

ZAŠTITA AB-KONSTRUKCIJE NADVOŽNJAKA PRIMJENOM MCI®-INHIBITORA

B. Mikšić¹, I. Rogan²

¹ Cortec Corporation, St. Paul Minnesota USA, e-mail: boris@cortecvi.com

² CorteCros d.o.o Nova Ves 57 1000 Zagreb Croatia, e-mail: ivan.rogan@cortecros.hr

SAŽETAK: Do polovice prošlog stoljeća mišljenje stručne javnosti bilo je da su beton i armirano betonske (AB) konstrukcije «vječni». Pojave oštećenja AB-konstrukcija i građevinske štete upozorili su da beton i AB-konstrukcije ipak nisu «vječni» - počela su sustavna istraživanja uzroka i mehanizama procesa oštećivanja: zasluge za to ima građevinska fizika, kemija i termodinamika. Prema statističkim pokazateljima oštećenja AB-konstrukcija uzrokovana korozijom armature čine > 80% svih oštećenja AB-konstrukcija. Korozija armature i štete koje uzrokuje na AB-konstrukcijama su prvenstveno gospodarsko pitanje i čine znatnu stavku u proračunu svake zemlje. U radu se razmatra zaštita armature od korozije u AB-konstrukcijama primjenom MCI®-inhibitora (migracijskih korozijskih inhibitora) i AK-materijala (antikorozijskih materijala) sa sadržajem MCI -inhibitora korozije. Prikazuje se sastav i kriteriji kvalitete AK-materijala i sustava za zaštitu novih AB-konstrukcija nadvožnjaka na primjeru nadvožnjaka autoceste Slavonika u Hrvatskoj.

KLJUČNE RIJEČI: Migrirajući inhibitori korozije (MCI)

PROTECTION OF HIGHWAY OVERPASS USING MCI® - INHIBITORS

SUMMARY: Until the middle of last century, professional public opinion was that concrete and concrete structures are "eternal". Damage of concrete structures and building damages have warned that concrete structures still are not "eternal" – that was the beginning of systematic research into the causes and mechanisms of the damage process: credit for that have building physics, chemistry and thermodynamics. According to statistical indicators, damages of the reinforced concrete structures caused by the corrosion of the reinforcing steel make more than 80% of all damages of the reinforced concrete structures. Reinforcement corrosion and damage caused by the concrete structures are primarily economic issue and make a significant item in the budget of each country. In this paper the protection of reinforcement corrosion in concrete structures is under consideration by use of the MCI-inhibitors (migratory corrosion inhibitors) and corrosion protective materials (CM) which contain MCI. A case study on a highway overpass Slavonika is presented describing the procedure of the protection of reinforced concrete structure using MCI-inhibitors.

KEY WORDS: Migrating Corrosion Inhibitors (MCI)

1 UVOD

Rezultati dosadašnjih istraživanja doveli su do razvoja novih materijala i postupaka za zaštitu i sanaciju armiranobetonskih (AB) konstrukcija, a u funkciji poboljšanih svojstava zaštitnog sloja betona zbog njihove fluido(ne)propusnost (za vodu, vodenu paru, plinopropusnost/ CO_2 , $\text{SO}_{2/3}$, N_xO_y , O_2 , difuzija topivih soli posebice klorida, itd.) i/ili dodatna zaštita površine betona premazima, običnim i hidrofobnim impregnacijama. Ostale aktivne metode uključuju katodnu zaštitu armature, površinsku zaštitu armature EP-smolama, primjenu nehrđajuće i armature iz drugih korozivnih postojećih materijala, itd. Istovremeno se istražuju mehanizmi i procesi korozije armature te uloga i način utjecaja agresivnih tvari kod čega su kloridi nezaobilazni predmet istraživanja.

Danas je posve normalno da se u projektima i troškovnicama radova nalaze i projekti zaštite armature od korozije novih odnosno sanacije starih AB-konstrukcija. Zaštita armature od korozije i zaštita novih i sanacija starih AB-konstrukcija MCI®-inhibitorima (migracijskih korozivnih inhibitora) korozije i antikorozivnim materijalima i sustavima sa sadržajem ovih inhibitora predstavlja bitan doprinos i veliki iskorak u produžetku trajnosti životnog vijeka AB-konstrukcija a time istovremeno značajnom smanjenju troškova održavanja i efikasnosti korištenja objekta. Ovu vrstu materijala i sustava se počelo istraživati pred nekoliko desetljeća, a uspješno se primjenjuje u svijetu već preko 20 godina. Bogata literatura vezano za istraživanja i primjenu može se naći na [1]. Prema navedenim istraživanjima migrirajući inhibitori korozije armature jednako su djelotvorni kao i opće poznati inhibitori na bazi kalcijevog nitrita i djeluju na način da usporavaju inicijaciju koroziju armature i tako produžuju životni vijek AB-konstrukcija [2].

2 MCI – INHIBITORI

Migracijski korozivni inhibitori su kemijski spojevi na bazi amina [3] (npr. aminokarboksilati, aminoalkoholi, i dr.) koji se procesom kemijske adsorpcije tzv. kemisorpcije »vežu«/adsorbiraju na površinu armature (i drugih metala) tvoreći na površini postojan film rezistentan na mnoge agresivne tvari iz okoliša, prvenstveno na utjecaj u prirodi sveprisutnih kloridnih iona, a istovremeno vrlo agresivnog utjecaja za okside željeza. MCI inhibitori korozije štite armaturu od korozije u oba oksidacijska područja: katodnom i anodnom za razliku od nekih drugih tipova inhibitora korozije kao npr. nitrita [3].

MCI inhibitori korozije na bazi aminskih spojeva [4] spadaju u grupu katodno-anodnih inhibitora koji se adsorbiraju na površini armature sprječavajući difuziju reaktanata korozije (O_2 , H_2O) do armature i time je štite od oksidacijskih procesa za razliku od anodnih inhibitora na bazi nitrita i/ili kromata koji štite armaturu od korozije anodnom pasivizacijom tako što sami sudjeluju u anodnom procesu tj. oksidiraju umjesto osnovnog metala.

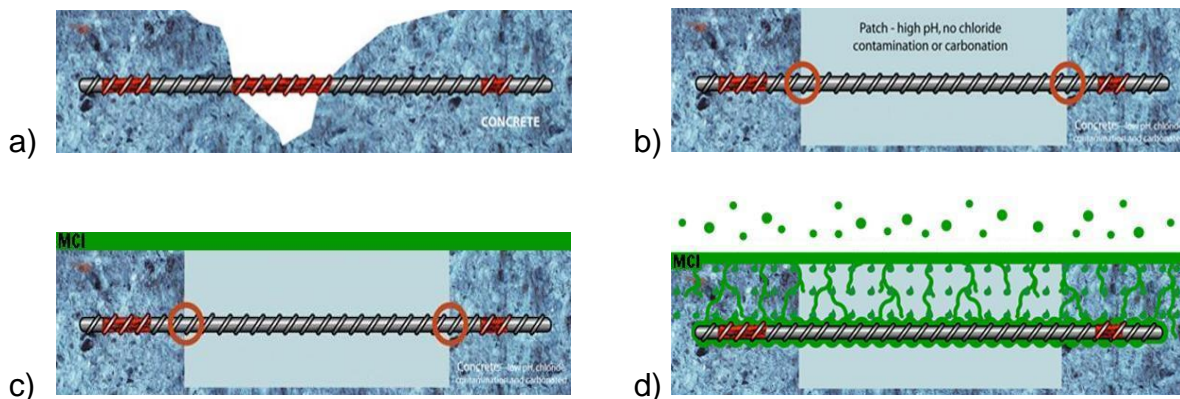
Prema istraživanjima mnogih autora inhibitori na bazi nitrita su djelotvorni inhibitori, no pri njihovoj primjeni u obliku dodatka betonu treba ih primjenjivati s oprezom. Naime, njihova djelotvornost značajno ovisi o količini prisutnih klorida u betonu, koja se u slučaju primjene kod betoniranja novih konstrukcija mora unaprijed pretpostaviti. Također oprez se zahtijeva i kod homogenizacije betona na betonari, jer ukoliko se inhibitor na bazi nitrita ne homogenizira dovoljno dobro u mješavini, različite koncentracije mogu djelovati negativno [5]. Pri primjeni MCI inhibitora nema takovih efekata upravo zato što su oni mješoviti inhibitori i njihova koncentracija je samo bitno da dođe do armature jer tada djeluje po cijeloj armaturi. Također ukoliko se MCI inhibitori primjenjuju kao dodatak betonu, kompatibilni su s do sada primjenjivanim plastifikatorima i/ili superplastifikatorima većine svjetskih proizvođača dodataka i veoma dobro se homogeniziraju u betonskoj mješavini i kako je već rečeno, privlačnim silama prijanjaju na površinu armature na potencijalna kako katodna

tako i anodna područja.

3 NAČIN DJELOVANJA I PRIMJENE MCI®-INHIBITORA

MCI®-inhibitori korozije difundiraju [6] u obliku tekuće i parne faze kroz strukturu betona do armature s kojom fizikalno- kemijski reagiraju tvoreći na njoj površini vrlo gusti, za agresivne supstancije i reaktante korozije, nepropusni i rezistentni mikrosloj debljine cca 20 µm štiteći armaturu od korozije, slika 1. Za zaštitu armature od korozije bilo kod novih ili sanacije starih AB-konstrukcija primjenjuju se na dva načina: direktnim i/ili indirektnim dodavanjem MCI®-inhibitora. U prvom slučaju, inhibitor se nanosi u obliku premaza na armaturu ili dodaje u beton i/ili mort, ovisno radi li se o gradnji novih ili sanaciji starih AB konstrukcija. U drugom slučaju, zaštita se ostvaruje primjenom industrijskih proizvedenih materijala (koji već sadrže MCI® inhibitore) za zaštitne i sanacijske radove AB-konstrukcija, kao što su gotovi reparaturni mortovi, premazi ili hidrofobne impregnacije.

Prije nanošenja novog materijala treba se osigurati dovoljna hrapavost podloge. Podloga mora biti čista, slobodna od prašine, nevezanih zrna te nečistoća i materijala koji smanjuju prionjivost. Nakon uklanjanja betona armatura se čisti pri čemu je potrebno: ukloniti koroziju, oljuštene dijelove, mort, prašinu i ostale materijale koji smanjuju prionjivost i pridonose koroziji. Korodiranu armaturu treba čistiti do zdravog kontakta s betonom i do stupnja čistoće Sa 2 1/5. Očišćena i ohrapavljena podloga impregnira MCI®-inhibitorom (slika 1a). Reprofilacija se provodi reparaturnim mortom sa sadržajem MCI®-inhibitora (slika 1b). Završna obrada površine provodi se zaštitno-ukrasnim premazom ili hidrofobnom impregnacijom, oba sa dodatkom MCI®-inhibitora (slika 1c i 1 d).



Slika 1: Način djelovanja MCI®-inhibitora

Bitno je naglasiti da zaštitu armature od korozije i zaštitu novih odnosno sanaciju starih AB-konstrukcija treba izvršiti cjelovitim zaštitnim sustavom, tj. ugraditi materijale za sve tri navedene faze, a ne samo parcijalno jer jedino puni zaštitni sustav dugotrajno i efikasno štiti armaturu od korozije i AB-konstrukciju od degradacije/oštećenja.

4 PRIMJENA MCI®-INHIBITORA NA NADVOŽNJACIMA ATOCESTE SLAVONIKA

U gradnji autocesta, brzih cesta, obilaznica i sl. često se kao manje građevine pojavljuju nadvožnjaci. Prema definiciji, nadvožnjaci su građevine za vođenje drugih prometnica preko prometnice (autoceste ili željeznice) koju projektiramo [7]. Od svih građevina na autocestama najviše je nadvožnjaka. Nadvožnjaci [8] su izloženi

utjecaju atmosferilija sa svih strana te su tijekom zime češće izloženi posoljavanju zbog sigurnosti prometa, što ih stvara pogodne uvjete za inicijaciju i propagaciju korozije armature.

Zaštita od korozije novo izgrađenih nadvožnjaka na autocesti Slavonika prema zahtjevu investitora provedena je primjenom MCI®-inhibitora u cilju odgode trenutka inicijacije korozije i osiguranja produljenog vijeka građevine.

4.1 Zaštita armature primjenom MCI®-inhibitora

Zaštita AB konstrukcije provedena je u dva koraka primjenom topivog migrirajućeg korozijskog inhibitora na bazi amina u vidu impregnacije (i zaštitno-ukrasnog premaz na bazi 1-k akrilatnog veziva u vodenoj disperziji sa dodatkom MCI®-inhibitora.

Prašasti, u vodi topivi migrirajući korozijski inhibitor na bazi amina, formuliran je tako da migrira kroz betonske uključivo i najgušće strukture do čelične armature gdje formira vrlo gusti pasivni sloj otporan prema kloridima i drugim agresivnim supstancijama tj. štiti čeličnu armaturu od korozije uključivo galvanizirani čelik i aluminij. Jedinstvena karakteristika MCI®-inhibitora je sposobnost migracije kroz beton tako da štiti ugrađenu armaturu na znatnoj udaljenosti od površine tj. nije početno u direktnom kontaktu sa armaturom [9 - 12]

Zaštitno-ukrasni premaz je brzosušeci tiksotropni premaz koji formira otpornu nezapaljivu zaštitnu barijeru koja je tijekom očvršćivanja/sušenja temperaturno stabilna (od -40°C do +200°C). Otporan je na UV-zračenje, a djeluje kao impregnacija sprječavajući penetraciju vode i klorida te karbonatizaciju betona.

Prije nanošenja provedeno je visokotlačno čišćenje betona kao priprema za izvedbu zaštitnih slojeva na vidljivim betonskim površinama. Pranje površine provedeno je roto mlaznicom pod takom od 800 bara sa udaljenosti ne veće od 2 m. Na taj način se osiguralo uklanjanje svih površinskih nečistoća i nanesenih slojeva bez uklanjanja samog betona (cementne površinske skramice). Na tako pripremljenoj podlozi pristupilo se impregnaciji sa primjenom topivog migrirajućeg korozijskog inhibitora na bazi amina i to premazivanjem betonske površine, slika 2. Završna obrada provedena je nakon sušenja impregnacije u trajanju od 15-24 sata.

U cilju dodatne zaštite armature od korozije i smanjenja atmosferskih utjecaja na svojstva betona provedena je završna obrada betonske površine zaštitno-ukrasnim premazom , slika 3.



Slika 2: Nanošenje impregnacije s dodatkom migrirajućeg korozijskog inhibitora na bazi amina



Slika 3: Nanošenje zaštitno-ukrasnog premaz na bazi 1-k akrilatnog veziva u vodenoj disperziji sa dodatkom MCI®-inhibitora

5 ZAKLJUČAK

Autocesta Slavonika je u prometu od 2007. godine. Investitor kod zahtijeva zaštite nadvožnjaka MCI®-inhibitorima nije zahtijevao monitoring koji bi nam dao precizne tehničke informacije o djelovanju primijenjenih MCI®-inhibitora za protekli period od 9 godina. Međutim proizvođač MCI®-inhibitora svake godine provodi vizualnu kontrolu AB- konstrukcije nadvožnjaka te na osnovu tih kontrola može se zaključiti da:

- na AB-konstrukciji nadvožnjaka nema vidljivih pojava ljuštenja betonske površine, te nema pojava žuto-smeđih pjega na površini betona koje ukazuju na pojavu korozije armature, te
- nije primijećeno ljuštenje zaštitno-ukrasnog premaza, iz čega se može zaključiti da je zaštitno-ukrasni premaz postojan i bez tragova oštećenja/bljedila izazvanog UV zračenjem.
- Kako je MCI tehnologija zasnovana na principu migriranja/difundiranja inhibitora treba imati na umu da će koncentracija inhibitora s vremenom slabiti, pa se preporuča obavljati monitoring ne samo vizualno već i mjerenjem stanja armature u betonu. Na taj način se ujedno može ustanoviti kada je potrebno ponovno obnoviti premazivanje površine betona migrirajućim inhibitorima, što znači djelovati preventivno i ne dozvoliti inicijaciju korozije na armaturi.

LITERATURA

- [1] Product papers relating to MCI® <http://www.cortecvci.com/Publications/Papers/mciproducts.php>.
- [2] Yongmo, X., Hailong, S., Miksic B.A.: Comparison of Inhibitors MCI and NaNO₂ in Carbonation-Induced Corrosion, *Materials Performance*, Vol. (43) No 1, str. 42-46, (2004), ISSN 0094-1492.
- [3] Francišković J.: Zaštita armature od korozije u armiranobetonskim konstrukcijama, *Građevinar*, Vol. (56), No. 12, str. 743 – 748, (2004).
- [4] Bjegović, D.; Mikšić, B.; Ukrainczyk, V.: Zaštita armature od korozije migracijskim inhibitorima, *Građevinar*. Vol. (50), No. 4, str. 193-202, (1998).
- [5] Bjegovic, D., Stirmer, N.: Teorija i tehnologija betona, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, str. 999, (2015), ISBN 978-953-6272-77-8.
- [6] Technology that Extends the Service Life of Concrete Structures, CORTEC Corporation, Minnesota, USA, (2013).
- [7] Pržulj, M. Nadvožnjaci na autocestama, *GRAĐEVINAR*, Vol. (55), No. 2, str. 63-69, (2003).
- [8] Bjegović, D.: Bjegović, D.: Projektiranje životnog vijeka armiranobetonskih objekata na prometnicama, znanstveno-istraživački projekt, ugovor br. 345-03-03-8044/94 između Javnog poduzeća Hrvatske ceste i Odjela za materijale Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, listopad 1994., str. 137, (1994).
- [9] Bavarian, B. & Reiner, L.: Corrosion Protection of Steel Rebar in Concrete by Migrating Corrosion Inhibitors, *Corrosion 2003*, NACE, (2003)
- [10] Bjegovic, D. & Miksic, B.: Migrating Corrosion Inhibitor Protection of Concrete, *Materials Performance*. Vol. (38), No. 11, str. 52-56, (1999).

- [11] Shen, M., Christianson, M., Domin, M., Merkert, E. F.: Detecting Corrosion Inhibitor Migration Depth in Topically Treated Concrete Using Mass Spectrometry, Corrosion 2016, NACE, paper No. 7235, (2016).
[12] MCI-2020 Long Term Corrosion Test; General Building Research Corporation of Japan; (1999).