svake djelatnosti u proizvodnji i osnovna su pretpostavka u svim segmentima proizvodnje. Koriste se za izradu proizvoda, uređaja i mehanizama koje koristimo u svakodnevnom životu. To su čvrste tvari koje se mogu oblikovati raznim postupcima u predmete točno određene veličine, oblika i uporabne vrijednosti te pravilan odabir materijala i način korištenja jedna je od bitnih stavki u tehnološkom napretku i tehnološkim dostignućima industrija pa tako i izradi naočalnih okvira. Izbor materijala igra ključnu ulogu u razvoju i proizvodnji novih proizvoda. Razlozi za korištenje novih materijala često proizlaze iz njihovih specifičnih prednosti. Prilikom dizajniranja novog proizvoda, važno je uzeti u obzir sljedeća svojstva: funkcionalnost, tehnološkičnost, ekonomičnost, standardizacija, mogućnost reciklaže materijala i ekologija i estetičnost. *Raznolikost i broj materijala raste, s fokusom na traženje različitih svojstava i razvoj novih tehnika za dobivanje materijala.*

2. MATERIJALI KROZ POVIJEST

Ljudska bića su u neolitiku (10 000 – 300 pr. Kr.) počeli razumjeti da se određeni materijali poput drveta, školjki, gline i vapnenca najlakše oblikuju u materijale koji se koriste kao pribor, oruđe i oružje. Primjene metalnih materijala datiraju iz brončanog doba gdje se bakar koristio u funkcionalne i zaštitne svrhe a i kao ukras. Tadašnja civilizacija je shvatila osnovna svojstva metala. Ljudi su kroz povijest prilagođavali odnosno mijenjali svojstva materijala kako bi ih prilagodili sve složenijim zahtjevima u industriji, modi itd..

Tablica 1. Povijest materijala

<i>Doba</i>	<i>Materijal</i>
<i>Kameno doba – 100 000 do 4 000 g. pr. Kr.</i>	<i>Kamen</i>
<i>6 000 g. pr. Kr.</i>	<i>Keramika, glina</i>
<i>8 000 g. pr. Kr. – 2 000 g. pr. Kr.</i>	<i>Bakar, zlato</i>
<i>Brončano doba – 1400. pr. n. e. – 0. pr. Kr.</i>	<i>Bronca</i>
<i>Željezno doba – 1000. pr. Kr. – 1950.</i>	<i>Željezo, čelik</i>
<i>19. i 20. st.</i>	<i>Aluminij i aluminijske legure, polimeri</i>
<i>Danas</i>	<i>Kompozitni materijali, nanomaterijali</i>

S tehnološkim napretkom razvijali su se i sami materijali za izradu okvira, tako su prvo korišteni materijali koji su lako dostupni kao što su drvo, metal ili kosti. Naočalni okviri od takvih materijala su bili nedovoljno izdržljivi i nisu bili za dugotrajno nošenje zbog same neudobnosti.

Prve sunčane naočale na svijetu treba pripisati Eskimima i to prije 2.000 godina. Naočale su se izrađivale od naplavljenog drveta (osobito smreke), kostiju ili morževe bjelokosti. Zaštitne naočale čvrsto su prianjale uz lice tako da jedino svjetlo ulazi kroz proreze, a ponekad se na unutarnju stranu nanosila čađa kako bi se smanjio odsjaj.



Slika 1. Naočale za snijeg Inuita (drvo, kost)

<https://preview.redd.it/snow-goggles-from-2000-years-ago-made-by-inuit-people-to-v02j46rmmc5df91.png?auto=webp&s=86144f0d9438370c733928992a3ad1ea3056efa4>

Materijali kao što su npr. čelik i celuloid su se počeli koristiti za izradu naočalnih okvira krajem 19 i početkom 20 stoljeća. Ti materijali omogućili su veću izdržljivost, te veći izbor različitog dizajna i veću paletu boja. Plastika kao materijal za izradu naočalnih okvira se počela koristiti sredinom 20. st. omogućujući izradu laganijih, šarenijih i udobnijih naočalnih okvira a korištenje titana i raznih metalnih legura produljila se trajnost i povećala estetika naočalnih okvira. Današnji materijali za naočalne okvire spajaju tehnologiju s različitim vrstama materijala, pružajući udobnost i funkcionalnost te zadovoljavajući individualne potrebe korisnika.

3. MATERIJALI ZA IZRADU NAOČALNIH OKVIRA

Materijali od kojih se najčešće u izradi naočalnih okvira koriste su metali, polimeri i kompozitni materijali. Odabir naočalnih okvira uključuje dizajn, financije i ono najvažnije funkcionalnost.

Metalni okviri idealni su za osobe koje žele izdržljive, lagane i estetski privlačne okvire. Mogu biti izrađeni od titana, nehrđajućeg čelika, aluminijska odnosno od raznih legura. Metalni okviri postali su neizostavna materijal u optičkoj industriji nudeći snagu, izdržljivost i svestranost.

Aluminij je često korišteni obojeni metali koji ne sadrže željezo kao primarni element. Izrazito je lagan ali snažan i izdržljiv materijal te je zbog toga udoban za nošenje. Otporan je na koroziju uzrokovanu znojem i vlagom jer stvara zaštitni oksidni sloj. Aluminij je pogodan za stvaranje različitih dizajna okvira zbog svoje savitljivosti, oblikovanja i strojnu obradu. Kada se koristi za izradu okvira naočala, aluminij pomaže u sprječavanju pregrijavanja, što je osobito važno kada su naočale izložene suncu ili bilo kojem izvoru topline. Nedostaci korištenja ovog materijala za izradu okvira su čvrstoća, koja nije kao neki drugi materijali, s vremenom je sklon ogrebotinama, sama težina što nije za osobe koje traže iznimno lagani okvir, s obzirom da je dobar termalni vodič, stvara neugodu pri nošenju kod visokih temperatura, te u kombinaciji s niklom može uzrokovati alergijske reakcije na koži nosioca.

Titan je metal koji je skup. Iznimno čvrst, ali lagan materijal što omogućuje izradu izdržljivih ali i udobnih i laganih okvira. Otporan je na koroziju koja je uzrokovana s znojem, slanom vodom i ostalim vanjskim faktorima što doprinosi njegovom vijeku trajanja. Materijal je fleksibilan i preporučljiv za osobe koje imaju osjetljivu kožu sklonu na alergijske reakcije. Okviri izrađeni od titana mogu se i zavarivati. Nedostaci korištenja ovog materijala za izradu okvira su visoka cijena materijala, visoka cijena popravaka zbog same čvrstoće, u usporedbi s drugim materijalima limitirana paleta boja, teža prilagodljivost obliku glave korisnika te sama težina što nije za osobe koje traže iznimno lagani okvir. (Štrumberger, 2003)

Nehrđajući čelik je izdržljiv je i dugotrajan materijal što omogućuje izradu izdržljivih ali i udobnih i laganih okvira. Ima visoku otpornost na hrđu i koroziju. Prikladan je za osobe s osjetljivom kožom ili alergijama na metale. Okviri izrađeni od ovog materijala uglavnom imaju elegantan i moderan izgled u uz to i cjenovno je pristupačan. Nedostaci korištenja ovog materijala za izradu okvira su težina, što može utjecati na udobnost nošenja ovakvog okvira, u usporedbi s drugim materijalima limitirana paleta boja, te teža prilagodljivost obliku glave korisnika. (Vitez, 2006)

Monel je legura sastavljena od nikla (Ni) i bakra (Cu), a može i sadržavati elemente kao što su željezo (Fe) i mangan (Mn) u tragovima. Otporan je na koroziju, jak i izdržljiv te savitljiv što omogućuje da se iz njega izradi i komplicirani dizajni okvira. Cjenovno jeftiniji.

Nedostaci korištenja ovog materijala za izradu okvira su težina te nije za osobe koje traže iznimno lagani okvir. Naočalni okviri izrađeni od Monela trebaju se pojačano održavati i koristiti dodatnu njegu kako bi zadržali svoj prvobitni izgled, jer mogu izgubiti sjaj ili promijeniti boju. Može uzrokovati alergijske reakcije na koži nosioca ako se kombinira s niklom.

Berilij je materijal koji je jači od čelika te su okviri izrađeni od berilija izdržljiviji i otporniji na savijanje ili lomljenje. Također je lakši od aluminija te je zato i udoban za dulje nošenje. Nije osjetljiv na koroziju i promjenu boje te je preporučljiv za osobe koje provode vrijeme oko slane vode. Zbog niske gustoće i razmjerno visokog tališta, berilij pokazuje mnoge prednosti u usporedbi s drugim metalima, no zbog visoke cijene upotrebljava se ograničeno što je i najveći nedostatak korištenja ovog materijala za izradu okvira. (Franc, 1998.)

Plastični ili polimerni okviri se koriste zbog laganosti, otpornosti na udarce i lakoće oblikovanja.

Acetat je najpopularnija lagana i relativno jeftina vrsta plastike koja se koristi za izradu okvira naočala. Okviri izrađeni od ovog materijala dostupni su u velikoj paleti boja i uzoraka. Kod duljeg nošenja zbog svoje laganosti pruža osjećaj udobnosti a također je preporučljiv za osobe s alergijama na određene metale ili za osobe osjetljivom kožom. Naočalni okviri izrađeni od acetata su izdržljivi i otporni na koroziju te ih je lako prilagoditi korisniku zagrijavanjem. (Ettore, 2023). Nedostaci korištenja ovog materijala za izradu okvira su tendencija upijanja vlage, lomljivost, i cjenovna pristupačnost.

Najlon je iznimno izdržljiv materijal te su okviri od najlona manje podložni lomovima i oštećenjima u usporedbi s materijalima poput acetata i metala. Iako je iznimno čvrst materijal, okviri izrađeni od najlona vrlo su lagani. To čini okvire udobnima za nošenje tijekom cijeloga dana. Okviri od najlona mogu se lako podesiti po potrebama korisnika, što osigurava bolju prilagođenost i udobnost. Okviri izrađeni od ovog materijala manje su podložni oštećenjima uzrokovanim vlagom ili temperaturom u usporedbi s nekim drugim materijalima, što osigurava dugotrajnost okvira te je prikladan za aktivne korisnike i sportske naočale. Nedostaci korištenja ovog materijala za izradu okvira su da nakon dugotrajnog izlaganja sunčevoj svjetlosti mogu izbljediti, ima manju krutost te popravak okvira od ovog materijala je izazovniji te sama cijena modernijih dizajna.

TR-90 materijal za izradu naočalnih okvira je izuzetno lagan i zbog toga su naočale izrađene od ovog materijala udobne i kod duljeg nošenja. Materijal je vrlo fleksibilan i jednostavan za podešavanje. Izdržljivi je i otporan na udarce te je zato prikladan za aktivan stil života ili sportske naočale. Dobar je materijal za izradu naočalnih okvira kod osoba s osjetljivom kožom ili alergijama na metale. Idealan je i za dječje dioptrijske okvire. Zadržava svoju fleksibilnost i oblik čak i na ekstremnim temperaturama. Nedostaci korištenja ovog materijala za izradu okvira su da nakon dugotrajnog izlaganja sunčevoj svjetlosti mogu izbljediti, ima manju krutost te popravak okvira od ovog materijala je izazovniji te sama cijena modernijih dizajna. (Ettore, 2023)

Polikarbonat kao materijal za izradu naočalnih okvira je izuzetno lagan i zbog toga su naočale izrađene od ovog materijala udobne i kod duljeg nošenja, termoplastični je materijal, kojega karakterizira izuzetna čvrstoća i otpornost na udarce te otpornost na koroziju. Okviri izrađeni od ovog materijala uz udobnost pružaju elegantan i moderan izgled. Nedostaci korištenja ovog materijala za izradu okvira su krhkost, okviri su relativno lomljivi, te sama cijena dizajna zbog proizvodni proces uključuje specijalizirane tehnike i preciznost.

Kompozitni materijali kao materijali za izradu naočalnih okvira obično miješaju u izradi materijale kao metali, polimeri, ili slično. Tako npr. za izradu krilca na naočalama odnosno naočalne ručke koje dolaze u različitim oblicima, bojama i veličinama koriste se polimeri, metal, karbonska vlakna, drvo i sl., dok su sami okviri izrađeni od metala. Tako naočalni okviri koji koriste metalne komponente s polimernim drškama nude kombinaciju izdržljivosti metala i fleksibilnosti, te dizajn acetata. (Ettore, 2023)

Okviri koji kombiniraju karbonska vlakna s metalima (titan, nehrđajući čelik, aluminij su i čvrsti i lagani. Okviri koji kombiniraju karbonska vlakna s polimerima (acetat TR-90) su i izdržljivi i elegantni, često s jedinstvenim dizajnom ili samom teksturom. Također je moguća kombinacije kompozitnih materijala za izradu naočalnih s traper platnom ili sličnim materijalima.

Drveni okviri za naočale su preporučljive za osobe koje su alergične na metale ili osobe s osjetljivom kožom. Izdržljiv je materijal mada njegova izdržljivost ovisi o premazima koji se koriste za zaštitu. Te ekološki prihvatljiv materijal. Nedostaci korištenja ovog materijala za izradu *okvira su da su podložni prodiranju vlage, pucanju i samoj deformaciji okvira.*

4. ZAKLJUČAK

U odabiru materijala za okvire naočala, izbor igra ključnu ulogu u oblikovanju ne samo estetskog dojma, već i funkcionalnosti, udobnosti te dugovječnosti samih naočala. Široka paleta dostupnih materijala omogućava korisnicima da izaberu opciju koja najbolje odgovara njihovim specifičnim potrebama i željama. Od klasične sofisticiranosti metalnih materijala poput titana i nehrđajućeg čelika do svestranosti plastike, poput acetata i najlona, svaki materijal donosi svoje prednosti, bilo u pogledu čvrstoće, laganosti ili fleksibilnosti. Naravno ne smijemo zanemariti i nedostatke određenih materijala. Industrija naočala neprestano se razvija, čime se otvaraju nove mogućnosti za okvire koji nisu samo funkcionalni, već i modni dodatci. S kombinacijom izdržljivosti, udobnosti, estetike, relativno manjoj vjerojatnoći da će izazvati alergijske reakcije, te otpornosti na udarce, utjecanje vanjskih faktora, koroziju različiti materijali nude širok spektar opcija za svakog korisnika naočalnih okvira. Kako tehnologija napreduje, a istraživanja u području materijala nastavljaju donositi inovacije, budućnost okvira naočala obećava još veću raznolikost i poboljšanje u pogledu udobnosti, prilagodbe i trajnosti, što će omogućiti korisnicima da lakše pronađu naočale koje odgovaraju njihovom osobnom *stilu i načinu života*.

LITERATURA

- 1) Ettore, T., 2023. U: Tehnologija optičkih materijala i okvira. s.l.: Veleučilište Velika Gorica.
- 2) Franc, M., 1998. U: Mehanička svojstva materijala. s.l.: Fakultet strojarstva i brodogradnje .
- 3) Štrumberger, N., 2003. U: Tehnologija Materijala II. s.l.:veučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb,.
- 4) Vitez, I., 2006. U: Ispitivanje mehaničkih svojstava metalnih materijala. s.l.: Slavonski Brod: Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Trg I. B. Mažuranić 2, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku.