

Termički otporni premazi - karakterizacija i primena

Bratislav Milošević, dipl.inž.¹⁾
Dr Miodrag Stojanović, dipl.inž.¹⁾

Prikazane su termičke osobine organskih premaza sa aspekta otpornosti prema visokim temperaturama i zaštitne sposobnosti podloge na koju se nanosi. Opisani su osnovni principi formulisanja, primena i metodi karakterizacije. Posebno je analizirana klasa intumescentnih premaza. Prikazana je metoda ispitivanja termoizolacionih svojstava, formulacija i rezultati ispitivanja laboratorijskih uzoraka 4 varijante intumescentnih premaza. Dati su predlozi za budući rad u metodologiji ispitivanja razvoja ovih materijala.

Ključne reči: Premazi, termička otpornost, formulacija premaznih materijala, intumescencija, ispitivanje premaza.

Uvod

PONAŠANJE materijala u interakciji sa okolinom povišene temperature, zavisi od njihovog hemijskog sastava i geometrijskih oblika u kojima se nalaze. Premazi, po prirodi namene, prvi dolaze u kontakt sa uticajima okoline. Slično atmosferskim uticajima, uticaj toplote može da se posmatra sa eksploatacionog i funkcionalnog aspekta, odnosno može da se analizira koliko je štetno delovanje toplote na sam premaz, ili kolika je uloga premaza u zaštiti podloge na koju je nanesen od štetnog delovanja toplote.

Veživne komponente, smole, koje čine osnovu premaza najčešće su zapaljive, i termički nestabilne u fizičkom i hemijskom pogledu. Forma u kojoj se dve dimenzije mere metrima, a treća, debljina, mikrometrima, može da se smatra krajnje nepovoljnom u razmatranju delovanja termičkih fenomena, jer se prenos toplote vrši baš u pravcu te najmanje dimenzije.

Fizički i hemijski fenomeni koji se odvijaju pod dejstvom toplote (kondukcija, konvekcija, hemijske reakcije, gorenje i dr.) su složeni, pa se ponašanje premaza u takvim eksploatacionim uslovima mora posmatrati odvojeno, sa aspekta uticaja jednog ili više faktora koji su bitni za određenu namenu premaza.

Termičko ponašanje premaza

Ponašanje premaza na povišenim temperaturama zavisi od njegovog sastava i debljine, temperature okoline, vrste podloge na koju je nanesen i medijuma sa kojim je u direktnom kontaktu. Ponašanje premaza može da se analizira u zavisnosti od tražene funkcije, koje se najčešće svode na:

- otpornost premaza na povišene temperature,
- nezapaljivost i samogasivost,
- neotrovnost pri gorenju,
- termoizolacija.

Otpornost premaza prema povišenim temperaturama

Otpornost premaza prema povišenim temperaturama je

karakteristika koja je kod organskog premaza nužna zbog očuvanja fizičko-hemijskih i dekorativnih osobina u dužem vremenskom periodu. Postiže se izborom sirovina, pre svega vezivne komponente, uzimajući pri tome u obzir maksimalnu temperaturu u eksploatacionim uslovima, vreme njenog delovanja, učestalost i brzinu promena i sl. Istovremeno u zavisnosti od strogosti zahteva, čine se ustupci na račun dekorativnih i drugih karakteristika. Gornja granica temperature u eksploatacionim uslovima je osnovni faktor u formulisanju sastava.

U klasi premaza otpornih na temperature do 150°C, gotovo da nema potrebe da se menjaju recepture u odnosu na konvencionalne premaze. Dovoljno je da se izabere vezivna komponenta veće elastičnosti i jačih primarnih hemijskih veza u okviru makromolekula iste klase, odnosno pigmenti koji nisu podložni promeni nijanse. Premazi su uglavnom na osnovi uretanskih, modifikovanih alkidnih, akrilnih, karbamidnih, melaminskih, vinilnih i drugih smola, a primenjuju se najčešće za bojenje radijatora i drugih grejnih tela, aparata za domaćinstvo, industrijske opreme i sl.

Karakterizacija ove klase premaza zasniva se na ispitivanju fizičko-mehaničkih osobina (elastičnost, tvrdoća, prijanjanje) pre i posle izlaganja uticaju povišene temperature u laboratorijskim uslovima, bira se temperatura i vreme njenog delovanja zavisno od eksploatacionih uslova.

Ako se radi o ispitivanju premaza u razvoju, vreme ispitivanja treba što više da se približi vremenu ispitivanja u realnim uslovima. Nasuprot tome, vreme izlaganja pri verifikacionim ispitivanjima, iz praktičnih razloga, mora da bude kraće, a metoda ocene mora da se zasniva na rezultatima prethodnih razvojnih ispitivanja. To znači, da prethodno mora da se utvrdi zavisnost promene fizičko-mehaničkih osobina od vremena izlaganja, a posle se u zahtevu propisuje nivo kvaliteta koji odgovara izabranom vremenu izlaganja.

U klasi premaza za temperature do 300°C, već se javlja problem prilikom formulisanja sastava. Za ovaj raspon

¹⁾ Vojnotehnički institut VJ, 11000 Beograd, Katanićeva 15

temperatura, vezivna komponenta mora pažljivo da se odabere unutar nekoliko tipova, pre svega silikonskih, fenolnih i njihovih kombinacija sa alkidnim, uretanskim i imidnim smolama. Izbor pigmentata i punioca ograničen je na one koji dobro emituju toplotno zračenje, čime se postiže lakše oslobađanje viška toplote.

Isti princip naveden za prethodnu klasu važi za metode karakterizacije. Podaci o termičkim osobinama pojedinih komponenti (npr. zavisnost mehaničkih osobina smole od temperature, koeficijenti emisije, refleksije itd.) uglavnom nisu literaturno dostupni, a i kad jesu, ne postoje teorijski modeli kojima bi se proračunao njihov međusobni odnos i udeo u kompoziciji premaza, pa konačna ocena o termootpornosti materijala može da se donese samo uporednim ispitivanjima premaza nakon izlaganja odabranim uslovima, kako je već opisano.

Za klasu premaza za temperature više do 300°C, vezivna komponenta na bazi silikonskih smola (modifikovane, odnosno kopolimerizovane ili potpuno čiste) predstavlja jedino rešenje. Optimalnim udelom ove komponente u recepturi i dobro izbalansiranim odnosom odabranih punilaca, može da se postigne otpornost prema temperaturama do 600°C, uz očuvanje mehaničkih i dekorativnih karakteristika premaza.

Konvencionalni metodi pigmentacije i dobijanje različitih nijansi kod ove klase premaza omogućeni su tek u poslednje vreme razvojem specijalnih kolor pigmentata otpornih na visoke temperature. Inače, obično se koriste aluminijumske paste, ili cink u prahu, koji na visokim temperaturama, pri malom udelu vezivne komponente (do 25%) stapanjem čestica formiraju kompaktnu suverastu strukturu unutar premaza, čime ga ojačavaju i, ako je premaz nanet direktno na metal, povećavaju adheziju.

Premaz na bazi recepture:

Komponenta	Udeo (jedinica mase)
silikonska smola (SR 112, General Electric Co, USA)	279
etil celuloza (rastvor 5,5%)	126.5
Mn - naftenat	2.3
razređivač (toluol, ksilol, Solveso 100)	178.2
Al pasta (N ^o 205, Alkoa, USA)	310
Ukupno	896.0

Premaz je izdržao dugotrajno izlaganje programiranim promenama temperature koje uključuju i temperaturu 650°C u trajanju 8h (od 24), posle čega su mehaničke i zaštitne osobine (otpornost na abraziju, slanu maglu itd.) ostale nepromenjene [1].

Kada se osim termootpornosti zahteva i zaštita od korozije, svi premazi koji čine sistem (pokrivni, međuslojni, osnovni) moraju da imaju isti nivo termičkih osobina. Za predloženi pokrivni premaz, osnovna boja bi mogla da ima sledeću recepturu:

Komponenta	Udeo (jedinica mase)
silikonska smola (SR 112, General Electric Co, USA)	462
cink u prahu	312
cink oksid	150
grafit	52
diatomejska zemlja	43
razređivač (toluol, ksilol, Solveso 100)	231
Ukupno	1250

Pri formulisanju sastava premaza za sistem koriste se isti principi kao i kod konvencionalnih premaza (pokrivnog prema okolini, a osnovnog prema podlozi).

Nezapaljivost premaza

Nezapaljivost (samogasivost) predstavlja karakteristiku koja opisuje ponašanje premaza u kontaktu sa otvorenim plamenom, pre svega onim koji se razvija pri požarima građevinskih konstrukcija, ali i u funkciji određenih sredstava kod kojih ovakav kontakt ne može da se izbegne (delovi raketnih sistema i sl.).

Termin "nezapaljivost" ne treba da se shvati doslovno, s obzirom na organsko poreklo vezivne komponente premaza. "Nezapaljivost" podrazumeva sposobnost premaza da se plamen koji ga zahvati ne prenosi dalje. Definiše se kao vreme (ili dužina u jednom pravcu prostiranja) posle kojeg premaz, posle uklanjanja dejstva plamena prestaje da gori.

Nezapaljivost, odnosno samogasivost je važna osobina konvencionalnih premaza koji se koriste za enterijere u građevinarstvu, industriji nameštaja i sl. Postiže se pravilnim izborom komponente najosetljivije na dejstvo plamena, smole. Kao rešenje se nameću klase smola koje su po hemijskom sastavu najmanje podložne oksidaciji. To su različiti polimeri i kopolimeri sa visokim sadržajem hlora.

Karakterizacija premaza vrši se jednostavnim postupcima njegovog izlaganja plamenu definisanih karakteristika i registrovanju vremena trajanja, odnosno dužine (u definisanom pravcu, npr. na gore) gorenja, nakon uklanjanja spoljašnjeg izvora plamena (sl.1). Ocena se vrši direktnim poređenjem sa izabranim referentnim materijalima za donji i gornji nivo nezapaljivosti (npr. azbestna ploča sa indeksom 0 i ploča od crvenog hrasta sa indeksom 100).



Slika 1. Jednostavna metoda ispitivanja samogasivosti premaza

Standardizovane laboratorijske metode merenja indeksa kiseonika se primenjuju na filmovima premaza odvojenim od podloge, a zasnivaju se na merenju udela kiseonika u smeši sa azotom pri kojem materijal prestaje da gori.

Neotrovnost produkata sagorevanja

Neotrovnost pri gorenju je vezana sa karakteristikom nezapaljivosti. Produkti sagorevanja su u direktnoj vezi sa sastavnim komponentama premaza, pa se pravilnim izborom formulacije postiže zadovoljavanje propisa koji važe za sve materijale koji se primenjuju u određenim oblastima, pre svega u konstrukcijama i enterijerima javnih zgrada i objekata.

Karakterizacija i ocena se vrši direktnim izlaganjem premaza plamenu u definisanim uslovima i merenjem količine i karakteristika dima koji se pri tome izdvaja.

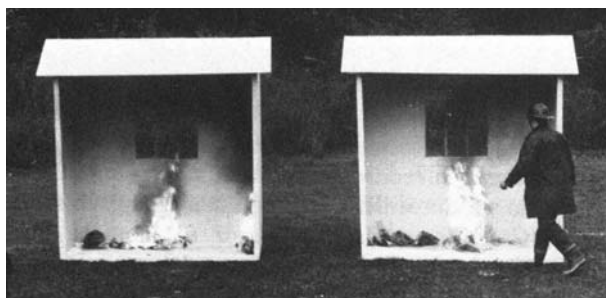
Termoizolacioni premazi

Najvažniju primenu ova vrsta premaza nalazi u industriji za termoizolaciju objekata. Iako je doprinos premaza u ukupnom smanjenju prenosa toplote minimalan, u nekim slučajevima može da bude od presudnog značaja u smanjenju temperaturnog gradijenta, naročito pri velikim brzinama prostiranja, požara, pri radu raketnog motora i sl.

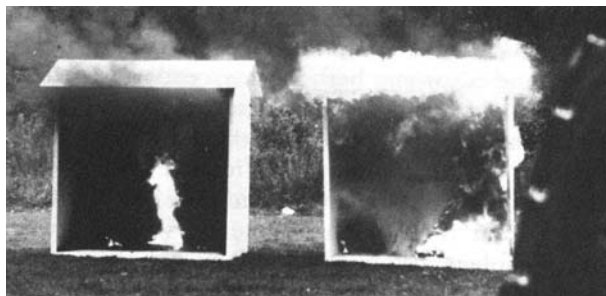
Kako je, osim spoljnih faktora (temperaturna razlika, brzina i tip strujanja, rastojanje od izvora toplote itd.), količina i brzina prenosa toplote funkcija fizičko-hemijskih karakteristika materijala, prvobitna rešenja u razvoju termoizolacionih premaza bazirana su na već opisanim termootpornim premazima ekstremno velikih debljina. Uvođenjem novih, strožijih bezbednosnih i konstrukcionih zahteva, javila se potreba za višim nivoom termoizolacije.

Početakom 70-ih godina, pojavili su se prvi patenti koji su opisivali formulacije premaznih materijala sa intumescentnim osobinama [2], odnosno svojstvom da u kontaktu sa plamenom bubre formirajući čvrstu termoizolacionu penu. Iako je hemijski sastav različitih intumescentnih premaza varirao, svi su se zasnivali na uvođenju u formulaciju smeše koja sadrži materiju koja se ugljeniše, materiju koja daje gasoviti produkt sagorevanja za formiranje pene i smolastu materiju koja učvršćuje formiranu ugljenisanu penu.

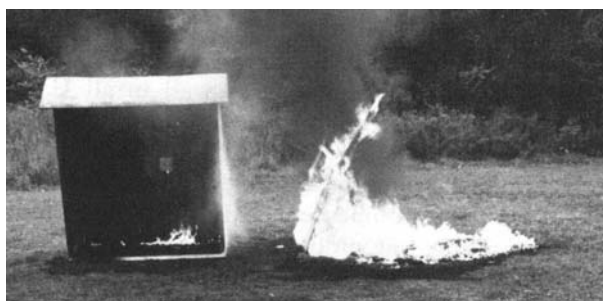
Kao materijal koji se pod uticajem toplote ugljeniše uglavnom se koristi pentaeritritol, kao katalizator ugljenisanja diamonijum fosfat, a kao izvor gasovitih produkata i vezivni materijal koriste se različite smole kao melaminformaldehidna, poliuretanska, poliamidna itd [3].



a)



b)



c)

Slika 2. Ispitivanje zaštitne moći intumescentnog premaza u realnim uslovima: a) početni stadijum gorenja drvene konstrukcije sa intumescentnim (levo) i konvencionalnim premazom (desno); b) nastavak gorenja; c) kraj eksperimenta

Intumescentna smeša dodata u premaz koji sadrži vezivnu komponentu na bazi alkidnih smola modifikovanih halogenovanim vinilkopolimerima sa termootpornim puniocima, pri dodiru sa otvorenim plamenom bubre povećavajući debljinu sloja i do 10 puta, a svojom penastom strukturom istovremeno maksimalno povećava izolaciona svojstva.

Na slikama 2 i 3 prikazano je zaštitno dejstvo intumescentnih premaza nanetih na površine građevinskih materijala osetljivih na dejstvo vatre (drvo, sintetski organski materijali itd.).



Slika 3. Izgled površine ugljenisanog premaza i podloge ispod njega (drvena podloga uokvirena na slici gotovo je netaknuta)

Tipična receptura intumescentnog premaza opisana US patentom 3.449.161 sadrži:

Pigment:

– titan – kalcijum

Punilac:

– diatomejska zemlja

– kalcijumkarbonat

Intumescentna smeša:

– fosforiltrianilid

– tripentaeritritol

– melamin

Vezivo:

– hlorirani alkid (MIL-R-2147)

Sušioci:

- Co-naftenat, Pb-naftenat

Razređivač:

- laki benzin

Premaz ovakvog sastava ispitivan je uporedo u odnosu na referentni premaz bez intumescentnih dodataka, metodom "Fire Retardancy of Paints, Cabinet Method" propisanom u ASTM D 1360-70. Ispitivanje se zasniva na izlaganju premaza plamenu u definisanim uslovima. Kvantitativna ocena daje se preko gubitka mase, ogorele površine, povećanja debljine sloja i izgleda premaza.

Eksperimentalni deo

Za potrebe razvoja termoizolacionih premaza u raketnoj tehnici, gde su potrebne preciznije definisane metode karakterizacije, *VTI VJ* je u saradnji sa firmom *CONSSECO* – Beograd, pokrenuo aktivnosti na definisanju metode ispitivanja koja bi dala egzaktne podatke relevantne u oceni premaza za ovu specifičnu primenu. Tu se pre svega misli na zavisnost temperaturnog gradijenta u sistemu premaz-podloga od vremena izlaganja.

Cilj prve faze je bio da se usvoji metoda određivanja kvaliteta premaza u navedenim specifičnim uslovima ispitivanja. S obzirom da je za realizaciju ove faze bilo neophodno posedovati i adekvatan ispitni uzorak, odnosno seriju uzoraka poznatog sastava, pristupilo se razvoju probnih uzoraka koji bi istovremeno bili osnova za budući razvoj intumescentnog premaznog materijala.

Radovi su obuhvatili sledeće aktivnosti:

- izradu početnih uzoraka na osnovu postojeće tehnologije radi utvrđivanja baznog sastava - vezivne smole i osnovnih punila i aditiva,
- eliminaciona ispitivanja početnih uzoraka, metodom propisanom postojećim standardima za samogasivost, i arbitrarnom procenom, termoizolacionog i intumescentnog potencijala,
- izbor sirovinske baze na osnovu eliminacionih ispitivanja i izrada nove serije uzoraka modifikovanjem polaznih receptura,
- izbor reprezentativne termičke karakteristike za klasu premaza u koju se, na osnovu sastava, mogu svrstati izrađeni uzorci,
- definisanje metode ispitivanja po odabranoj karakteristici,
- formiranje laboratorijske baze po definisanoj metodi,
- ispitivanje uzoraka,
- ocena metode ispitivanja i izbora recepture na osnovu dobijenih rezultata.

Početni uzorak izrađen je na osnovu recepture i tehnologije firme *CONSSECO* za komercijalni premaz na bazi hlorirane polivinilacetatne smole (PVA), sa sledećim fizičko-hemijskim karakteristikama:

1. viskoznost: 6.5 Pas/20°C,
2. gustina: 1,73 g/cm³,
3. pH vrednost: 7,5,
4. izgled filma: kompaktna,
5. razređivač - voda.

Početni 1. uzorak podvrgnut je ispitivanjima po metodi SNO 2680 "Ispitivanje samogasivosti premaza".

Metoda se zasniva na vizuelnom posmatranju načina sagorevanja premaza u zoni direktnog dejstva otvorenog plamena na površinu uzorka premaza i merenju dužine sagorelog dela.

Oprema i pribor:

- aluminijumska folija dimenzija 300 mm x 300 mm x 0,04 mm,
- špiritusna lampa sa mogućnošću podešavanja visine plamena na 30 mm,
- makaze, pinceta i traka milimetarskog papira dimenzija 150 mm x 10 mm.

Priprema uzoraka za ispitivanje:

Aluminijumska folija se odmastila u specijalnom benzinu i osuši u struji toplog vazduha. Ispitivani uzorak premaznog materijala se nanese na foliju u skladu sa standardom za kvalitet ispitivanog materijala. Posle sušenja premaza ivice folije se makazama obrežu i iz sredine se pažljivo (da se premaz ne ošteti) iseku tri pločice, ispitne epruvete, dimenzija 85 mm x 200 mm.

Postupak:

Plamen špiritusne lampe se podese na visinu približno 30 mm. Ispitna epruveta se uzme pincetom za uži kraj, a drugi se u vertikalnom položaju unese u sredinu plamena. Posle 10 sekundi, epruveta se iznese iz plamena. Posmatra se izgled premaza u zoni dejstva plamena i meri se dužina sagorelog dela.

Premaz zadovoljava uslov nezapaljivosti, ne gori i ne podržava gorenje, ako dužina sagorelog dela ne prelazi 100 mm. Dozvoljeno je da premaz u zoni dejstva plamena bude ugljenisan i da se odvaja od podloge.

Ispitivanje je rađeno na tri uzorka:

- uzorak 1 dužina sagorelog dela: 50 mm
- uzorak 2 dužina sagorelog dela: 60 mm
- uzorak 3 dužina sagorelog dela: 60 mm

Uzorak je zadovoljio zahteve SNO 2680 i pokazao tendenciju bubrenja pod dejstvom plamena, pa je usvojen kao baza za izradu nove serije uzoraka koja je dobijena modifikovanjem početnog sastava.

S obzirom na tendenciju bubrenja (intumescencije) početnog uzorka pod dejstvom plamena, kao reprezentativna osobina izabrano je provođenje toplote, čime je uzorak svrstan u klasu termoizolacionih premaza.

Provođenje toplote, kao mera termoizolacionih osobina materijala, zavisi od same fizičko-hemijske prirode materijala, dužine puta provođenja i razlike temperatura između krajnjih tačaka. Ako se obezbedi ista debljina merne epruvete i ista temperatura sa jedne strane (napadnute plamenom), onda će merenjem temperature na drugoj strani merne epruvete posle definisanog vremena, odnosno merenjem vremena za koje se postigne definisana temperatura na drugoj strani, biti egzaktno definisana termoizolaciona priroda materijala. Na ovom principu zasniva se metodologija ispitivanja primenjena u radu.

Modifikacija recepture početnog uzorka vršena je tako da su dobijene četiri varijante, prema sledećem:

Probni uzorak br. 1:

- vezivo (vodorastvorna akrilizirana PVA - modifikovana hlorom, natrijumkarboksimetil-celuloza)20%
- punila (kalcijum-karbonat, kvarcno brašno).....40%
- intumescentna sredstva (amonijum-polifosfat, natrijumlauril-sulfat, konzervans, pentaeritritol).....23%
- rastvarač (voda).....17 %

Probni uzorak br. 2:

- vezivo (vodorastvorna akrilizovana PVA - modifikovana hlorom, natrijumkarboksimetil-celuloza)19%
- punila (kalcijum karbonat, kvarcno brašno, bazalt) ...50%
- pomoćna sredstva (amonijum-polifosfat, natrijumlauril-sulfat, konzervans, pentaeritritol)22%

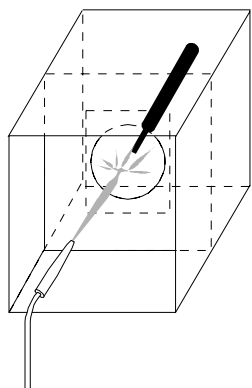
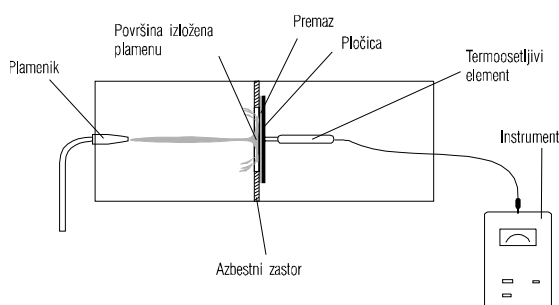
- rastvarač (voda) 9 %
- Probni uzorak 3:
- vezivo (vodorastvorna akrilizirana PVA - modifikovana hlorom, natrijumkarboksimetil-celuloza, karbamidna smola) 21%
- punila (kalcijum-karbonat, kvarcno brašno, bazalt) .. 50%
- intumescentna sredstva (amonijum-polifosfat, natrijumlauril-sulfat, konzervans, pentaeritritol) 22%
- rastvarač (voda) 7 %
- Probni uzorak 4:
- vezivo (vodorastvorna akrilizirana PVA - modifikovana hlorom, natrijumkarboksimetil-celuloza, karbamidna smola) 22%
- punila (kalcijum-karbonat, kvarcno brašno) 40%
- intumescentna sredstva (amonijum-polifosfat, natrijumlauril-sulfat, konzervans, pentaeritritol) 23%
- rastvarač (voda) 15 %

Dobijeni probni uzorci nanošeni su na pločice od hladnovaljane čelične trake, debljine 2 mm, pravougaonog oblika, dimenzija 10x15 cm prethodno zaštićene antikorozijskim sistemom premaza koji se sastojao od jednog sloja osnovne dvokomponentne boje u debljini cca 30 μm i jednog sloja epoksi dvokomponentne boje bele nijanse, trgovačkog kvaliteta, u debljini cca 30 μm . Premazi su nanošeni četkom, i sušeni u intervalima od 24 sata između pojedinih slojeva.

Merna oprema i aparatura sastojala se od:

- plamenik acetilenski, brener br. 3 pritisak boce sa kiseonikom 3 bara, pritisak boce sa acetilenom 0,5 bara, plamen sa viškom acetilena, dužine 300 mm, žute boje,
- azbestna ploča,
- kontaktni termometar opsega -60° do $+1150^{\circ}\text{C}$, sa termoparom Hromel – Alumel i
- držač uzorka.

Šema aparature data je sl.4.



Slika 4. Šema i izgled aparature

Rastojanje plamenika od površine uzorka iznosilo je 30 cm. Protok acetilena i kiseonika održavan je na stalnom nivou, čime je obezbeđen isti gradijent promene temperature tokom ispitivanja sa prednje strane uzorka. Mereno je vreme od početka izlaganja uzorka plamenu do postizanja temperature 400°C na zadnjoj strani čelične pločice. Nakon hlađenja uzorka, merena je debljina sloja premaza na površinama izloženim plamenu.

Rezultati ispitivanja i analiza

Tehnološke osobine

Svi uzorci premaza urađeni po datoj recepturi bili su u stanju guste mase tipa grube disperzije bez pojave odvajanja faza, taloženja čvrstih komponenata i stvaranja pokožice. Tokom stajanja dolazilo je do formiranja penaste strukture u masi uzorka.

Sva četiri uzorka imali su dobre reološke osobine tiksotropnog tipa. Nanošenjem četkom dobijao se ravnomeran premaz ujednačene debljine, ali velike hrapavosti koja je posledica veličine dispergovanih čestica.

Formiranje premaza

Naneta su 4 sloja premaza u razmaku od 24h ukupne debljine od $\approx 700 \mu\text{m}$, mereno mikrometarskim zavrtanjem. Premaz je bio suv posle 24 časa. Dobijeni premazi su bili velike hrapavosti, kruti i neujednačenog izgleda, ali ni kod jednog nije zapažena pojava pukotina, odvajanja od podloge, niti drugih defekata. Konvencionalna ispitivanja fizičko-mehaničkih osobina nisu bila moguća zbog hrapavosti i debljine premaza.

Otpornost na dejstvo otvorenog plamena i termoizolaciona svojstva

Svi probni uzorci pri izlaganju dejstvu otvorenog plamena opisanom metodom pokazala su potpunu nezapaljivost u trajanju dužem od 10 minuta. Izdvajale su se relativno male količine gasovitih produkata koje nisu ometale rad u laboratorijskim uslovima. Bubrenje premaza je bilo izraženo samo na površini izloženoj plamenu, sa povećanjem zapremine približno 2 puta, uz stvaranje čvrste pene.

Termoizolaciona svojstva određivana su merenjem vremena za koje temperatura na strani ispitne epruvete, koja nije izložena plamenu, dostigne 400°C . Rezultati su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati ispitivanja termoizolacionih svojstava probnih uzoraka

Uzorak	Vreme dostizanja temperature 400°C (s)
1	254
2	360
3	337
4	348
Bakarna pločica bez premaza	12

Uzorci 2-4 imaju znatno bolje osobine no uzorak br.1, što je posledica različitog hemijskog sastava. Dodatak bazalta (uzorci 2 i 3) i karbamidne smole (uzorci 3 i 4) poboljšali su termoizolaciona svojstva za $\approx 15 - 20\%$. Vremenski gradijent promene temperature nije egzaktno meren, no pri ispitivanju je primećeno da, kod ovih uzoraka na višim temperaturama dolazi do smanjenja gradijenta, što bi, ukoliko se potvrdi, takođe bilo od značaja za termoizolaciona svojstva.

Zaključak

Metoda ispitivanja dala je egzaktne rezultate i

jednostavna je za primenu. Konstrukcija je pogodna za rad, sigurna i funkcionalna, a potrebne su minimalne modifikacije u pravcu komfornijeg rukovanja pri dužim vremenskim intervalima i višim temperaturama. Kako su razlike između rezultata ispitivanja pojedinih uzoraka relativno male, buduća istraživanja mogu da se vrše na višim temperaturama, tako da se u sledećoj fazi ispitivanja predlaže temperatura 500°C.

Tokom ispitivanja nužno je da se meri vremenski gradijent porasta temperature.

Tokom budućih istraživanja treba oceniti reproduktivnost i preciznost metode.

Na osnovu rezultata ispitivanja zaključuje se da, sastav probnih uzoraka obezbeđuje tražene termičke osobine za klasu termoizolacionih premaza intumescentnog tipa. Bubrenje premaza bilo je nešto manje (uvećanje zapremine oko 2 puta), nego što je uobičajeno za ovaj tip premaza. I pored toga, rast temperature usporen je do 30 puta u ekstremno oštrim uslovima izlaganja.

Najbolji rezultati dobijeni su sa uzorkom br. 2, što ukazuje na pravac daljeg razvoja u modifikaciji recepture.

Pokazalo se da na termoizolaciona svojstva bitno utiču i sastav vezivne komponente i termički stabilnih punila. Potrebno je u budućem istraživanju variranjem udela komponenata koje su pokazale doprinos u termoizolacionim svojstvima, ustanoviti njihove optimalne udele u sastavu.

Takođe je potrebno ispitati uticaj kvaliteta pojedinih komponenata (pre svega veličine čestica punila) i tehnoloških parametara izrade uzoraka (stepen uribanosti, viskoznost itd.) na kvalitet premaza i njegove termičke osobine.

Literatura

- [1] MARTENS,C. *Technology of Paints Lacquers and Varnishes*. R&K Publishing Co., Malabar, Florida, 1974, p.225-229.
- [2] WILLIAMS,A. *Flame Retardant Coatings and Building Materials*. Noyes Data Corp. Park Ridge, New Jersey, 1994, p.29-78.
- [3] BANOVA,A. *Paints and Coatings Handbook*. Structures Publishing Comp. Farmington, Michigan, 1993, p.322-330.

Rad primljen: 25.7.2000.god.