

KVALITETNA IZRADA KLIPNJAČE – FAKTOR U OSIGURAVANJU PERFORMANSI I VIJEKA TRAJANJA AMORTIZERA / QUALITY MANUFACTURING OF THE CONNECTING ROD - A FACTOR IN ENSURING THE PERFORMANCE AND LIFETIME OF THE SHOCK ABSORBER

Prof. dr Muhamed Sarvan¹,

¹Internacionalni Univerzitet Travnik, Aleja Konzula-Meljanac bb, 72270 Travnik, BiH
e-mail: muksar@hotmail.com

Pregledni članak

UDK / UDC 338.3:621.7:338.5

Sažetak

Uporedo sa zahtjevima razvoja i usavršavanja motornih vozila potrebno je adekvatno pratiti stanje tehničke ispravnosti motornih vozila u eksploataciji, gdje imamo motorna vozila velike starosti i sa velikim brojem pređenih kilometara uz lošu putnu infrastrukturu. Amortizeri kao elementi za prigušenje u sklopu sistema oslanjanja, imaju zadatak da prigušuju oscilacije elastičnih elemenata odnosno sistema vješanja i vozila u cjelini, uz smanjenje udarnih opterećenja. Time se kod vozila direktno utiče na udobnost, stabilnost i sigurnost kretanja, tako da isti spadaju u elemente aktivne sigurnosti vozila. U toku eksploatacije motornih vozila, stanje sistema oslanjanja, odnosno elemenata prigušenja - amortizera, zbog istrošenosti amortizera, ne obezbjeđuje bezbjedno kretanje motornih vozila. Elementi sistema vješanja vozila, kao i svaki proizvod, ima svoj životni ciklus (Life Cycle). Da bi se povećala trajnost sistema ovjesa koja najviše zavisi od kvaliteta njegovih elemenata, posebna pažnja se posvećuje kvalitetu izrade elemenata amortizera. Pri tome, jedan od najvažnijih i najodgovornijih dijelova amortizera jesu klipnjače. U radu će biti dat prikaz načina osiguravanja potrebnih i traženih karakteristika prema klipnjačama u procesima njihove proizvodnje (brušenje, termička obrada, tvrdo hromiranje).

Ključne riječi: amortizer, klipnjača, brušenje, kaljenje, hromiranje

Abstract

Along with the requirements for the development and improvement of motor vehicles, it is necessary to adequately monitor the state of technical correctness of motor vehicles in operation, where we have motor vehicles of great age and with a large number of kilometers traveled along with poor road infrastructure. Shock absorbers, as damping elements in the suspension system, have the task of damping the oscillations of elastic elements, i.e. the suspension system and the vehicle as a whole, while reducing shock loads. This directly affects the comfort, stability and safety of movement of the vehicle, so that they belong to the elements of active safety of the vehicle. During the exploitation of motor vehicles, the condition of the suspension system, i.e. damping elements - shock absorbers, due to the wear of the shock absorbers, does not ensure the safe movement of motor vehicles. Elements of the vehicle suspension system, like every product, has its own life cycle. In order to increase the durability of the suspension system, which mostly depends on the quality of its elements, special attention is paid to the quality of the production of shock absorber elements. At the same time, one of the most important and responsible parts of the shock absorber are the connecting rods. The paper will present a description of how to ensure the required and required characteristics of piston rods in their production processes (grinding, heat treatment, hard chrome plating).

Keywords: shock absorber, connecting rod, grinding, hardening, chrome plating

U V O D

Amortizeri kod vozila imaju zadatak da prigušuju oscilacije karoserije i točkova, koje nastaju pri kretanju vozila cestom sa određenim neravninama. Od pravilnog funkcionisanja amortizera zavisiće i eksploatacione osobine vozila (upravljaljivost, komfor, veza točkova sa cestom, vijek trajanja pneumatika i drugih elemenata).

Postoji više vrsta amortizera: prema radnom fluidu - hidraulički (uljni), pneumatski (gasni) i hidropneumatski (kombinacija ulja i gasa).

Hidraulički amortizeri se dijele na polužne i teleskopske. Teleskopski amortizeri mogu biti izvedeni kao jednocjevni i dvocjevni. Najviše su u upotrebi dvocjevni teleskopski amortizeri.

1. PRINCIP RADA HIDRAULIČKOG AMORTIZERA

Na slici 1. dat je prikaz jednog dvocjevnog teleskopskog uljnog amortizera (sl.1a), odakle se uočavaju dvije cijevi: unutrašnja koja predstavlja radni cilindar, dok vanjska cijev predstavlja posudu (rezervoar). Prostor između cilindra i rezervoara predstavlja kompenzacioni prostor tj. prostor za izjednačavanje pritiska ulja te se naziva i komorom za izjednačavanje.



Slika 1. Dvocjevni hidraulički amortizer: a-šema, b-izvedbe oslonaca, c-lijevo: faza sabijanja, desno: faza razvlačenja, d-izvedbe klipova (Izvor: katalog SACHS²⁹⁸, prilagodio autor)

²⁹⁸SACHS - katalogi i prospekti serviseri

Amorizer je sa gornje strane pričvršćen za karoseriju najčešće klinastim zglobovom (sl. 1b desno), dok je donjim krajem pričvršćen za nosač točka prstenastim zglobovom (slika 1b lijevo) u koji je upresovan silent blok, odnosno, gumeni oslonac. Funkcija silent bloka je da spriječi dodir metala i ostvari dodatno prigušivanje. Prstenasti zglob (zapravo, ušica), spojen je za klipnjaču postupcima tačkastog elektrootpornog zavarivanja.

Princip rada hidrauličkih amortizera zasniva se na pretvaranju kinetičke energije oscilovanja u toplotnu. Ovaj proces realizovan je protokom ulja kroz kalibrisane otvore koji se nalaze na klipnom (sl.1d) klipnjače i dnu unutrašnjeg (radnog) cilindra (sl. 1a,1c).

Pri sabijanju amortizera, donji ventil određuje prigušenje. Ulje koje se pri tome istiskuje usljed kretanja klipnjače sa klipom na dole (sl. 1c lijevo), struji u prostor za izjednačavanje pri, čemu donji ventil pruža otpor tom strujanju i tako koči kretanje. Ventil klipa je otvoren te radi kao nepovratni ventil.

Pri razvlačenju amortizera, ventil klipa preuzima prigušenje pružajući otpor ulju koje iz prostora iznad klipa struji prema dole (slika 1c desno), usporavajući kretanje klipa prema gore. Kroz otvoren nepovratni ventil u donjem ventilu može opet neometano doći potrebno ulje iz prostora za izjednačavanje u radni prostor.

Dakle, silu prigušivanja u hodu sabijanja i hodu razvlačenja osiguravaju ventili klipa i donji (kompenzacijski) ventili. Prigušni ventili (donji i klipni), sastoje se od sistema pločastih elemenata-tanjurastih opruga.

Pri sabijanju nastaju manji otpori prigušivanja amortizera, a kod razvlačenja nastaju veći otpori prigušivanja. Tim načinom prigušivanja postiže se bolje držanje točkova uz podlogu te realizacija vučne ili kočne sile

Jedan od vitalnih elemenata hidrauličkog amortizera je klipnjača. Kako je klipnjača u stalnom kontaktu sa zaptivkom i vođicom (slika 1a), ista predstavlja element jednog složenog tribomehaničkog sistema. Ova tri elementa preko svojih kontaktnih površina formiraju tri tribomehanička sistema od kojih jedan sistem čine kontaktni par cilindar-klip, drugi sistem - kontaktni par klipnjača i vođica i treći sistem – kontaktni par klipnjača i zaptivka, uz napomenu da su i vođica i zaptivka od nemetalnog materijala. Klipnjača, vođica (vodilica) i zaptivka (brtva) predstavljaju ugradbene elemente visoke preciznosti.

Ponašanje i vijek trajanja pojedinih kontaktnih parova je funkcija većeg broja parametara (materijal, kvalitet obrade, uslovi eksploatacije-opterećenja, brzine kretanja). Međutim, karakter i veličina bočne sile pri kretanju kontaktnih parova imaju dominantan uticaj.

Teleskopski amorizeri rade sa pritiscima ulja 60-80 bar i temperaturom 60 °C.

2. KVALITETNA IZRADA KLIPNJAČE AMORTIZERA

Klipnjača predstavlja jedan od vitalnih elemenata hidrauličkog teleskopskog amortizera, jer, prima na sebe sva opterećenja od karoserije vozila i prenosi sva oscilatorna kretanja, a pri tom je izložena tribomehaničkim pojavama. S obzirom da su otpornost na habanje i druge tribološke karakteristike zavisne od kvaliteta površinskih slojeva, kontaktna površina klipnjače formira se kroz više operacija (struganjem, brušenjem, termičkom obradom, galvanizacijom-hromiranjem). Pri tome, vrlo je važno odrediti odgovarajuće ulazne parametre za sve vrste izvedenih operacija,

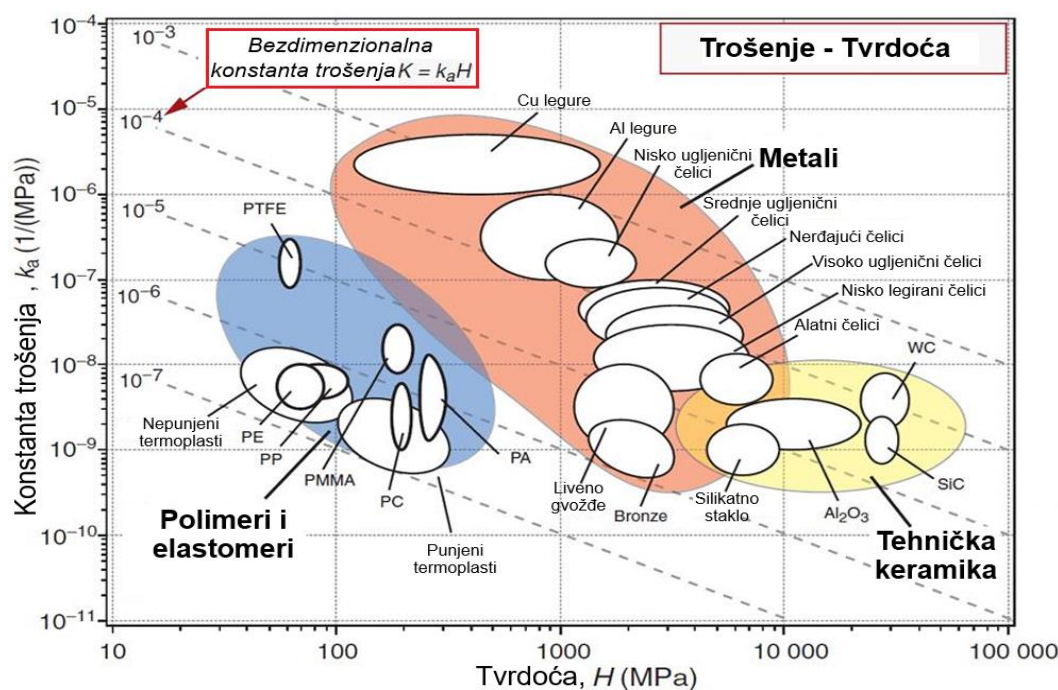
3.1 IZBOR MATERIJALA ZA KLIPNJAČE

Uzimajući u obzir činjenicu da je vijek trajanja amortizera (Life Cycle) u odnosu na vozilo znatno manji, (150.000 kilometara za kvalitetne ceste, a 70.000 kilometara za ceste u BiH) bitan je svaki napor u povećanju istog.

Jedan od prvih i najvažnijih koraka u osiguravanju performansi i vijeka trajanja amortizera jeste adekvatan izbor materijala klipnjače amortizera. Prilikom izbora materijala potrebno je uzeti u obzir sljedeće aspekte: mehanička svojstva (čvrstoća i tvrdoća) - klipnjača je u eksploataciji izložena aksijalnim naprezanjima kao i na izvijanje zbog djelovanja bočnih sila; otpornost na udarce i duktilnost; dobru obradljivost (mehaničku i termičku), niske troškove i ekološku prihvatljivost.

Za izradu klipnjače najviše se koriste srednje ugljenični konstrukcijski čelici sa sadržajem ugljenika (C) od 0,2 do 0,6%. Za primjer koji će se razmatrati u nastavku rada, riječ je o podeutektoidnom čeliku Č 1580.5, sa sadržajem 0,42-0,50% C, dobijen hladnim izvlačenjem šipki. Spomenuti čelik posjeduje zateznu čvrstoću 710-860 N/mm², a nakon odgovarajuće termičke obrade može se ostvariti određeni stupanj žilavosti, plastičnosti i otpornosti na trošenje. Čelici sa 0,5-0,60% ugljenika primjenjuju se za dijelove otporne na trošenje

Na slici 2., dat je prikaz zavisnosti brzine trošenja od tvrdoće za pojedine vrste materijala.



Slika 2. Zavisnost brzine trošenja od tvrdoće^{299,300}, $\{H\} = 10\{HV\}$ za: $[H] = \text{MPa}$
 (Sliku prilagodio autor rada)

²⁹⁹ Ashby M. F., Shercliff H., Cebon D.: Materials – Engineering, Science, Processing and Design; Butterworth-Heinemann, 2007

³⁰⁰ <https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi%20strojeva%20II/11-TrenjeTrosenjeIPodmazivanje.pdf>

Slika 4. Konstrukcija TTT – dijagrama (Time-Temperature-Transformation). Područja u TTT-dijagramu, obilježena velikim slovima, predstavljaju: A – područje čistog austenita F – područje pretvorbe austenita u primarni ferit P – područje pretvorbe austenita u perlit B – područje pretvorbe austenita u bainit M – područje pretvorbe austenita u martenzit.

(Izvor: https://ag2019-2020.eucenje.unipu.hr/pluginfile.php/106117/mod_folder/content/0/Predavanja/10%20Toplinska%20obrada%20%C4%8Delika.pdf?forcedownload=1, prilagodio autor)

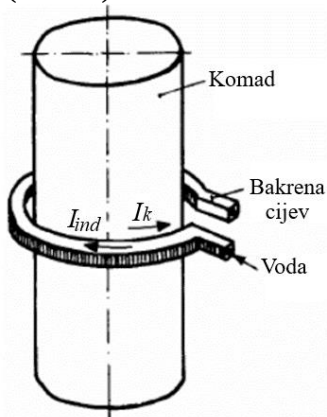
Površinsko kaljenje je termička obrada kojom se kale samo površinski slojevi predmeta, dok njihova jezgra zadržavaju početnu strukturu.

Zagrijavanjem podeutektoidnih čelika (čelici sa sadržajem ugljenika - C manjem od 0,8%), mikrostrukture ferit (F) + perlit (P), proces austenitizacije (rasta austenitnih zrna) počinje dostizanjem temperature u kritičnoj tački A_1 (na eutektoidnoj temperaturi 723°C). Perlit se pritom pretvara u austenit i nastaje mikrostruktura ferit + austenit. Daljim zagrijavanjem ferit se postupno transformira u austenit. Dostizanjem temperature koja odgovara kritičnoj tački A_3 , mikrostruktura čelika postaje austenitna, slika 4.

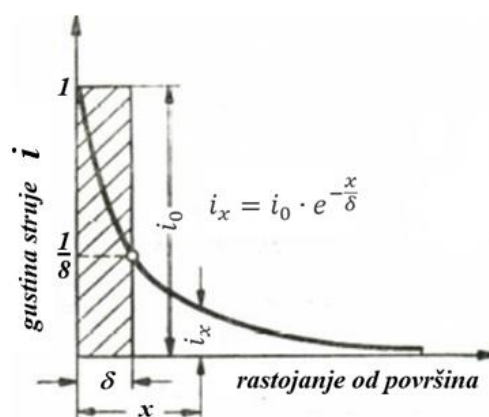
Indukciono kaljenje (ili, industrijsko kaljenje) – sastoji se od austenizacije, a zatim se brzim ohlađivanjem skoro sav austenit pretvara u martenzit.

Pomoću TTT (Time-Temperature-Transformation) dijagrama, slika 4, moguće je odrediti količinu pretvorenog austenita A u funkciji brzine i temperature hlađenja te vrste i količine nastalih faza. TTT-dijagrami koriste se i za određivanje načina hlađenja s ciljem postizanja odgovarajuće mikrostrukture i faznog sastava pogodnog za određena svojstva čelika

Pri indukcionom zagrijavanju se na površini komada (klipnjača) generiše indukovana struja (I_k) iste frekvencije ali suprotnog smjera od struje koja protiče kroz induktor (I_{ind}) i stvara magnetno polje. Površinski slojevi se najprije zagrijevaju sekundarnim strujama, a zatim se zakaljuju prskanjem vodom (slika 5).



Slika 5. Shematski prikaz indukcionog kaljenja



Slika 6. Raspored gustine struje

(Izvor: Branko Škorić:Termička obrada)³⁰¹

Toplota (u Džulima – J) koja se pri tom oslobađa za vrijeme t iznosi:

³⁰¹ <http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/predmeti//Termicka%20obrada/Termi%C4%8Dka%20obrada.pdf>

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad [J] \quad \dots\dots\dots (1)$$

gdje su:

I – jačina struje,

R – omski otpor površine predmeta (klipnjače),

t – vrijeme

Brzina zagrijavanja je velika i kreće se u rasponu od 500 do 1000 °C/sec.

Raspored gustine struje (slika 6), odnosno utvrđivanje dubine prodiranja struje gdje se oslobađa 85% toplote određuje se prema sljedećem izrazu:

$$\delta = 5,03 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{f \cdot \mu}} \quad \text{mm} \quad \dots\dots\dots (2)$$

gdje su:

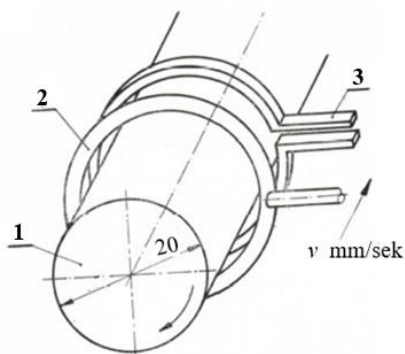
f – frekvencija naizmjenične struje,

ρ - specifični električni otpor,

μ - magnetni permeabilitet.

Iz gornjeg obrasca se može uočiti da gustina struje opada sa porastom frekvencije struje. Obično se koristi generator sa frekvencijom struje od 0,1 do 2,5 MHz i dubinom prodiranja struje od 0,3 do 1,0 mm.

Induktori se rade od bakra i njihov oblik je raznovrstan: navojni, čvorni, ugaoni itd. Na slici 5 prikazan je čvorasti oblik induktora koji ujedno radi i kao prskalica vode. Slika 7. predstavlja jedan od načina izvođenja indukcionog kaljenja klipnjače, gdje radni predmet (klipnjača) 1 izvodi istovremeno dva kretanja: obrtno i pravolinijsko te se ovakav vid kaljenja naziva rotaciono-posmično indukciono kaljenje. Posebno su izrađeni induktor 3, a iza njega i prskalica za vodu 2. Između induktora i radnog predmeta mora postojati određeni zazor. Debljina okaljenog sloja klipnjače prečnika 20 mm kreće se od 1-1,5 mm.

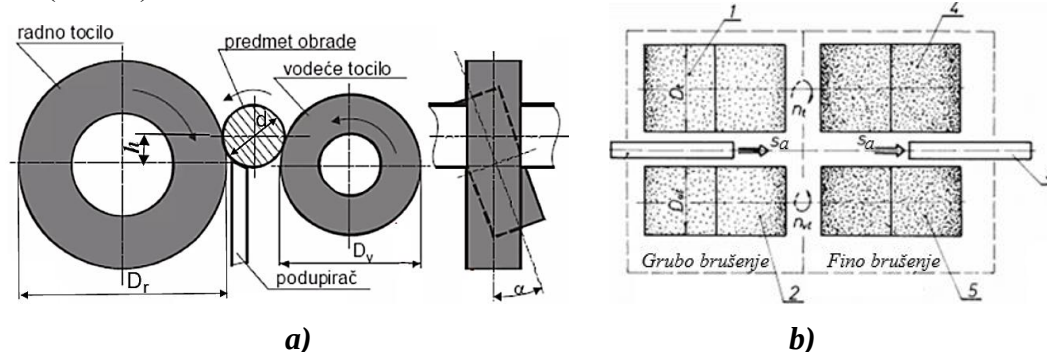


Slika 7. Indukciono rotaciono-posmično kaljenje klipnjača amortizera: 1-radni predmet (klipnjača), 2- induktor, 3-prskalica za vodu.

3.3 BRUŠENJE KLIPNJAČA

Brušenje je jedna od najznačajnijih proizvodnih operacija završne obrade, jer obezbjeđuje visoku tačnost mjera i visok kvalitet obrađene površine. Izvodi se nakon termičke obrade te se ovim postupkom uklanjaju eventualne greške usljed toplotnih deformacija pri termičkoj obradi.

Kako se klipnjače rade serijski, to se proces brušenja odvija bez stezanja, tzv. postupkom brušenja bez šiljaka (slika 8).



Slika 8. Brušenje klipnjača amortizera bez stezanja: a- shematski prikaz, b-dvije radne stanice

Radni predmet, koji je postavljen na podupirač (osloni nož), kreće se između dva točila, radnog i vučnog.

Osa radnog predmeta treba da bude iznad osa točila za veličinu $h \approx \frac{1}{2}d$, da bi se dobio pravilan oblik i izbjegla ovalnost klipnjače.

Radno točilo skida strugotinu i obrće se brzinom brušenja v_t . Vodeće točilo obrćući se brzinom v_v , služi za obrtanje v_r i uzdužno (aksijalno) pomjeranje s_a radnog predmeta. Uzdužno kretanje radnog predmeta ostvaruje se prinudno, zbog nagiba α vučnog točila u odnosu na radno točilo. Ugao α se kreće u granicama od 1° do 6° (sl. 8a).

S obzirom da se pripremci rade sa dosta grubom površinom kao i izraženim tolerancijama ($\phi 20,2h11$) potrebno je skinuti znatan sloj materijala, pa se prethodno brušenje izvodi u dvije operacije na istoj mašini (na dvije tzv. radne stanice): grubo brušenje-dovođenje na mjeru $\phi 20^{+0,050}_{-0,060}$ i fino brušenje na mjeru $\phi 20^{+0,080}_{-0,090}$ mm, slika 8b.

3.4 HROMIRANJE KLIPNJAČA

Hromiranje je termohemijski proces difuzionog obogaćivanja površinskog sloja čelika hromom zagrijevanjem u odgovarajućoj sredini. Ovaj proces obezbjeđuje površinskom sloju čelika visoku tvrdoću, otpornost na habanje, toplotnu postojanost i otpornost na koroziju.

Hromiranje se može izvoditi u čvrstoj, gasovitoj i tekućoj sredini.

Klipnjače se hromiraju u tekućoj sredini. Hromiranjem u tekućoj sredini (slika 10), klipnjače se zagrijevaju u rastopljenim solima ($\text{BaCl}_2 + \text{NaCl} + 10\text{-}15\%\text{CrCl}_2$). Temperatura procesa hromiranja je od $100\text{-}1050^\circ\text{C}$ u trajanju od nekoliko sati. Struktura hromiranog sloja sastoji se iz karbida hroma. Debljina nanešenog sloja hroma iznosi nekoliko desetina mikrona tvrdoće $\text{HV}=840\text{-}1000$.



Slika 10. Postupak hromiranja klipnjača u kadama (Izvor: <https://ba.autopartsrod.com/piston-rod/automobile-shock-absorber-piston-rod/s45c-hard-chrome-plated-piston-rod.html>)

Da bi se proces hromiranja (tzv. tvrdo hromiranje ili industrijsko hromiranje) pravilno odvijao, neophodno je prethodno izvršiti odgovarajuće pripremne radnje koje uključuju: pripremu površine (površine klipnjače trebaju biti temeljno očišćene i odmašćene kako bi se uklonila prljavština, ulje ili zagađivači čime se osigurava pravilnog prijanjanje hromiranog sloja); maskiranje - klipnjača se hromira na dijelu koji dolazi u kontakt sa vođicom i zaptivkom, dok se ostale površine maskiraju odgovarajućim plastičnim štitnicima (slika 10).

Klipnjače se uranjaju u kadu koja sadrži rastvor hromne i sumporne kiseline. Djeluje kao elektrolit, a hrom se taloži na površinu klipnjače. Klipnjača je spojena na anodu (+) napajanja, dok je hromna elektroda spojena na katodu.

U toku procesa galvanizacije, različiti parametri kao što su gustina struje, temperatura i vrijeme nanošenja, se kontrolišu kako bi se postigla željena debljina i kvalitet hromiranog sloja. Ovi parametri mogu varirati ovisno od specifičnih zahtjeva klipnjača.

Kada se postigne željena debljina hroma, klipnjače se uklanjaju iz kade i temeljito ispiraju kako bi se uklonile sve zaostale hemikalije. Nakon hromiranja, klipnjače se podvrgavaju dodatnim tretmanima kao što je poliranje ili brušenje kako bi se postigla željena završna obrada površine.

2.5 RADNI FLUID

Hidraulički amortizer je napunjen uljem koje služi da u njemu pri proticanju kroz otvore stvara otpor viskoznog trenja.

Ulje za amortizer je obično odabrano lagano mineralno ulje. Ponekad, umjesto mineralnog koristi se sintetičko ulje koje je skuplje, ali može imati smanjenu varijaciju viskoznosti s temperaturom. Relevantna svojstva ulja za amortizere uključuju ona u tablici 1.

Tabela 1. Reprezentativna svojstva ulja za amortizere - prigušivače (bazno mineralno ulje)³⁰².

Red.broj	Svojstvo fluida	Oznaka	Vrijednost	Jedinica
1.	Gustoća na 15°C	ρ	≈ 860	kg/m ³
2.	Viskozitet na 15°C	μ	≈ 40	MPa.s
3.	Raspon temperature	T	≈ -40 do $+130$	°C
4.	Raspon pritiska	P	≈ 0 do 20	MPa
5.	Kompresibilnost	$(d\rho/dP)/\rho$	$\approx 0,05$	% /MPa
6.	Toplotna provodnost	k	$\approx 0,14$	W/m.K
7.	Oplotni kapacitet	c_p	$\approx 2,5$	kJ/kgK
8.	Toplotno širenje	$-(d\rho/dT)/\rho$	$\approx 0,1$	%/°C
9.	Viskoznost-temperaturna osjetljivost	$(d\mu/dT)/\mu$	≈ -2	%/°C
10.	Viskoznost-osjetljivost na pritisak	$(d\mu/dP)/\mu$	$\approx +3$	%/MPa
11.	Površinski napon	σ_s	≈ 25	mN/m
12.	Koeficijent aposrprije zraka	k_A	≈ 1	kg/m ³ MPa

Primarne vrijednosti su gustoća, koja obično varira od 850 do 860 kg/m³, a viskoznost varira od 5 do 100 mPa s. Oba svojstva su značajno ovisna o temperaturi. U amortizeru, viskoznost pomaže u podmazivanju, ali je inače smetnja. Ulja niže viskoznosti bi se dobro pokazala, ali bi imala viši pritisak pare i bila bi sklona kavitaciji³⁰³.

ZAKLJUČAK

Tokom eksploatacije, na životni vijek amortizera koji se očituje u njegovom trošenju i slabljenju performansi, utiče veliki broj faktora: stanje cesta, opterećenja, stil vožnje, pređena kilometraža, vremenske prilike, nečistoće itd. Trošenje se najčešće odvija postupno, ispoljavajući se u lošijoj upravljivosti, nestabilnom vješanju te većem nagninjanju karoserije u krivinama. Vremenom se javlja sve više znakova oštećenja u vidu **snažnog ljuljanja nakon promjene brzine**, karakterističnog "poskakivanja" karoserije tokom kočenja ili čestim aktiviranjem ABS ili ESP sistema i tokom laganog kočenja.

Trajnost amortizera u mnogome zavisi od kvaliteta njegovih elemenata.

Radne karakteristike klipnjača uglavnom se ogledaju u izboru materijala, kvalitetu obrade i površinskoj obradi. Ove karakteristike direktno utiču na performanse i vijek trajanja amortizera..

Visokokvalitetne klipnjače imaju dobru otpornost na habanje i otpornost na zamor, što može smanjiti oštećenje zaptivnih prstenova ili komponenti uzrokovano trenjem tokom upotrebe klipnjača, čime se povećava ukupni životni vijek kako klipnjače, tako i amortizera.

Treba napomenuti i to, da amortizeri predstavljaju elemente aktivne bezbjednosti vozila.

³⁰² John C. Dixon: *The Shock Absorber Handbook*, Second Edition, John Wiley & Sons, 2007

³⁰³ Kavitacija (njem. Kavitation, engl., franc. cavitation, prema kasnolat. *cavitas*, od lat. *cavus*: šupalj, prazan) je šupljina, praznina ili prazan prostor. U hidrodinamici, kavitacija je nastajanje mjehurića ispunjenih parama unutar kapljevine u strujanju te njihovo iščezavanje uz pojavu nepoželjnih udarnih tlakova koji dovode do pojave erozije.

LITERATURA

- [1] Ashby M. F., Shercliff H., Cebon D.: *Materials – Engineering, Science, Processing and Design*; Butterworth-Heinemann, 2007
- [2] Dedić, A.: *Osnove mašinstva*, II deo, Šumarski fakultet, Beograd, 2008.
- [3] Jovanović, M., Lazić, V., Adamović, A., Ratković, N.: *Mašinski materijali*, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2003.
- [4] John C. Dixon: *The Shock Absorber Handbook*, Second Edition, John Wiley & Sons, 2007.
- [5] Manojlović, N., Sarvan, M., Klisura, F., Likokur, P., *Preventive Control of Shock Absorbers in order to Improve Efficiency of Vehicles and Traffic Safety*, XXIII. MEĐUNARODNI PROMETNI SIMPOZIJ, PROMETNI SUSTAVI 2016., 28.-29. travnja, 2016., ZAGREB, HRVATSKA
- [6] Sarvan, M.: *Obrada metala rezanjem i mašine alatke*, knjiga II, samostalno izdanje, 2002.
- [7] SACHS - katalozi i prospekti serviseri
- [8] Katalozi proizvođača amortizera

Internet izvori:

- [1] <https://esksteel.com/proizvodni-program/kvaliteti-materijala/>
- [2] http://etc.mas.bg.ac.rs/zradakovic/6-MM_ho.pdf
- [3] <http://www.dnmshock.com/>, Karakteristike amortizera,
- [4] <https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi%20strojeva%20II/11TrenjeTrosenjeIPodmazivanje.pdf> (pristupljeno 30.11.2024.)
- [5] <http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/predmeti//Termicka%20obrada/Termi%C4%8Dka%20obrada.pdf>
- [6] <http://www.bestav.co.rs/sr/tvrdo-hromiranje/>
- [7] <https://ba.chennamachinery.com/info/hard-chrome-plating-process-87797138.html>
- [8] <https://ba.autopartsrod.com/piston-rod/automobile-shock-absorber-piston-rod/s45c-hard-chrome-plated-piston-rod.html>)