

ANTIKOROZIJSKA ZAŠTITA ENERGETSKIH POSTROJENJA PREMAZNYM SREDSTVIMA ANTICORROSIVE PROTECTION OF POWER PLANT COMPONENTS BY COATING FILMS

Stručni rad / Professional paper
UDK /UDC: 620.197.6: 621.1
Rad primljen / Paper received: 25.04.2007.

Adresa autora / Author's address:
¹) Industrija boja i lakova, Pomoravlje ad Niš
²) Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu–Zemun,
ukilaki@eunet.yu
³) Vojnotehnički institut Beograd

Ključne reči

- projektovanje antikorozijske zaštite
- termoenergetska postrojenja
- premazni materijali
- sistemi premaza
- koroziona otpornost premaza

Izvod

U radu su prikazani projektovani sistemi za zaštitu od korozije energetskih postrojenja premaznim sredstvima na bazi jednog tipa premaza ili kombinacije više tipova, sa osvrtom na njihovu primenu i prednosti. Izložena su osnovna svojstva glavnih komponenti premaznih sredstava primenjenih u antikorozijskoj zaštiti energetskih postrojenja. Funkcionalna svojstva projektovanih sistema zaštite eksperimentalno su ispitana u skladu sa namenom i uslovima eksploatacije. Prikazani sistemi za zaštitu od korozije energetskih postrojenja su rezultat dugogodišnje primene.

UVOD

Pod premaznim sredstvima podrazumevaju se materijali koji, naneti na pogodan način na površinu različitih industrijskih artikala, formiraju čvrst, adherentan sloj uniformnih karakteristika u određenoj, ograničenoj debljini. Uobičajene debljine konvencionalnih premaznih materijala kreću se oko 30 μm, iako, u posebnim slučajevima, debljine mogu značajno odstupati na niže, do 10 μm (radionički premazi, specijalni lakovi), ili na više, preko 100 μm (debeloslojni premazi dvokomponentnih formulacija). S obzirom na malu debljinu, jedino ograničenje za primenu premaznih materijala za antikorozijsku zaštitu predstavljaju ekstremno teški eksploatacijski uslovi opreme koju treba zaštititi. Tu se pre svega misli na mehanička, hemijska i termička dejstva okoline na površinu premaza. Sve tri navedene kategorije agresivnih dejstava prisutne su u energetskim postrojenjima, pa je primena premaza ograničena na one komponente kod kojih agresivnost okoline ne prelazi određenu granicu. Čak i u tako ograničenoj primeni postoji veliki broj varijacija značajnih faktora za projektovanje sistema zaštite premazima. Pri projektovanju i izvođenju zaštite treba uzeti u razmatranje sve relevantne faktore. Oni koji se najčešće sreću biće ukratko analizirani u daljem tekstu.

Keywords

- corrosion protection design
- power plant components
- coating materials
- coating systems
- corrosion resistance of coatings

Abstract

Design systems for anticorrosive protection of power plant equipment by coatings based on one coating type or combining several types are presented, with reference to their application and advantages. Basic properties of principal coating components applied in anticorrosive protection of power plants are shown. Functional properties of designed protection systems are tested according to the purpose and service conditions. Described anticorrosive protection systems of power plants are a result of long term application.

PROJEKTOVANJE ANTIKOROZIJSKE ZAŠTITE POLIMERNIM PREVLAKAMA

Eksploatacijski uslovi

Opšti korozijski faktori moraju se razmatrati pri projektovanju antikorozijske zaštite (AKZ) industrijskih postrojenja. Tu spadaju klimatski i geografski faktori (geografska širina i dužina, tip, lokalitet). Za pojedine elemente razmatra se i mikrolokacija (spoljnja, unutrašnja sa inertnom atmosferom ili sa specifično agresivnom atmosferom).

Lokalni korozijski faktori razmatraju se pri projektovanju AKZ za pojedinačne elemente postrojenja, pri čemu se imaju u vidu pre svega hemijska i mehanička dejstva koja trpi premaz tokom eksploatacije. U hemijska dejstva se ubrajaju stalni ili povremeni kontakt sa materijama (najčešće fluidima, ali i fluidizovanim ili rasutim čvrstim materijalima) koje reakcijski ili difuzijski degradiraju premaz, pa time i njegovu AKZ funkciju. U mehanička spadaju abrazivna, deformacijska, udarna i kontrakcijska dejstva, pri kojima može doći do otiranja, oštećenja i odslojavanja premaza. Razmatra se mehanizam, intenzitet i trajanje dejstva.

Specifični uticaji okoline se redovno javljaju u termoenergetskim postrojenjima. Najčešći su termički uticaji koje premaz trpi od podloge ili od okolnih objekata, pri čemu

može doći do degradacije polimernog veziva usled ubrzanog starenja i do narušavanja zaštitne funkcije premaza. Razmatra se mehanizam prenosa toplote, intenzitet i trajanje dejstva. Drugi faktor koji se često sreće u eksploataciji složenih industrijskih postrojenja je učestalost promena i kombinacija navedenih korozijskih faktora. Nagle i česte promene temperature okoline su, usled kontrakcijskih naprezanja, veće opterećenje za premaz nego stalna izloženost ekstremnijim uslovima. Kombinacija dejstva atmosferske korozije i hemijskih agenasa (npr. kod rezervoara koji se često puni i prazni) je faktor većeg rizika nego stalna izloženost agresivnijim uslovima iz kombinacije.

Konstruktivski faktori

Dimenzije elementa utiču na izbor mesta izvođenja radova, postupka nanošenja premaza i na izbor materijala.

Projektovan oblik elemenata utiče na izbor postupka nanošenja i na izbor materijala. Složeni geometrijski oblici konstrukcije zahtevaju i složenije postupke nanošenja.

Složenost konstrukcije postrojenja, broj sklopova i podsklopova, utiču na izradu ukupnog projekta zaštite, definisanje redosleda i rasporeda operacija. Dobra inženjerska praksa podrazumeva kako korektno projektovanje zaštite pojedinačnih elemenata tako i integralni projekt koji ima u vidu kompletno postrojenje (npr. optimalno projektovanje sistema premaza za pojedinačne elemente najčešće podrazumeva nanošenje osnovnog premaza u fazi izrade elementa, a pokrivnog u fazi montaže sklopa). Takođe se razmatraju kontakti elemenata od elektrohemijski nepovoljnih kombinacija materijala. Projekt antikorozijske zaštite je sastavni deo glavnog projekta postrojenja, pa se od početka izrade konstrukcijske dokumentacije moraju uzeti u obzir svi zahtevi koje on podrazumeva. To se pre svega odnosi na konstrukciju detalja koji su uglavnom specificirani u JUS ISO 12944-3. Poštovanjem preporuka ovog standarda obezbeđuju se optimalni uslovi za izvođenje korektnog postupka AKZ. Razmatranje osnovnih konstruktivskih materijala podrazumeva se pri projektovanju sistema zaštite. Korozijska postojanost u različitim uslovima specifičnost je svakog konstruktivskog materijala i mora se poznavati pri definisanju svih faza postupka zaštite, od priprema površine do tehnološkog postupka (abrazivni materijal, temperature očvršćavanja – formiranja, broj slojeva).

Funkcionalni zahtevi

Premazni materijali, u zavisnosti od sastava osnovnih komponenata, poseduju različita antikorozijska svojstva, kako sa aspekta efikasnosti tako i sa aspekta mehanizma antikorozijskog dejstva (elektrohemijski i barijerni mehanizam). Izgled premaza učestvuje sa velikim udelom u izgledu proizvoda. Ukoliko je ta karakteristika bitna, iz komercijalnih ili ergonomskih razloga, definiše se u okviru zahteva za pokrivne premaze. Pod hemijskim svojstvima podrazumeva se rezistentnost na hemijske i difuzijske agense (specifične ili klasifikovane) i inertnost u odnosu na materijale u kontaktu. Polimerne komponente premaznih materijala podložne su, manje ili više, promenama na povišenim temperaturama. Različita dilatacijska svojstva premaza i podloge utiču na slabljenje adhezionih veza pri učestalim promenama uslova. U nekim slučajevima potrebno je da

premaž poseduje specifična dielektrična svojstva. Kontrola električne otpornosti i dielektrične čvrstoće premaza ostvaruje se sastavom pigmenta i vezivne smole.

Fizičkomehanička svojstva obezbeđuju otpornost prema na spoljna i unutrašnja mehanička dejstva. Tvrdoca, elastičnost i otpornost na abraziju definišu se, po potrebi, egzaktnim vrednostima. Elektromagnetno zračenje, naročito sunčevo, može štetno uticati na premaz (npr. ultravioletno na epoksi i alkidne premaze), a u nekim slučajevima premaz može posredovati u smanjenju dejstva ili boljem iskorišćenju termičkog zračenja (rezervoari, kontejneri, delovi radijatora). Definišu se refleksijske odnosno emisijske karakteristike premaza u relevantnim područjima elektromagnetnog spektra. U kontaktu sa otvorenim plamenom premaz može, po potrebi, da ima samogasiva svojstva ili da ostvaruje termoizolacijsku funkciju. Ova svojstva se postižu sastavom (vezivo, pigment, aditivi). Svojim optičkim karakteristikama (pre svega boja, ali i luminescencija i selektivna reflektivnost) premaz može služiti i za obeležavanje i označavanje pojedinih delova konstrukcije (cevovodi, manipulativni elementi, oznake, natpisi).

Izbor materijala

Premazna sredstva za zaštitu od korozije su specijalni proizvodi, koji se koriste za dugotrajnu zaštitu energetskih i industrijskih postrojenja izloženih vremenskim i drugim uticajima sredine.

U tu svrhu razvijena su moderna premazna sredstva sa višekomponentnim formulacijama, kojima se obezbeđuje zaštita u najagresivnijim sredinama. Modeliranjem reoloških osobina povećava se ekonomičnost smanjenjem broja nanosa. Primenom sintetičkih polimera kao vezivnih materijala obezbeđuje se postojanost na habanje usled abrazije, koja se ispoljava naročito pri debljinama filma većim od 120 μm . Međutim, i pored vidnog poboljšanja svih performansi premaznih sredstava, može se reći da ne postoji idealno premazno sredstvo, čijim bi se svojstvima istovremeno obezbedila i dobra zaštita i oblikovanje sa odgovarajućim izgledom. Zato se u oblasti površinske zaštite primenjuju sistemi komponovani od više premaza čija je uloga različita, a sumarna svojstva sistema zahtevavaju zahtevne i zaštite i oblikovanja. Od sistema zaštite zahteva se dobra prionljivost za podlogu, kompaktnost, čvrstoća, elastičnost i dekorativni izgled u toku dugotrajnih eksploatacijskih uslova. Zaštitni sistemi moraju biti inertni, kako ne bi došlo do reakcije između njih i materijala sa kojima dolaze u kontakt. Drugim rečima zaštitni sistem mora sprečiti prodiranje korozijskih agenasa do površine podloge.

Prema današnjim saznanjima razvijena su dva modela zaštite od korozije sistemima premaza. Po prvom, u osnovi je nepropustljivost. U ovom slučaju sistem zaštite mora imati odličnu prionljivost za površinu podloge, koju štiti od korozije i mora stvarati prepreke za prolaz korozijskih agenasa. Ovde je proces korozije sprečen odvajanjem podloge od uticaja spoljnih faktora kao uzročnika korozije. Po drugom modelu proces korozije se sprečava primenom aktivnih inhibitora pigmenta u osnovi. U vlažnoj sredini aktivni pigmenti jonizuju u dovoljnoj koncentraciji da reaguju s čeličnom podlogom i na taj način je pasiviraju.

Ovi modeli zaštite od korozije su u praksi pokazali efikasnost, a njihovim kombinovanjem ostvaruje se optimalna zaštita od korozije i u veoma agresivnim sredinama.

U cilju unapređenja kvaliteta antikorozijske zaštite energetskih postrojenja neophodno je analizirati sve uslove koji bi mogli da doprinesu uspešnosti te zaštite.

Analizom uslova obuhvaćeni su sledeći elementi:

- standardi pripreme podloge,
- izbor i određivanje sistema antikorozijske zaštite,
- mikroklimatske uslove pri izvođenju antikorozijske zaštite treba pratiti i obezbediti da budu u okviru dozvoljenih,
- definisanje debljine suvih filmova,
- međupremazni intervali,
- očekivani uslovi izlaganja objekta u eksploataciji,
- očekivana trajnost zaštite u odnosu na cenu premaznih sredstava.

Svaki predloženi sistem antikorozijske zaštite mora imati tehnološko i ekonomsko opravdanje. Važno je da se već u početnoj fazi razmatranja izradi odgovarajući projekt antikorozijske zaštite u kome su bitni elementi:

- odgovarajuća priprema podloge,
- prihvatljiva tehnologija nanošenja premaza,
- procena korozijske agresivnosti, radi definisanja zaštite u zavisnosti od funkcije objekta.

Pravilnim definisanjem odnosa između pripreme podloge, načina nanošenja i sastava sistema antikorozijske zaštite može se uticati na kvalitet i trajnost, odnosno na ekonomičnost. Na primer, ako su troškovi pripreme podloge i izvođenja antikorozijske zaštite veći u odnosu na cenu materijala, onda se mora primeniti kvalitetniji sistem antikorozijske zaštite, kojim se obezbeđuje veća trajnost zaštite.

Izbor sistema zaštite zavisi i od eksploatacijskih uslova, odnosno korozijske agresivnosti sredine. Energetska postrojenja izložena su nepovoljnim režimima eksploatacije u:

- područjima industrijskih aktivnosti, i
- područjima agresivne sredine, a to su industrijske aktivnosti pri visokoj vlažnosti i agresivnoj atmosferi.

Sistemi zaštite od korozije mogu biti na bazi jednog tipa premaznih sredstava ili kombinacije više tipova. Premazna sredstva, koja ulaze u sastav sistema zaštite poseduju različita zaštitna svojstva. Po pravilu su osnovni premazi sa inhibitorским svojstvima, a pokrivni premazi sa svojstvima nepropustljivosti.

Efikasnost zaštitnih sistema premazima zavisi i od kompatibilnosti između pojedinih slojeva, od poroznosti i od debljine suvih filmova sistema. Debljina zaštitnog sistema određuje se u zavisnosti od uslova eksploatacije i veka trajanja zaštite.

U propisanoj projektnoj dokumentaciji definiše se minimalna debljina sistema zaštite. To je debljina pri kojoj sistem pruža efikasnu i ekonomski opravdanu zaštitu od korozije.

Uticaj sastava premaza na performanse u antikorozijskoj zaštiti energetskih postrojenja

Premazna sredstva su složeni proizvodi u kojima učestvuje veliki broj sirovina (vezivo, pigmenti, punila, pomoćna sredstva). Lista sirovina je neograničena i svakim danom je sve veća. Svojstva premaznih sredstava, najvećim delom, zavise od osobina sastavnih sirovina, ali i od njihovog

međusobnog odnosa. Premazno sredstvo, naneto na podlogu posle sušenja formira film, koji treba da obezbedi:

- odvajanje podloge od uticaja spoljne sredine,
- boju i ostale estetske osobine,
- sprečavanje korozijskih procesa,
- otpornost na habanje i deformacije.

Nosioci navedenih osobina su dve osnovne komponente: vezivo i pigmenti. Ostale komponente služe samo za modifikaciju međusobnih odnosa osobina. Uloge između osnovnih komponenti podeljene su tako što su veziva odgovorna za adheziju, mehaničke i hemijske osobine, dok su pigmenti nosioci inhibitorских i optičkih osobina.

Poznato je da su kao veziva ranije upotrebljavane prirodne smole i ulja, a sa razvojem moderne hemije ista su zamenjena sintetičkim polimerima. Upotreba polimera za veziva u premazima uslovljena je njihovim hemijskim, fizičkim i mehaničkim osobinama.

Hemijski karakter makromolekula utiče direktno na njihovu rastvorljivost, otpornost prema vodi i drugim agensima. Fizičke osobine, naročito viskozitet, su pod velikim uticajem oblika i veličine makromolekula.

Mehaničke osobine zavise od oblika, veličine i konstitucije makromolekula.

Trodimenzionalne makromolekularne mreže sa kovalentnim vezama između atoma, daju filmove velike mehaničke otpornosti i dobre postojanosti na uticaj raznih agenasa.

Polimeri sa trodimenzionalnim makromolekularnim rešetkama sa kompaktnom gustinom umrežavanja daju filmove velike tvrdoće, ali kojima nedostaje elastičnost.

Polimeri sa linearnim makromolekularnim lancima daju veoma elastične filmove, ali nedovoljne tvrdoće.

Karakteristično je za linearne polimere da ostvareni film zadržava rastvorljivost, za razliku od trodimenzionalnih makromolekula, koji svoju konačnu građu rešetke završavaju u procesu formiranja filma i kod kojih film više nije rastvoran u rastvaračima u kojima je prethodno bio rastvoran polimer.

Proces formiranja filma počinje isparavanjem isparljivih komponenti, što dovodi do čvrstog zbijanja čestica polimera. Kada preostale komponente ispare, pod uticajem sila dolazi do čvrstog zbijanja i koalescencije čestica. Predloženi su mnogi modeli i mehanizmi vezani za poreklo ovih sila, /1/, ali svi modeli prihvataju da je potrebna difuzija molekula polimera duž granice čestica. Kada do ovog dođe, pojedine čestice prestaju da postoje, kohezivna jačina filma se značajno povećava i formira se čvrst film na supstratu. Ovo je udruženo sa velikim pomeranjem lanca, tako da polimer na temperaturi višoj od temperature stakla T_g lakše formira film. Na temperaturi, koja je niža od T_g za dati polimer, formira se film manje otpornosti na deformacijske procese i koji nije hemijski rezistentan. Zbog toga se predlaže temperatura viša od temperature stakla T_g polimera pri formiranju filma. Kod dvokomponentnih premaza za antikorozijsku zaštitu energetskih postrojenja (poliuretani, epoksi) kinetika reakcije je dovoljno brza da se reaktanti moraju mešati neposredno pred upotrebu, u protivnom dolazi do preranog geliranja.

Dvokomponentni poliuretani se formiraju iz reakcije polifunkcionalnog izocijanata sa hidroksi funkcionalnim

poliolom. Ova reakcija dovodi do umrežavanja i stvaranja uretanskih veza. U tom slučaju kinetika obično sledi odnos drugog reda /2/. Ključni problem vezan za ovaj mehanizam je relativna brzina isparavanja rastvarača u odnosu na brzinu reakcije. Rastvarači mogu da budu zarobljeni i da formiraju mehuriće unutar filma. Ukoliko se, pak, molekulska masa suviše brzo povećava tokom ranih stadijuma stvrdnjavanja, difuzija reaktivnih grupa može biti ometena. To sprečava kompletnu reakciju i ostavlja niže molekulske mase u filmu. Brze reakcije dovode do nepokretnosti i potencijalnih mehaničkih grešaka. S druge strane, spore reakcije mogu da izazovu sporo sušenje i razvoj osobina koje su takođe nepoželjne. Ukoliko je sredina pri formiranju filma vlažna odigravaju se kompetitivne reakcije izocijanata sa hidrosilnim grupama poliola i sa vodom. Dok prva reakcija daje željene poliuretane, drugom reakcijom nastaju poliurea i ugljendioksid. Neka istraživanja ukazuju da je prva reakcija izocijanata i hidrosilne grupe iz poliola brža od druge reakcije izocijanata sa vodom, /3,4/.

Epoksi smole same za sebe formiraju loše filmove. Filmovi dobrih osobina ostvaruju se samo kada se obrazuju trodimenzionalno povezane strukture od epoksi smola u reakcijama sa polifunkcionalnim umreživačima, /5,6/.

Najčešće korišćena reakcija za umrežavanje epoksi smola je reakcija poliadiacije. U ovom slučaju funkcionalnu grupu predstavlja aktivni proton sa kojim se odvija adicija na epoksi prsten uz formiranje hidrosilne grupe i sekundarne amino grupe, a u daljoj reakciji formira se tercijarni amin. Proces umrežavanja ubrzava se prisustvom hidrosilne grupe, dok tercijarni amin ujedno predstavlja katalizator. Iz poznatog mehanizma reakcije može se smatrati da se povezivanje odvija kao reakcija poliamina sa epoksi smolama u praktično ekvivalentnom odnosu. U praksi je, međutim, potvrđeno da korišćenje teorijskih količina umreživača ne rezultuje uvek optimalnim osobinama filma.

Za umrežavanje epoksi smola na raspolaganju je širok izbor umreživača. Filmovi epoksi smola formirani sa poliaminima karakterišu se visokom rezistencijom na hemikalije, vodu i rastvarače. Filmovi epoksi smola formirani sa poliamidoaminima u odnosu na filmove formirane sa poliaminima pokazuju bolju elastičnost, adhezivnost i postojanost prema vodi, istu postojanost prema rastvaračima i alkalijama, ali slabiju postojanost prema kiselinama.

U cilju zaštite životne sredine sve više se primenjuju sistemi zasnovani na bazi vodenih emulzija epoksi smola i umreživača, /7/. Osobine filmova formiranih iz samo-emulgujućih epoksi smola sa poliamidoaminima u vodenom rastvoru su veoma slične onima koje se dobijaju umrežavanjem epoksi smola sa poliamidoaminima u organskim rastvaračima. Epoksi smole mogu da se umrežavaju i sa drugim sintetičkim smolama, kao i sa poliizocijanatom.

Izbor umreživača epoksi smola uslovljen je primenom premaznih sredstava. Tako se za formiranje veoma elastičnih filmova primenjuju alifatični poliamini, za rezistentnost prema različitim agensima poliamidoamini, a za veoma teške uslove eksploatacije u obzir dolazi i primena većeg broja umreživača različitih po sastavu i strukturi.

Za veoma nepovoljne uslove eksploatacije sve se više za osnovne premaze primenjuju neorganska silikatna veziva,

koja otvrdnjavaju samostalno u organskim rastvaračima. Ovako formirani filmovi izuzetno su otporni na atmosferilije i abraziju.

Kopolimeri vinil hlorida koriste se kao veziva u premazima pod zajedničkim nazivom vinilne smole. Filmove formiraju otparavanjem rastvarača. Korigovanje fizičko mehaničkih osobina, radi bolje antikorozijske zaštite, postiže se kombinovanjem sa alkidnim ili akrilnim smolama uz očuvanje postojanosti prema agresivnim hemikalijama. Proces formiranja filma u ovom slučaju je mnogo složeniji, a osobine formiranih filmova zavise kako od isparavanja rastvarača, tako i od verovatnoće poprečnog povezivanja u trodimenzionalno umreženu strukturu.

Alkidne smole imaju široku primenu kao vezivni materijali u premazima, bez obzira na sve veći broj drugih sintetičkih veziva. Radi poboljšanja svojstava, npr. brzine sušenja i hemijske postojanosti alkidne smole se modifikuju.

Umrežavanje alkidnih smola sušivih na vazduhu odvija se reagovanjem dvostruke veze iz dela sušivih masnih kiselina sa kiseonikom, /8–10/. Proces polimerizacije se brzo odvija, pri čemu se veći broj molekula povezuje preko peroksidnih mostova.

Pigmentima se obezbeđuje pokrivenost odnosno oblikovanje objekta. Ova osobina pigmentata posledica je interakcije upadne svetlosti i pigmenta. Za osnovnu ocenu pokrivenosti pigmentata može se koristiti Frenelova relacija, /11/, koja povezuje reflektivnost filma sa razlikom indeksa refrakcije pigmenta i medijuma u kojem je dispergovan.

Inhibiranje korozijskog procesa ostvaruje se primenom korozijski inhibirajućih pigmentata u osnovnim premazima, odnosno u stvaranju zaštitnih pasivirajućih slojeva na anodnim površinskim centrima, uz istovremenu redukciju na katodnim površinskim centrima, /12,13/. Međutim, visoka toksičnost olova i soli hromne kiseline je ograničavajući faktor za primenu pigmentata na bazi olova i hroma. U svetlu ovog problema sve veći značaj danas dobijaju netoksični fosfatni pigmenti. Smatra se da je inhibiranje korozijskih procesa sa fosfatnim pigmentima bazirano na obrazovanju kompleksa. Osnov teorije čini postavka da se tercijarni cinkfosfat ponaša kao bazna kompleksna kiselina, koja u reakciji sa fero i feri jonima stvara anodni bazni inhibitorski kompleks, što dovodi do formiranja pasivirajućih zaštitnih slojeva.

Ostalim komponentama balansiraju se osobine premaza, koje su neophodne za primenu.

Sistemi AKZ energetskih postrojenja i očekivana trajnost

Sistemi AKZ, razvijeni kroz dugogodišnju primenu na zaštiti energetskih postrojenja prikazani su u tab. 1 za novogradnju, a u tab. 2 za sanaciju i revitalizaciju.

Sistemi zaštite na bazi dvokomponentnih epoksi-poliuretanskih premaza primenjeni su u uslovima veoma agresivne sredine. To su kombinovani sistemi sa više tipova premaza. Osnovni premazi su sa netoksičnim inhibitorskim pigmentima, a pokriveni su poliuretanski premazi, koji se odlikuju visokom otpornošću na abraziju i udar i postojanošću boje i sjaja. Za specifične uslove primene, za duži međufazni interval, primenjeni su osnovni premazi sa neorganskim silikatnim vezivom, za istu namenu u uslovima veoma agresivne sredine.

Tabela 1. Sistemi antikorozijske zaštite energetskih postrojenja – novogradnja

	Oznaka Sistema S.	Stepen pripreme površine	Osnovne prevlake		Među prevlake		Pokrivne prevlake		Sistemi AKZ		Očekivana trajnost zaštite ISO 12944-6	Kat. Agres. ISO 12944-2
			Vezivo	NDFT μm	Vezivo	NDFT μm	Vezivo	NDFT μm	Broj prevl.	NDFT μm		
1.	EP/PUR	Sa 2½	EP	80	EP	100	PUR	60	3	240	H (više od 15 g)	C5-I C5-M
2.	ESI/EP	Sa 2½	ESI	75	-	-	EP	200	3	275	M (5-15g)	C5-I
3.	ESI/EP/PUR	Sa 2½	ESI	75	EP	125	PUR	50	4	250	H (više od 15 g)	C5-I C5-M
4.	EP	Sa 2½	EP	80	EP	100	EP	40	3	220	M (5-15g)	C5-I
5.	EP	Sa 2½	EP	200	EP	2 × 2,5 mm sa peskom	EP	80	4	5280	M (5-15g)	Im1 Im2 Im3
6.	EP/CTE	Sa 2½	EP	20	-	-	CTE	250	3	270	M (5-15g)	Im1 Im2 Im3
7.	EP/PVC/AY	Sa 2½	EP	80	-	-	PVC/AY	120	3	200	M (5-15g)	C5-I C5-M
8.	AKM	St 3	AKM	80	AKM	40	AKM	40	3	160	L (2-5 g)	C-3

Tabela 2. Sistemi AKZ energetskih postrojenja – sanacija i revitalizacija

	Oznaka Sistema S.	Stepen pripreme površine	Osnovne prevlake		Među prevlake		Pokrivne prevlake		Sistemi AKZ		Očekivana trajnost zaštite ISO 12944-6	Kategor. Agresiv. ISO 12944-2
			Vezivo	NDFT μm	Vezivo	NDFT μm	Vezivo	NDFT μm	Broj prevla	NDFT μm		
1.	EP	▲*	EP	50	EP	40	EP	60	3	130	L (2-5g)	C5-I C5-M
2.	PVC/AY	▲	PVC/AY	40	-	-	PVC/AY	80	3	120	L (2-5g)	C5-I
3.	AKM	▲	AKM	40	AKM	40	AKM	40	3	120	L (2-5g)	C5-I C5-M

*▲ – obojena površina bez korozije i nečistoća

Legenda: EP–epoksi vezivo, ESI–etilsilikatno vezivo, AKM–alkidno modifikovano vezivo, PUR–poliuretansko vezivo, PVC/AY–vinil akrilno vezivo, CTE–epoksi katransko vezivo

Sistemi zaštite na bazi vinil-akrilnog veziva primenjeni su za zaštitu u industrijskoj okolini. Premazi su jednokomponentni i lako se nanose. Odlikuju se brzim sušenjem i postizanjem velike debljine suvih filmova. Premazna sredstva sa vinil-akrilnim vezivnim materijalom mogu se primenjivati i pri veoma niskim temperaturama.

Sistemi zaštite na bazi modifikovanih alkidnih smola primenjeni su na zaštitu objekata u gradskoj i ruralnoj sredini kao i u industrijskim područjima sa manje zagađenom atmosferom. I pored sve veće težnje za primenom modernih sistema, alkidni sistemi i dalje opstaju, a osnovni razlog je znatno niža cena alkidnih premaza i jednostavna primena.

Za objekte koji su stalno u vodi ili vlažnoj sredini primenjeni su sistemi zaštite sa dvokomponentnim epoksi-katranskim vezivom. U prostorijama bez ventilacije (reparatura kondenzatora) primenjeni su dvokomponentni epoksi premazi bez rastvarača. Sistemi zaštite na bazi ovih premaza su postojani na uticaj hemikalija, vode i povećane vlažnosti.

Prikazani sistemi zaštite su se pokazali efikasnim u praksi.

Funkcionalna svojstva sistema AKZ u primeni

U eksploatacijskim uslovima sistemi AKZ izloženi su hemijskim i fizičkim promenama, koje su posledica prirodnog starenja polimernog veziva, ali i hemijskog dejstva različitih agenasa iz okoline, zračenja, pre svega u UV delu spektra, i mehaničkih oštećenja.

Osnovne funkcije sistema AKZ su antikorozijska zaštita i dekorativna svojstva.

Razvijene su brojne metode za ispitivanje ponašanja tokom eksploatacije, koja se svode na merenja promena odabranih karakteristika u uslovima pojačanog dejstva nekoliko faktora okoline.

Projektovani sistemi zaštite zahtevaju eksperimentalna ispitivanja i ispitivanja u primeni. Na taj način je omogućena ne samo optimizacija zahteva primene već i karakteristika razvijenog premaznog materijala.

Ekperimentalna ispitivanja postojanosti prema koroziji

Sistemi AKZ su eksperimentalno ispitani u skladu sa namenom i uslovima eksploatacije, a rezultati su prikazani u tab. 3. Ispitivanja su usklađena i sa vrstom organske prevlake, kao i sa uticajima atmosfere i korozijskog dejstva različitih hemijskih materija.

Rezultati eksperimentalnih ispitivanja postojanosti i otpornosti na koroziju, izvedenih prema uslovima ISO standarda, potpuno su očekivani i u skladu su sa rezultatima dugogodišnjeg praćenja u eksploatacijskim uslovima.

Tabela 3. Otpornost na koroziju Sistema AKZ energetskih postrojenja

	Oznaka sistema S	ISO 6270 Vlažna komora	ISO 7253 Slana komora	ISO 2812-1 Hemijska otpornost	ISO 2812-2 Potapanje u vodu	ISO 12944-2 Kategorija agresivnosti	ISO 4628-1 Ocena
1.	EP/PUR	720h	1440h	–	–	C5-I C5-M	Bez promene
2.	ESI/EP	480h	720h	–	–	C5-I	Bez promene
3.	ESI/EP/PUR	720h	1440h	–	–	C5-I C5-M	Bez promene
4.	EP	480h	720h	–	–	C5-I	Bez promene
5.	EP	–	–	–	2000h	Im1 Im2 Im3	Bez promene
6.	EP/CTE	–	–	–	2000h	Im1 Im2 Im3	Bez promene
7.	EP/PVC/AY	480h	720h	–	–	C5-I C5-M	Bez promene
8.	AKM	–	240h	–	–	C3	Bez promene

KONTROLA KVALITETA

Na osnovu eksploatacijskih, funkcionalnih i tehnoloških zahteva, u sklopu projektne dokumentacije, ugovora ili na drugi obavezujući način postavljaju se zahtevi kvaliteta za sistem premaza i pojedinačne premaze u sistemu.

Zahtevi za kvalitet izvedenih radova obuhvataju vizuelnu kontrolu nanetih premaza, merenje debljine na karakterističnim mestima i ispitivanja postupcima bez razaranja, kao i dokumente o ispitivanju materijala i međufaznoj kontroli kvaliteta izvedenih radova. O izvršenoj završnoj kontroli dostavlja se izveštaj koji je sastavni deo primopredajne dokumentacije za postrojenje.

ZAKLJUČAK

Pri projektovanju antikorozijske zaštite elemenata konstrukcije premazima, moraju se razmatrati opšti i specifični uslovi eksploatacije elementa, funkcionalni zahtevi koji se odnose na premaz, tehnološki parametri postupka pripreme površina i nanošenja premaza, ekonomski, bezbednosni i ekološki faktori.

Predloženi sistemi antikorozijske zaštite prikazani u tabelama 1 i 2 pokazuju dobru postojanost i pružaju dugotrajnu i efikasnu zaštitu od korozije u uslovima eksploatacije energetskih postrojenja.

LITERATURA

- Hegedus, R.C., Gilicinski, G.A. Haney, I.R., J. of Coatings Techn. Vol 68, No 852, Jan. 1996, pp.51-56.
- Oertel, G., Polyurethane handbook, Hanser Publishers, New York, 1985, pp.90-96.
- Senker, S.D., Potter, T.A., Journal of Coatings Technology, 63, No 793, 1991, pp.19.
- Jacobs, P.B. Yu, P.C., Journal of Coatings Technology, 65, No 822, 1993, pp.45.
- Rašković, D.Lj., Osnovi polimernog inženjerstva, Tehnološki fakultet Leskovac, 1995, srt.26-33.
- Ciba Geigy, Formulations and their properties, Publ. Nr. 28337/e, 1989, Switzerland.
- Ciba Geigy, Wasserverdünnbares, kolthartedes Epoxyd harzsystem auf Basis von Araldit Py 340/HZ 340 Publ. Nr. 24852/2/d, 1996, Switzerland.
- Kern, W., Elementarvorgänge bei der Öltrocknung, Farben, Lacken Austrichstoffey, 1950, p.242.
- Kern, W., Die Katalyse der Autohidration ungesätigter Verbindungen, DF Zeit 10, 1956, p.337.
- Kaufmann, H., Oxydation und Verfilmung trockender Öle, Fette, Seifen, Anstrichmittel 59, 1957, p.153.
- Simson, L.A., Measuring Opacity
- Mayer, G., Farbe & Lack, Vol 71, 2 1965, p.113.
- Mayer, G., Farbe & Lack, Vol 79, 4 1973, p.293.
- Tehnička publikacija „Premazna sredstva i sistemi zaštite za elektroenergetska postrojenja“, Industrija boja i lakova Pomoravlje, Niš, 2003.
- Tehnička publikacija „Zaštita dalekovoda, električnih stubova i trafo stanica premaznim sredstvima“, Industrije boja i lakova Pomoravlje, Niš, 2004.