

JASMINA DOSTANIĆ
MIHELA BARBU
RADMILA
JANČIĆ-HEINEMANN
TATJANA VOLKOV-HUSOVIĆ
GORDANA UŠĆUMLIĆ
DUŠAN MIJIN

Tehnološko-metalurški fakultet,
Univerzitet u Beogradu,
Beograd, Srbija i Crna Gora

NAUČNI RAD

621.039.54+66.017:771.537.3

KORIŠĆENJE ANALIZE SLIKE ZA UTVRĐIVANJE INTERAKCIJE 1,3,5- TRISUPSTITUISANIH IZOCIJANURATA SA OKSIDANSOM I RAZLIČITIM VEZIVIMA U KOMPOZITNIM GORIVIMA

Kompozitna goriva se mogu posmatrati kao kompozitni materijali koji sadrže kristalni oksidans, polimernu matricu i metalnu komponentu. Jačina interakcije između oksidansa i polimerne matrice određuje mehanička svojstva kompozitnih materijala. Da bi se dobila dobra mehanička svojstva goriva, u materijale se dodaje "bonding" agens, koji obezbeđuje dobru interakciju između polimerne matrice i oksidansa. Predmet ovog rada je utvrđivanje uslova pripreme uzoraka kompozitnih goriva za snimanje njihove morfološke strukture pomoću stereomikroskopa i digitalne kamere. Dobijeni snimci su analizirani korišćenjem programa za analizu slika i ukazuju na različito ponašanje uzoraka u zavisnosti od korišćenih komponenata.

OSNOVNA SVOJSTVA KOMPOZITNIH GORIVA

Čvrsta raketna goriva mogu biti homogena i heterogena. Homogena se sastoje iz tečnog eksploziva (najčešće nitroglicerina) i nitroceluloze, dok se heterogena kompozitna goriva sastoje iz tri osnovne komponente

- Polimera, koji služi kao vezivo i kao izvor gasa,
- Čvrstog oksidansa, koji se koristi kao punilac i može doprineti stvaranju gasova,
- Metalne komponente, koja predstavlja osnovni izvor termičke energije.

Sa stanovišta energetskog potencijala najbolja veziva su ugljovodonična jedinjenja tipa polibutadiena i polipropilenglikola, najbolji punioci su neorganski oksidansi tipa amonijum perhlorata, a od metalnih komponenti najbolji je aluminijum.

Kompozitna goriva zahtevaju određene interakcije između polimera i punioca, da ne bi došlo do izdvajanja čestica punioca. Ukoliko bi interakcije bile slabe, došlo bi do brzog sagorevanja goriva i stvaranja visokog pritiska u motoru rakete. Drugi problem je stvaranje pukotina što dovodi do detonacije pri sagorevanju. Da bi se poboljšale interakcije između polimera i punioca, dodaju se vezujući agensi, takozvani "bonding" agensi, tipa 1,3,5-trisupstituisani izocijanurati [1].

Tokom sagorevanja kompozitna goriva moraju proizvoditi vrele gasove, koji usled ekspanzije stvaraju pritisak u mlaznici. Uloga polimera i oksidansa u kompozitnim gorivima je proizvodnja vrelih gasova, koji usled ekspanzije stvaraju pritisak u mlaznici, a potrebno je da smesa oksidans-metalna komponenta emituje dovoljnu količinu energije neophodnu za sagorevanje goriva [2,3].

Kompozit je potrebno da ima sledeća svojstva:

Adresa autora: R.Jančić-Heinemann, Katedra za konstrukcione i specijalne materijale, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegi-jeva 4, Beograd, Srbija i Crna Gora

E-mail: radica@tmf.bg.ac.yu

Rad primljen: Oktobar 20, 2006

Rad prihvaćen: Mart 23, 2006

- Visoke energetske osobine, definisane specifičnim impulsom (odnos potiska raketnog goriva i potrošnje goriva u jedinici vremena);
 - Povećanu gustinu, koja obezbeđuje povećanu težinu punjenja raketnog goriva;
 - Mehanička svojstva koje omogućavaju da gorivo izdrži naprezanja kojima je izloženo za vreme skladištenja i eksploatacije;
 - Dobru hemijsku stabilnost;
 - Laku i prihvatljivu tehnologiju obrade.
- Domet raketnog goriva direktno zavisi od specifičnog impulsa (IC)

$$IC = K \cdot (T_C/M)^{1/2}$$

T_C – Temperatura sagorevanja u komori

M – Srednja molarna masa izduvnih gasova

Specifični impuls može se povećati na sledeći način

- povećanjem sadržaja oksidansa,
- dodatkom metala u prahu,
- korišćenjem veziva koje sadrži kiseonik, čime se i sadržaj oksidansa smanjuje.

VEZIVA U KOMPOZITNIM GORIVIMA

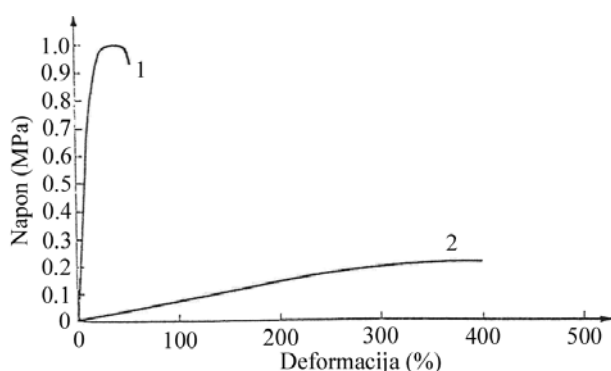
Vezivo čini polimer sa završnim funkcionalnim grupama. Poprečno vezivanje makromolekulskih lanaca se postiže uz pomoć umrežavajućeg agensa i tako se obezbeđuju potrebna mehanička svojstva kompozitnog goriva, na svim temperaturama eksploatacije.

Polimer mora da ima sledeće specifična svojstva:

- Što veću fluidnost na temperaturi homogenizacije, što znači da polimer mora imati molarnu masu između 500–10000 kg/mol,
- Što manji napon pare, da bi se izbeglo stvaranje pukotina u gorivu pri livenju pod vakuumom,
- Što nižu temperaturu umrežavanja,
- Da se tokom procesa očvršćavanja ne oslobađaju gasoviti produkti,
- Hemijsku kompatibilnost sa oksidirajućim sredstvom.

Tokom vremena eksploatacije raketno gorivo je izloženo termičkim opterećenjima što dovodi do pojave deformacija, jer je termički koeficijent ekspanzije kompozitnih goriva oko deset puta veći od termičkog koeficijenta ekspanzije metala ili drugih kompozitnih materijala koji se koriste za pravljenje rezervoara. Pri paljenju raketno gorivo je podvrgnuto dodatnom opterećenju usled deformacije rezervoara pod dejstvom pritiska. Da bi kompozitno gorivo moglo da izdrži ova opterećenja bez raspadanja, trebalo bi da poseduje viskoelastične osobine. Ova svojstva kompozitnom gorivu daje vezivo, koje mora da bude odličan elastomer [4,5].

Na slici 1 je prikazano poređenje zatezne čvrstoće polimera i zatezne čvrstoće kompozitnog goriva polibutadien-AP-Al sa udelom čvrstog punioca od 88 vol%.

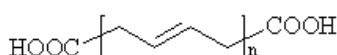


Slika 1. Kriva zavisnosti zatezanje-deformacija, kompozitno gorivo (1), polimer (2)

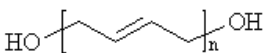
Figure 1. Strength-deformation curve, composite propellant (1), polymer (2)

U radu su korišćena dva tipa osnovnih veziva

1. veziva na bazi polibutadiena
– karboksni terminirani polibutadien



- hidroksi terminirani polibutadien



2. veziva na bazi polipropilenglikola



Umrežavajući agens

Umrežavajući agens je polifunkcionalan molekul, niske molarne mase. Nakon reakcija adicije između polimera i umreženog agensa, dobija se trodimenzionalna struktura, a polimer dobija svojstva vulkanizovanog elastomera. Umrežavanje mora da osigura prelaz polimera u

čvrsto stanje kroz hemijske reakcije koje moraju da ispu-
ne sledeće kriterijume:

- Reakcije umrežavanja moraju biti reakcije poli-
adicije. Ukoliko bi to bile reakcije eliminacije došlo bi do
izdvajanja manje ili veće količine isparljivih produkata,
što bi dovelo do stvaranja pukotina ili "mehurića" u um-
reženoj masi.

- Reakcije poliadicije moraju imati tačno određeno
vreme trajanja. Temperatura umrežavanja ne sme biti su-
više visoka, da ne bi došlo do mehaničkog opterećenja
u kompozitnim gorivima.

- Reakcije moraju biti adijabatske ili slabo egzoter-
mne, da ne bi došlo do oslobađanja toplote i povećanja
temperature unutar materijala, što dovodi do stvaranja
pukotina i samopaljenja goriva [6].

Pri odabiru umrežavajućeg agensa, veoma je bitno
da reaktivnost njegovih funkcionalnih grupa bude uskla-
đena sa reaktivnošću polimera.

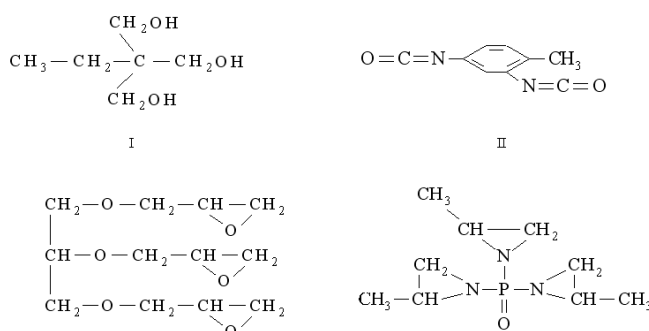
U tabeli 1 su prikazani umrežavajući sistemi za od-
govarajuće polimere.

Tabela 1. Umrežavajući sistemi za polimere

Table 1. Netting systems for polymers

Vrsta polimera	Umrežavajući sistem	Nastale veze
Hidroksi (polibuta- dien, poliestar, polioksipropilen)	Triol + diizocijanat (TMP+TDI)	Uretanske
Karboksi (polibutadien, poliestar)	1. Poliepoksid (Epon 812) 2. Poliaziridin (MAPO)	1. Alkohol-estar 2. Estar-amin

Na slici 2 su prikazane strukturne formule najvažni-
jih umrežavajućih agenasa.

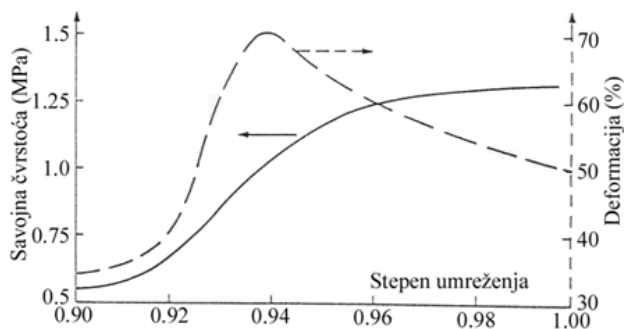


Slika 2. Struktura TMP-trimetilopropana (I), TDI-toluen diizocija-
nat (II), Epon 812 (III) i MAPO-trimetilaziridinil fosfin oksida (IV)

Figure 2. Structure of TMP-trimethylpropane (I), TDI-toluene
diisocyanate (II), Epon 812 (III) i MAPO-trimethylaziridinyl phos-
phine oxide

Uticaj umrežavajućeg agensa na mehanička svojstva

Na slici 3 je prikazan uticaj procenta umrežavaju-
ćeg agensa na mehanička svojstva polibutadien-AP-Al-
kompozitnog goriva. Zapaža se da ispod određenog



Slika 3. Uticaj stepena oštećena na mehaničke osobine CTPB kompozitnog goriva

Figure 3. Influence of the degree of netting on the mechanical properties of CTPB composite propellants

nivoa umrežavanja (u ovom slučaju ispod 0,94) kompozitno gorivo nije dovoljno umreženo. Iznad ovog nivoa dolazi do povećanja maksimalne vrednosti napona i deformacije, što je i uobičajeno ponašanje kompozita.

VEZUJUĆI AGENSI ("BONDING" AGENSI)

"Bonding" agensi poboljšavaju fizička i hemijska svojstva polimera, koji okružuje oksidans, tako što "vlaže" površinu čvrstih komponenti i smanjuju separaciju između polimera i punioca. "Bonding" agensi stvaraju primarne i sekundarne veze sa oksidansom i primarne veze sa polimerom [7].

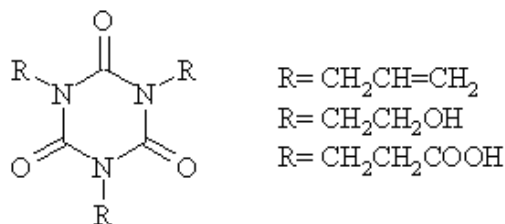
"Bonding" agens je potrebno da zadovolji sledeće kriterijume

- Da bude efikasan i u vrlo malim količinama (manje od 1%),
- Da poseduje sposobnost vezivanja za čvrst punilac (generalno za oksidans, zato što je on zastupljen u najvećoj količini),
- Da poseduje sposobnost sjedinjavanja sa polimerom,
- Da poboljša mehanička svojstva polimera,
- Da bude hemijski i termički stabilan.

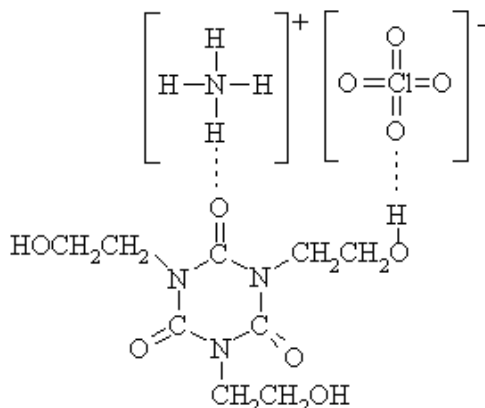
Jedini univerzalni "bonding" agensi su polisupstituisani izocijanurati, koji povećavaju stabilnost goriva (izbacuju rastvorljive metalne nečistoće) i postižu veći stepen punjenja.

Na slici 5 su prikazane interakcije između oksidansa i "bonding" agensa.

Selekcija funkcionalnih grupa se vrši prema polimeru sa kojim agens mora hemijski da reaguje.



Slika 4. Struktura 1,3,5-trisupstituisanih izocijanurata
Figure 4. Structure of 1,3,5-trisubstituted isocyanurates



Slika 5. Interakcija "bonding" agensa i oksidansa

Figure 5. Interactions between the bonding agent and oxidizer

OKSIDANSI

Karakteristike efikasnog oksidansa su:

- Sposobnost snabdevanja kiseonikom koji je neophodan za sagorevanje goriva uz maksimalnu toplotu sagorevanja,
- Maksimalna entalpija stvaranja,
- Maksimalna gustina,
- Zadovoljavajuća termička stabilnost,
- Dobra hemijska kompatibilnost sa drugim komponentama goriva sa ciljem da se izbegnu neželjene egzotermne reakcije,
- Postojanje različitih veličina čestica sa ciljem da se postigne visok nivo punjenja, kao i zahtevna brzina sagorevanja.

U ovom radu kao oksidans se koristi amonijum perhlorat. Perhlorati su bogati kiseonikom i omogućuju izradu jačih goriva. Zbog oslobađanja HCl, daju veoma korozivne produkte. Perhlorati amonijuma i kalijuma malo su rastvorni i manje higroskopni u poređenju sa ostalim oksidansima, čime se gorivu omogućuje duža stabilnost u suvim klimatskim uslovima.

METALNE KOMPONENTE

Aluminijum je univerzalna metalna komponenta kompozitnih goriva i nalazi se u praškastom stanju. Njegovim korišćenjem se postiže visok stepen punjenja.

Izbor odgovarajućeg punioca (oksidansa i metalne komponente) je kompromis između zahteva za ostvarenjem visoke temperature sagorevanja, niske molarne mase gasova sagorevanja, visoke gustine kompozitnog goriva i odgovarajuće brzine sagorevanja.

PRIPREMA I ISPITIVANJE UZORAKA KOMPOZITNIH GORIVA

Cilj eksperimentalnog rada je ispitivanje uticaja vrste bonding agensa i uslova pripreme na njihovu morfološku strukturu. Praćeno je kako se menja interakcija između amonijum perhlorata kao oksidansa i polimerne matrice u zavisnosti od korišćenog bonding agensa. Od

polimera su korišćeni polibutadien sa završnim hidroksilnim i karboksilnim grupama i polipropilenglikol. Eksperiment je rađen sa tri vrste bonding agenasa.

1. 1,3,5-tri-hidroksi izocijanurat (BA I)
2. 1,3,5-tri-ailil izocijanurat (BA II)
3. 1,3,5-tri-karboksi izocijanurat (BA III)

Pripremljeno je sedam uzoraka sa različitim vrstama bonding agenasa i polimera.

Problem vizualizacije kompozitnih materijala je uočavanje faza polimerne matrice i amonijum perhlorata, jer su obe faze bele. Dodavanjem male količine aktivnog uglja u polimernu matricu, ona postaje obojena i moguće je na slici razdvojiti polimernu matricu od amonijum perhlorata.

Uslovi pripreme i snimanja svih sedam uzorka su identični. Kod uzoraka 1, 3, 5, 6, 7 u "bonding" agens se dodaje malo aktivnog uglja radi obojenja, a zatim se vrši homogenizovanje u avanu sa tučkom. Uzorci 2 i 4 su pripremani bez dodavanja aktivnog uglja. U "bonding" agens se dodaje amonijum perhlorat i aluminijum, smeša se homogenizuje, a zatim prebacuje u vegeglas sa polimerom. Pripremljena kompozitna smesa se stavlja u sušnicu, gde uzorak stoji 48 sati na temperaturi od 60°C.

Maseni odnos amonijum perhlorata, "bonding" agenasa i polimera je 7:1:2.

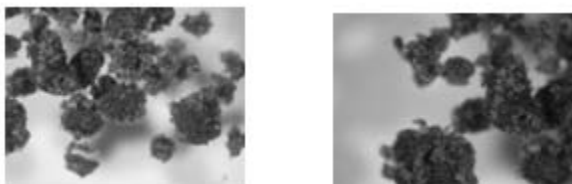
Da bi se smanjile pojave pukotina u uzorku i krunjenje prilikom sečenja, uzorci 6 i 7 su smešteni u staklenu cevčicu i dalje obrađivani po istom principu.

Svih sedam uzoraka je posmatrano na mikroskopu sa odbijenom svetlošću tipa Leica MZ6, dok je slikanje vršeno digitalnim fotoaparatom (Canon Power Shot S50), korišćenjem programa power shot.

Interakcije između polimerne matrice i amonijum perhlorata se ogledaju u načinu raspodele (ravnomerne raspodele) čestica amonijum perhlorata u polimernoj matrici. Na taj način analiza slike treba da posluži kao metod za karakterisanje dobijenih proizvoda, posto je to direktan način merenja i znatno jednostavniji, nego utvrđivanje interakcija metodom FTIR spektroskopije.

REZULTATI I DISKUSIJA

Uzorak broj 1 se sastoji iz amonijum perhlorata, obojenog hidroksi supstituisanog "bonding" agenasa i po-



Slika 6.1. Uzorak 1 (amonijum perhlorat, obojeni hidroksi supstituisani "bonding" agens i polimer tipa polibutadiena sa završnim hidroksilnim grupama)

Figure 6.1. Sample 1 (ammonium perchlorate, colored hydroxyl-substituted bonding agent and hydroxyl-terminated polybutadiene as polymer)

limera tipa polibutadiena sa završnim hidroksilnim grupama.

Uzorak broj 1 je čvrst, ali usled sečenja špatulom dolazi do krunjenja. Na slikama se samo delimično uočavaju dve faze. Za fazu koja je bele boje i manje zastupljena zaključeno je da je amonijum perhlorat.

Uzorak broj 2 se sastoji iz amonijum perhlorata, ailil supstituisanog "bonding" agenasa i polimera tipa polibutadiena sa završnim hidroksilnim grupama.

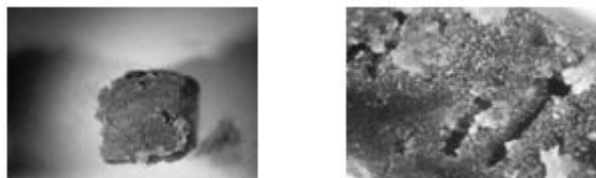


Slika 6.2. Uzorak 2 (amonijum perhlorat, ailil supstituisani "bonding" agens i polimer tipa polibutadiena sa završnim hidroksilnim grupama)

Figure 6.2. Sample 2 (ammonium perchlorate, allyl-substituted bonding agent and hydroxyl-terminated polybutadiene as polymer)

Uzorak broj 2 je "lepljiv" i zbog toga ga je teško seći špatulom. Na slikama se uočavaju dve faze različitih nijansi žute boje, ali se teško može uočiti granica razdvajanja.

Uzorak broj 3 se sastoji iz amonijum perhlorata, obojenog hidroksi supstituisanog "bonding" agenasa i polimera tipa polibutadiena sa završnim hidroksilnim grupama.



Slika 6.3. Uzorak 3 (amonijum perhlorat, obojeni hidroksi supstituisani "bonding" agens i polimer tipa polibutadiena sa završnim hidroksilnim grupama)

Figure 6.3. Sample 3 (ammonium perchlorate, colored hydroxyl-substituted bonding agent and hydroxyl-terminated polybutadiene as polymer)

Izdvajanje faza aglomerisanog amonijum perhlorata pri sečenju uzorka skalpelom je mnogo jasnije. Zaključeno je da se amonijum perhlorat neravnomerno raspoređuje sa polimerom.

Uzorak broj 4 se sastoji iz amonijum perhlorata, hidroksi supstituisanog "bonding" agenasa i polimera tipa polibutadiena sa završnim hidroksilnim grupama.

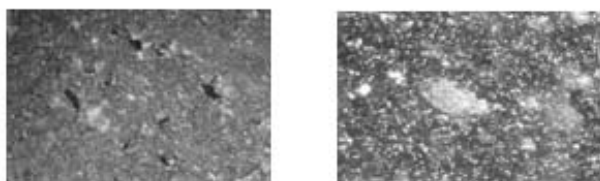
Uzorak broj 4 je oblikovan u kvadar, isečen špatulom i na poprečnom preseku se mogu uočiti dve faze različitih nijansi žute boje, ali nije moguće uočiti njihove granice izdvajanja.



Slika 6.4. Uzorak 4 (amonijum perhlorat, hidroksi supstituisani "bonding" agensa i polimer tipa polibutadiena sa završnim hidroksilnim grupama)

Figure 6.4. Sample 4 (ammonium perchlorate, hydroxyl-substituted bonding agent and hydroxyl-terminated polybutadiene as polymer)

Uzorak broj 5 se sastoji iz amonijum perhlorata, obojenog karboksij supstituisanog "bonding" agensa i polimera tipa polibutadiena sa završnim hidroksilnim grupama.



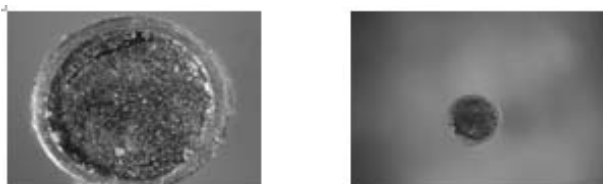
Slika 6.5. Uzorak 5 (amonijum perhlorat, obojeni karboksij supstituisani "bonding" agensa i polimer tipa polibutadiena sa završnim hidroksilnim grupama)

Figure 6.5. Sample 5 (ammonium perchlorate, colored carboxyl-substituted bonding agent and hydroxyl-terminated polybutadiene as polymer)

Uzorak broj 5 je isečen skalpelom i na slikama se mogu uočiti bele čestice amonijum perhlorata, koje su raspoređene po celoj fazi polimera. Uzorak i dalje ima veoma loša mehanička svojstva, zbog postojanja pukotina u njemu.

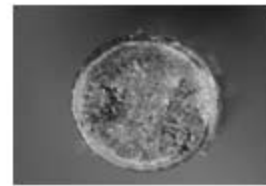
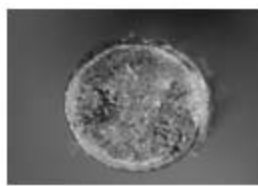
Uzorak broj 6 se sastoji iz amonijum perhlorata, obojenog karboksij supstituisanog "bonding" agensa i polimera tipa polipropilenglikola.

Uzorak broj 6 se nalazi u staklenoj cevčici. Na slici se jasno uočava razdvajanje bele boje što predstavlja amonijum perhlorat.



Slika 6.6. Uzorak 6 (amonijum perhlorat, obojeni karboksij supstituisani "bonding" agensa i polimer tipa polipropilen glikola)

Figure 6.6. Sample 6 (ammonium perchlorate, colored carboxyl-substituted bonding agent and polypropylene glycol as polymer)



Slika 6.7. Uzorak 7 (amonijum perhlorat, obojeni hidroksi supstituisani "bonding" agensa i polimera tipa polibutadiena sa završnim karboksilnim grupama)

Figure 6.7. Sample 7 (ammonium perchlorate, colored hydroxyl-substituted bonding agent and carboxyl-terminated polybutadiene as polymer)

Uzorak broj 7 se sastoji iz amonijum perhlorata, obojenog hidroksi supstituisanog "bonding" agensa i polimera tipa polibutadiena sa završnim karboksilnim grupama.

Uzorak broj 7 se takođe nalazi u staklenoj cevčici i kod ovog uzorka je slabije izraženo izdvajanje faza.

ZAKLJUČAK

Upoređena je morfološka struktura tri različita sastava kompozitnih goriva pri čemu je variran bonding agens: 1,3,5 tri-alil izocijanurat, 1,3,5-tri-hidroksi izocijanurat i 1,3,5-tri-karboksij izocijanurat. Uzorci su pripremani u laboratorijskim uslovima i pripremani za snimanje optičkim mikroskopom kako bi se utvrdila homogenost raspodele punioca amonijum-perhlorata u polimernoj matrici i uticaj na mogućnost rukovanja kompozitom. Kao polimer je korišćen polibutadien sa završnim hidroksilnim i karboksilnim grupama i polipropilen glikol.

Korišćenjem 1,3,5 tri-alil izocijanurata kao "bonding" agensa dobijaju se uzorci koji prijanjaju za alat koji se koristi za sečenje, pa otežavaju pripremu uzoraka za analizu slike. Isti problem se pojavljuje i pri rukovanju ovakvim kompozitom u eksploatacionim uslovima. Osim toga zbog nepovoljnih reoloških svojstava polimera dolazi do aglomerisanja čestica amonijum perhlorata, što ima za posledicu loše sagorevanje i loša mehanička svojstva.

Korišćenje 1,3,5-tri-hidroksi izocijanurata dovodi do aglomeracije amonijum perhlorata, odnosno do njegovog slabog mešanja sa polimernom matricom. Njegovim korišćenjem dobijaju se uzorci, koji prijanjaju za alat koji se koristi za sečenje, pa otežavaju pripremu uzoraka za analizu slike kao i kasnije rukovanje u eksploatacionim uslovima. 1,3,5-tri-hidroksi izocijanurati nisu pogodni za korišćenje kao "bonding" agensi, sa amonijum perhloratom kao oksidansom i polimerom polibutadien-skog tipa.

Ako se kao "bonding" agens koristi 1,3,5-tri-karboksij izocijanurat, čestice amonijum perhlorata će biti ravnomerno raspoređene u polimernoj matrici. Ovo može dati povoljnija mehanička svojstva kao i olakšati kasnije rukovanje kompozitom u eksploataciji. U kompozitu su prilikom snimanja uočene pukotine što bi dovelo do lo-

ših mehaničkih svojstava, ali bi se pripremom uzoraka ovaj nedostatak mogao otkloniti.

Pošto je očigledno da reološka svojstva polimera utiču u velikoj meri na mogućnosti pripreme uzoraka i meštanje sa puniocem potrebno je i ove parametre uključiti u ispitivanja uslova pripreme kompozitnih goriva.

ZAHVALNICA

Rezultati prezentovani u ovom radu predstavljaju deo istraživačkog projekta TR6717 finansiranog od strane Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine.

LITERATURA

- [1] Pogue, G.B., Pacanowsky, E.J., Some recent developments in solid propellant gas generator technology. AIAA 79-1327, AIAA/SEA/ASME 15 th Propulsion Conference, 1979.
- [2] Beckstead, M.W., Modeling calculations for HMX composite propellants AIAA 80-1167, AIAA/SEA/ASME 16 th Propulsion Conference, 1980.
- [3] Brunet, J., Detonation critical diameter of modern solid rocket propellants. ADPA Joint International Symposium on Compatibility, New Orleans, 1988
- [4] Raynal, S., Doriath, G., New functional prepolymers for high burningrate solid propellants. AIAA 86-1594, AIAA/SEA/ASME 22nd Propulsion Conference, 1986
- [5] Friendlander, M., Jordam, F.W., Radial variation of burning rate in center perforated grains. AIAA 84-1442, AIAA/SEA/ASME 20th. Propulsion Conference, 1984.
- [6] Flory, P.J., Principles of Polymer Chemistry, Cornell University Press, Ithaca, 1953
- [7] Oberth, A.E., Brunner, R.S., Bonding agents for polyurethane. United states Patent, 4 000 023, 28-12-76

SUMMARY

THE USE OF IMAGE ANALYSIS FOR THE INTERACTION OF 1,3,5-TRISUBSTITUTED ISOCYANURATES WITH OXIDIZER AND DIFFERENT BINDERS IN COMPOSITE MATERIALS

(Scientific paper)

Jasmina Dostanić, Mihaela Barbu, Radmila Jančić-Heinemann, Tatjana Volkov Husović, Gordana Ušćumlić, Dušan Mijin
Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia and Montenegro

Composite propellants are non-homogenous propellants and comprise primarily crystalline oxidizer and metal fuels uniformly suspended in a resin binder. The strength of the bonds between the polymer matrix and the oxidizer determine the mechanical properties of composite propellants. In order to achieve good mechanical properties of the fuel, bonding agents are added to the mixture. The role of the bonding agents is to enable good interactions (interphase) between the polymer matrix and the oxidizer grains. The level of interconnection between the phases could be measured by using the surface obtained by cutting the composite material and observing the resulting surface.

A problem in the visualization of such a material is to enable the visibility of the polymer matrix and the grains in the image as both phases are white. There are two possible ways to overcome this problem: to add a pigment into the matrix polymer and to color the matrix and make it different from the grain color. Another possibility is to find a solvent for one of the phases and to dissolve one of the phases in an appropriate solvent so that the remaining phase could be stained, photographed and analyzed using the image analysis program. The morphological characteristics of the image could be established and analyzed.

The topic of this study was to establish the conditions of preparation of composite propellants containing ammonium perchlorate and HMX and RDX as oxidizers, and polymer of the polybutadiene type and 1,3,5-trisubstituted isocyanurates as bonding agents. The bonding phenomenon was investigated by optical microscopy. The established procedure of preparation will enable the visualization of the composite structure and the morphological characteristics of the surface will be obtained. From the morphological properties of the obtained composite, it will be possible to select a suitable polymer for the preparation of uniformly distributed composite propellant.

Key words: Composite propellants
• Image analysis • Bonding agent
• Polymer binder •

Ključne reči: Kompozitna goriva •
Analiza slike • Bonding agents •
Polimerna matrica •