



UPOTREBA DELOVA OD ORGANSKE PLASTIKE U VOJNOJ TEHNOLOGIJI

Aleksandr I. Burya, email: ol.burya@gmail.com

Olga A. Naberezhnaya

Sergey V. Kalinichenko

Dniprovskiy State Technical University, Kamenskoe, Ukraine

Sažetak: Napredak u oblasti znanja, tehnologije, razvoja proizvoda sa traženim karakteristikama, nagli rast u performansama zaštite životne sredine su mogućnosti koje se pojavljuju zahvaljujući polimernim kompozitnim materijalima (polymer composition materials - PCM). Organska plastika je od značajnog interesa. Uvođenje vlaknastog punila u polimernu matricu značajno doprinosi povećanju snage i čvrstoće jedinjenja, kao i promeni fizičkih i tribomehaničkih karakteristika. PCM imaju sve širu upotrebu u čvorovima koji se habaju mašina i sklopova. Razvoj ovog pravca je povezan sa ispitivanjem dobro poznatih polimera i razvojem novih polimernih materijala otpornih na trenje. Efikasnost takvih materijala je u najvećoj meri određena veličinom i stabilnošću koeficijenta trenja, kao i njihovom otpornosti na habanje. Opseg primena antifrikcionog materijala je povezan sa njegovim sastavom, pre svega sa fizičkim osobinama kao osnovnim materijalom i specifičnim punilima. S obzirom da poseduju visoku stabilnost, vlakna predstavljaju najefikasnija punila za ojačanje materijala koja se mogu koristiti za poboljšanje čvrstoće jeftinih polimernih materijala kao i za definisanje fundamentalno novih materijala sa poboljšanim karakteristikama. Tako, klizni ležajevi od organske plastike bazirane na aromatičnom poliamidu su instalirani u suspenziji pokretne šasije vojnog kamiona MZKT-79221, umesto bronzine za rad bez podmazivanja. Tokom stacionarnih i putnih testiranja (predjeni put je bio veći od 2200km), nije bilo uočljivih zazora između vratila i čaura, varirali su od 0,1 do 0,4mm respektivno, što ukazuje povoljnu ekonomsku i ergonomsku implementaciju organske plastike za rad na jedinicama koje trpe trenje.

Ključne reči: materijali polimerog sastava, organska plastika, vlakna, tribo-tehničke karakteristike, klizni ležajevi.

THE USE OF PARTS OF ORGANOPLASTICS IN MILITARY TECHNOLOGY

Abstract: A breakthrough in the field of knowledge, technology, development of products with the required properties, a sharp increase in environmental performance are the possibilities that appear thanks to polymer composition materials (PCM). Organoplastics (OP) is of considerable interest. Introduction of a fibrous filler into the polymer matrix contributes significantly to the increase in strength and rigidity of a composition, as well as to the change in the physical and tribotechnical characteristics. PCM are used more and more widely in friction knots of machines and mechanisms. The development of this direction is linked with the study of well-known polymers and the development of new polymer antifriction materials. The efficiency of such materials is largely determined by the size and stability of the coefficient of friction, as well as their wear-resistance. The range of application of the antifriction materials is related to their composition, first of all with the physical properties of basic materials and specific fillers. Possessing high stability, fibers represent the most efficient reinforcing fillers that can be used both for improving the strength of cheap polymer materials and for elaborating fundamentally new materials with improved characteristics. So, the sliding bearings from the OP based on the aromatic polyamide are installed in the suspension of the special wheeled chassis of the military truck MZKT-79221, in exchange for the bronze for the operation without lubrication. During the stand and road tests (the mileage was more than 2200 km), there was no noticeable clearance between the shaft and the bushing, it varied from 0.1 to 0.4 mm



respectively, which indicates economically and ergonomically favorable implementation of the OP for work in the friction units.

Keywords: polymer composition materials, organoplastic, fibers, tribotechnical characteristics, sliding bearings.

1. Uvod

Napredak u industriji polimera u posljednjoj deceniji povezan je uglavnom sa polimernim kompozitnim materijalima (polymer composite materials - PCM). Tipično, materijali koji su nastali od polimera (npr. polimerni kompoziti) odlikuju se slabim mehaničkim osobinama. Kako bi se poboljšala krutost i snaga polimernih materijala u njihov sastav ulaze različiti dodaci za ojačanje: staklena vlakna, ugljenična vlakna, prirodna vlakna itd. [1]. Mehaničke karakteristike kompozita određuju se uglavnom kvalitetom adhezije na interfejs "matricom-ojačan dodatak", kao i odnosom dužine prema prečniku za ojačavanje dodataka. Problemi sa adhezijom kod običnih kompozita povezani su sa tim, da se matrica i ojačana komponenta razlikuju po hemijskoj strukturi. Polimer-polimer kompoziti, a posebno FRP, mogu obezbediti zahtevani stepen adhezije, ukoliko su matrica i ojačavajući filer hemijski slični ili identični [2, 3]. Specifičnost vlaknaste kompozitne strukture je uniformna raspodela visoke čvrstoće, vikoko-modulnih vlakana u plastičnoj matrici (njihov sadržaj može dostići 75%). Kod vlaknastih CM, vlakna trpe osnovne napone, koji nastaju u kompozitu pri dejstvu spoljnih opterećenja, i obezbeđuju snagu i krutost smeše u pravcu orijentacije vlakana. Matrica, koja popunjava prostor međuvlasknima, omogućava zajednički rad pojedinačnih vlakana na račun sopstvene krutosti i interakcije, koja postoji u spoju između matrice-vlakno. Većina osobina dobijenih FRP pokazuju bolja svojstva polaznih komponenti. Sa pojavom ovakvih materijala pojavila se mogućnost selektivnog izbora PCM svojstava, potrebnih za potrebe svake konkretne oblasti primene. Primena PCM daje novi kvalitativni skok u povećanju snage motora, energetskih i transportnih uređaja, smanjenju težinu mašina i alata. PCM, koji je i ekonomičan, i lak za projektovanje, trenutno se koriste svuda - od proizvodnje igračaka i teniskih reketi do primene u svemirskim brodovima (izolacije, mikročipova itd.) [3, 4]. Samo-armirajući PCM zbog niske gustine i lakoće prerade može da se koristi i u automobilske industriji (delovi konstrukcije automobila), zbog odlične otpornosti na dinamička opterećenja (visok uticaj energetskih udara) - za proizvodnju sportske opreme, zaštitnih šlemova, kućišta [5].

2. Metode i objekti istraživanja

Za kvalitetno vezivanje samo-armirajuće organske plastike koristi se aromatični poliamid fenilon C-1 (6-05-221-101-71 TU), koji u sebi ima slabo-disperzni prah fenilona, koji ima zapreminsku gustinu $0,2-0,3 \text{ g/cm}^3$ i specifičan viskozitet 0,5%-nog rastvora u dimetilformamidu sa 5% litijum hlorida nije manja od 0,75, karakteriše se sledećim svojstvima: žilavost - 20 kJ/m^2 , tvrdoća - 18 HRB, naprezanje na lom pri istezanju - 100 MPa. Ojačani fenilon C-1 je izveden identičnim po hemijskoj prirodi kao vezivnom organskom vlaknu otpornom na toplotu - fenilon, dužine 2-3 mm, čvrstoće 676 MPa, izduženja 15-20 %, modula elastičnosti $8,8-11,77 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$, gustine $1,37-1,38 \text{ g/cm}^3$.



Za dobijanje kompozitnih materijala stavljeni su u posudu praškasti uzorak fenilona i meljena vlakna (tabela 1) dodate su feromagnetne čestice, proizvedenih u obliku cilindra prečnika 2 mm i dužine 15 mm. Kapacitet je stavljen u rotirajuće elektromagnetno polje. Dobijena smeša je tabletirana na sobnoj temperaturi i pritisku od 30 MPa. Tablete su stavljeni u kalup prethodno zagrejan na 523 K, i dalje zagrevale do 593-598 K i držali na ovoj temperaturi 10 min bez pritiska i 10 minuta pod pritiskom od 30 MPa. Za fiksiranje oblika proizvoda hladili smo pod pritiskom na temperaturi od 523 K i dalje gurali iz kalupa. Gotove delove smo podvrgli mašinskoj obradi, koja se uglavnom sastojala u čišćenju proizvoda - skidanje. Ako je potrebno, upotrebom različitih metoda obrade može se promeniti oblik proizvoda, i povećati dimenzionalna preciznost [5].

Tabela 1. Sastav kompozicije

Matrica	Sastav, masa %	Ispuna za ojačavanje	Sastav, masa %
Aromatični poliamid fenilon S-1	100	Organska vlakna fenilona	-
	95		5
	90		10
	85		15

Fizičke i mehaničke osobine : čvrstoća (σ_m) relativna deformacija (ϵ) i modul elastičnosti (E) pri pritisku određene su na uređaju SANS (prema GOST Kina GB/T 2569-1995) pri brzini naprezanja od 2 mm/min. Radni opseg brzine 0,05-500 mm/min. Za ispitivanje su korišćeni uzorci prečnika 10 mm i visine 12 mm. Istraživanje udarne žilavosti, mikrotvrdoće i gustine materijala izvedena je u skladu sa GOST 15139-69, GOST 4647-80 i GOST 9450-76.

Za određivanje termičkog koeficijenta linearnog širenja (CTE), dobijeni uzorci su testirani u skladu sa GOST 15173-70 on dilatometru DHK-5AM u temperaturnom opsegu 300-460 K. Broj uzoraka za ispitivanje svake serije materijala bio je najmanje deset. Srednje CTE - α (K^{-1}) istraživanog uzorka izračunato je pomoću formule:

$$\alpha = \frac{\Delta l_n + \Delta l_H}{l_0} \cdot \frac{1}{T_{i+1} - T_i} + \alpha^k,$$

Δl_n – razlika odstupanja strelice potencijometra po osi Y u intervalu temperature $T_{i+1}-T_i$, mm;

Δl_H - odstupanje od nule uređaja u intervalu temperature $T_{i+1}-T_i$, mm;

l_0 - dužina uzorka pri početnoj temperaturi $T=293$ K, mm;

α^k - CTE kvarcnog stakla u intervalu temperature $T_{i+1}-T_i$, K^{-1} .

Proces trenja bez podmazivanja vrši se na disk mašini trenja na sobnoj temperaturi. Kontratelo - čelični disk / čelik 45, termički obrađen na tvrdoću 45-48 HRC, hrapavost površine $Ra=0,32$ mm, brzina klizanja 0,1 m/s; specifično opterećenje od 0,6 MPa. Pre punjenja izvedena je ista obrada i prethodno bruniranje uzorka. Habanje uzoraka određivano je na analitičkoj vagi VLR-200 sa tačnošću od 0,0002 g.

3. Rezultati i diskusija

S obzirom na činjenicu da je mašinska obrada jedna od glavnih industrija, koja se koristi za obradu organske vlaknaste plastike - delove pokretnih jedinjenja. Od posebnog interesa je izučavanje fizičko -mehaničkih svojstava materijala pri istraživanju čvrstoće na pritisak , jer



ovaj faktor omogućava da se predvidi nosivost trenja jedinice , kompletirajućih delova od plastike ojačane vlaknima.

Tako, bilo je utvrđeno, da čak i mali sadržaj vlakana u kompozitu ove vrste dovodi do kvalitativno novih fizičko-mehaničkih i tehnoloških svojstava materijala, povećanje eksploatacionih karakteristika za građevinskih svrhe.

Uvođenje organskih vlakana u polimernu matricu od 5 do 15 mas. % omogućilo je proširenje opsega svojstava čvrstoće , odn. elastičnosti, zatezne čvrstoće, modula elastičnosti 1,35; 1.4; 1.7 puta, respektivno, u odnosu na osnovne pokazatelje fenilona (tabela 2).

Na osnovu rezultata istraživanja utvrđeno je, da se vrednost mikrotvrdoće bitno razlikovala od osnovne linije (tabela 2), to govori o konsolidaciji polimera i vlakna , blagi pad ukazuje na formiranje pora na granici razdvajanja polimer -vlakno, kada se primenjuje na veće količin e punioca.

Tablica 2. Svojstva fenilona i na osnovu organske plastike

Indikatori	Organska plastika sa sadržajem vlakana, masa %			
	0	5	10	15
Gustina, g/cm ³	1,35	1,3552	1,3568	1,3523
Mikro tvrdoća, MPa	289	303	301	295
Uticaj snaga kJ/m ²	32	43	39,6	36,8
Naprezanja u kompresiji, MPa	203,8	253,7	266,3	283,2
Modul elastičnosti, MPa	2500	3400	4300	4270
Poisson'ov koeficijent	0,21	0,27	0,28	0,26

Za tehnologije proizvodnje nove generacije materijala kao važan faktor javlja se gustina, pri postizanju smanjenja mase građevinskih mašina i mehanizama. Stoga, gustina dobijenih uzoraka je 6 i 6,5 puta manja, nego kod čelika i bronz, respektivno.

Za polimere se karakteriše slojevita supramolekularna organizacija. Ako su molekuli fleksibilni, to se oni mogu saviti u sferične čestice, tzv. globule, u tom slučaju oni imaju više povoljnije termodinamičke forme. Međusobni raspored pojedinih delova lanca makromolekula u takvom globulu, je po pravilu, nepravilno, obično i skoro svaki polimer koji je prikazan u okruglom obliku je u amorfnom stanju. Pošto fenilon ima globularnu strukturu i njegova sposobnost da formira složenije strukture je vrlo ograničena, verovatno je da ovo dovodi do nestabilne plastike. Međutim, pri uvođenju u polimernu matricu diskretnih organskih vlakana može da se utiče na strukturu i namerno da se regulišu svojstva PCM. Dobijeni rezultati fizičko-mehaničkih svojstava organske plastike pokazuje prisustvo više složenih uređaja makromolekula, od onog kod čiste plastike, što dovodi do postizanja boljih karakteristika čvrstoće.

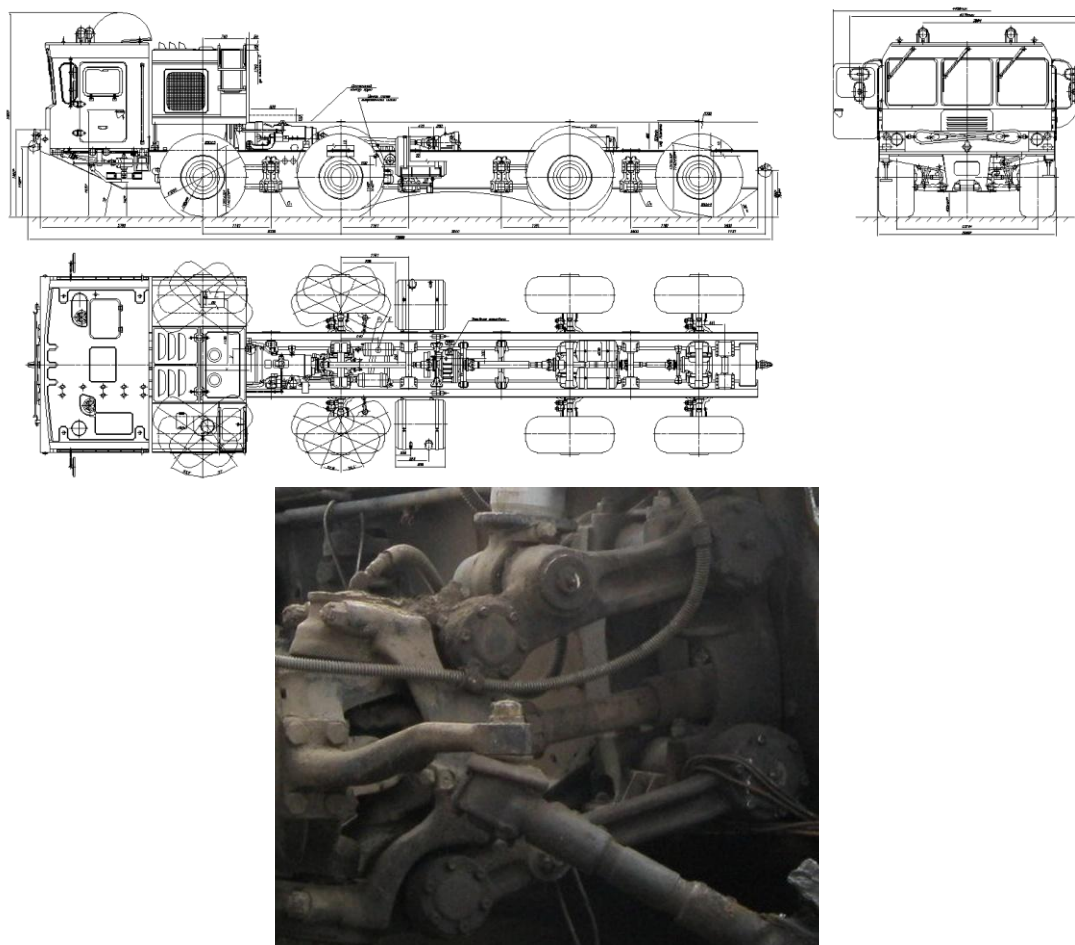
Osnovni zahtevi, koji se odnose na sve anti-frikcione materijale, treba da uključe mali koeficijent trenja i otpornost na habanje [7]. Posebna pažnja za vlaknasto-ispunjene polimere daje se termo-fizičkim karakteristikama. Temperatura, koja se razvoja u zoni trenja posebno u teško-opterećenim i visoko -temperaturnim jedinicama , temperatura iz nehomogenosti toplotnih prenosnika i termičkog širenja pojedinih komponenata neće samo doprineti neravnomernom habanju površine trenja, već i uništavanje površinskih slojeva materijala . Istraživanja triboloških svojstava pri trenju bez sredstva za podmazivanje je pokazalo , da sa

povećanjem sadržaja vlakna u organskoj plastici koeficijent trenja , habanje i pokazatelj termičkog koeficijent linearnog širenja (CTE) se dramatično smanjuje, dostižući minimalne vrednosti u intervalu od 5 do 10 mas. %. Organska plastika na osnovu fenilona prevashodno baznih polimera je do 2 puta otpornija na habanje uz istovremeno smanjenje koeficijenta trenja za 40%, a termički koeficijent linearnog širenja (CTE) do 2,2 puta.

Tabela 3. Uticaj sadržaja organskog vlakna na otpornost na habanje i CTE fenilona i na nosnovu organske plastike

Indikatori	Sadržaj vlakana, masa %			
	0	5	10	15
Intenzitet linearnog habanja, $I_h \cdot 10^{-8}$	2,95	1,75	1,5	1,62
Koeficijent trenja, f	0,52	0,24	0,21	0,23
Termalni koeficijent linearnog širenja, K^{-1}	16,4	8,1	7,6	7,9

Na osnovu dobijenih pozitivnih rezultata istraživanja, rukavac od organske plastike na bazi fenilona C-1 koji je proizveden metodom kompresionog presovanja i bio je postavljen kao suspenzija specijalnog točka šasijskog vojnog kamiona MZKT-79221, kao zamena bronzne za rad bez sredstava za podmazivanje (slika 1).



Slika 1. Suspenzija specijalnog točka šasijskog vojnog kamiona MZKT-79221

Godine 1992, na osnovu dobro pokazanog MAZ-7922, napravljen je prvi prototip šasijske MZKT-79221 (slika 3). Pri izradi šasijske MZKT-79221 primijenjena su nova tehnička rješenja, koja značajno poboljšavaju spremnost za obavljanje postavljenih borbenih zadataka u bilo kojim uslovima, kako bi se osigurala pokretljivost, tajnost akcija i vitalnost delova, jediničnim i individualnim lanserima, kao i pouzdanost upravljanja i autonomnog funkcionisanja u bilo kom trenutku u godini i danu na temperaturi od -40°C do $+50^{\circ}\text{C}$ [6].



Slika 2. Opšti pogled šasijske MZKT-79221

Principijelna razlika između šasijske MZKT-79221 od svojih prethodnika je veoma značajna. Ovde se koristi tip automobilskeg motora JMZ-847.10 (resurs do kapitalnog remonta 5000 h, potrošnja ulja - ne više od 0,3% od protoka goriva) umesto rezervoara (resurs pre remonta - 300 h, opšti resurs - 1500 h). U mašini je izmenjena ideologija postrojenja motorno-transmissionog odeljka. Instaliran je novi poboljšani GMP u sobstvenoj izradi. Takođe su projektovani i korišćeni uglavnom novi reduktori mostova, koji u predstavljaju i kućišta za prenos.

Hodni deo šasijske MZKT -79221, dizajniran za eksploataciju na svim vrstama puteva i terena , obuhvata šesnaest vodećih jedno -nagibnih točakova sa spoljnim gumama sa podesivim pritiskom. Varijacije i neravnine na putu, dodatno pored gume i suspenziju amortizuju fleksibilan okvir vozila, koji ima mogućnost da se predvidljivo deformiše . Montaža opreme (telo) na šasiji se obavlja u tri tačke. Ovo je originalna metoda, koja takođe omogućava da se "ugase" vibracije bez ugrožavanja čvrstoće vezivanja. Šasija je opremljena centralnim mikroprocesorskim sistemom kontrole, koji kontroliše 20 parametara - stanje motora, hodnih delova itd. Šasija MZKT-79221 je prošla testove prihvatljivosti sa pozitivnom ocenom i preporučena je od strane Komisije za serijsku proizvodnju i usvajanje naoružanja. Međutim,



rezultati testova otkrili nedostatke kad šasije, habanje bronzanih čaura u suspenziji specijalne točkaste šasije vojnog kamiona MZKT-79221.

Instaliranje kertridža sa organskom plastikom u mobilnim zglobovima traktora omogućila je rešenje za ovaj problem. U toku sprovedenih klupih i drumskih tsetova (pređeni put je iznosio više od 2200 km), nije pronađen zazor između osovine i rukava, u analogiji on je variran od 0,1 do 0,4 mm, što ukazuje da ekonomski i ergonomski povoljna implementacija proizvoda iz organske plastike za rad u jedinicama trenja.

4. Zaključci

Na osnovu rezultata sprovedenih istraživanja dobijeni su novi kompozitni samoarmirajući materijali sa pokazateljima fizičko -mehaničkih svojstava koji imaju superiorniji ishod fenilona na udarnu čvrstoću, zateznu čvrstoću, modul elastičnosti od 1,35; 1,4 i 1,7 puta veći, respektivno. Za ove podatke organska plastika je sposobna da radi pri visokim temperaturama u jedinici trenja, a po eksperimentalnim podacima je ustanovljeno, da oni stvaraju bazni polimer otporniji na habanje 2 puta uz smanjenje koeficijenta trenja za 40%, termičkog koeficijenta linearnog širenja za 2,2 puta.

Na osnovu pozitivnih rezultata eksperimenta izvedena su potpuna ispitivanja samoarmiranih organo-plastika čaure pokretnih zglobova vojnog kamiona MZKT-79221, u toku kojih nisu pronađena odstupanja od normalnog rada.

Literatura

- [1] Oliveux G., Dandy L.O., Leeke G.A. Current status of recycling of fibre reinforced polymers: Review of technologies, reuse and resulting properties // Progress in Materials Science. 2015. Vol. 72. P. 61–99.
- [2] Каблов Е.Н. Композиты: сегодня и завтра // Металлы Евразии. 2015. №1. С. 36–39.
- [3] Karger-Kocsis J., Barany T. Single-polymer composites (SPCs): Status and future trends // Composite Science and Technology. 2014. Vol. 92. P. 77–94.
- [4] Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. 2-е изд. СПб.: НОТ, 2010. 822 с.
- [5] Астанин В. В.: Деформирование и разрушение гибридных композиционных материалов при ударе / В. В. Астанин, А. А. Щегель // Проблемы прочности. - 2011. - № 6. - С. 40-57.
- [6] Web strana: <http://xn-7sbb5ahj4aiadq2m.xn p1ai/guide/army/tr/mzkt7922..shtml>.
- [7] Kindrachuk, M.V., Dushek, Yu.Ya., Luchka, M.V. The local character of the stress-strained state of a composite loaded by friction forces (1994) Poroshkovaya Metallurgiya, (9-10), pp. 56-61.