

Zabezpieczenie powłokami epoksydowymi stali zbrojeniowej przed korozją w betonie

Dr hab. inż. Mariusz Jaśniok, prof. PŚ, Politechnika Śląska

1. Wprowadzenie

Ochrona powłokowa stali konstrukcyjnej metodą cynkowania ogniowego w konstrukcjach metalowych jest w naszym kraju dość popularnym sposobem zabezpieczenia antykorozyjnego. Jednakże ochrona powłokowa stali zbrojeniowej w betonie, w szczególności z wykorzystaniem powłok epoksydowych, jest w zasadzie nieznaną i niestosowaną. Obecne przepisy normowe Eurokod 2 [N7] dotyczące projektowania konstrukcji betonowych w sposób jawny nie podają możliwości zastosowania ochrony powłokowej zbrojenia, jednakże otwierają projektantowi świadomemu potencjalnych korzyści i zagrożeń taką możliwość. Dla inżynierów budownictwa chcących zgłębić od strony naukowej zalety i wady stosowania powłok epoksydowych wykonywanych na stalowym zbrojeniu, cennym kompendium wiedzy z tego zakresu jest raport techniczny zamieszczony w fib Bulletin 49 [N4]. W niniejszym artykule starano się podsumować aktualny stan wiedzy w zakresie możliwości racjonalnego i bezpiecznego stosowania powłok epoksydowych na stalowych prętach zbrojeniowych w betonie, ze szczególnym uwzględnieniem potencjalnych zagrożeń.

2. Rodzaje powłok epoksydowych i technologia ich wykonania

Zasadniczą cechą powłok epoksydowych wykonywanych na zbrojeniu jest izolacja stali od otoczenia cieczy porowej w betonie, w której mogą znajdować się składniki agresywne migrujące ze środowiska zewnętrznego. Powłoka epoksydowa jest typowym elektrycznym izolatorem, który blokuje rozwój elektrochemicznych procesów korozyjnych na zbrojeniu. Jako optymalną grubość powłoki przyjmuje się 127–229 μm [8]. W praktyce rozróżnia się trzy sposoby wykonywania powłok epoksydowych na stalowym zbrojeniu [9].

Pierwszym sposobem jest pomalowanie lub rozpylenie ciekłej żywicy epoksydowej na powierzchni stali zbrojeniowej. Jednakże ciekła żywica epoksydowa zawiera rozpuszczalniki, które po aplikacji na stali odparowują, pozostawiając pory. Ponadto ciekły, termokurczliwy materiał powłoki przed utwardzeniem spływa z żeberk stali zbrojeniowej w przestrzeń między żebrami. W konsekwencji na żeberkach grubość powłoki jest bardzo mała, natomiast w strefie międzyżeberkowej zbyt duża [9].

Drugim sposobem uzyskania powłoki epoksydowej na zbrojeniu jest przepuszczenie wstępnie nagrzanej stali przez złożo

fluidalne, czyli zawiesinę drobnych cząstek ciała stałego w strumieniu gazu, które zawiera proszek epoksydowy stapiający się z powierzchnią metalu. Przez złożo fluidalne przepuszczany jest strumień powietrza, dzięki czemu proszek epoksydowy zachowuje się jak ciecz [9].

Trzecim, najpowszechniej stosowanym sposobem otrzymania powłoki epoksydowej na zbrojeniu jest elektrostatyczne natryskiwanie proszku epoksydowego na powierzchnię stali – rysunek 1. Powierzchnię stali zbrojeniowej czyści się sprężonym powietrzem metodą strumieniowo-ścierną. Stalowe pręty nagrzewa się w piecu gazowym lub elektrycznym do temperatury 230°C. Na rozgrzane pręty rozpyla się suchy proszek epoksydowy, który elektryzowany podczas wyrzutu z dysz ciśnieniowych, przyciągany jest elektrostatycznie do powierzchni gorącej stali. Z chwilą uderzenia w rozgrzaną powierzchnię zbrojenia, cząstki proszku epoksydowego ulegają roztopieniu, a proszek przechodzi w żel, spajając się ze strukturą stali. Po zestaleniu film epoksydowy jest schładzany wodą lub powietrzem. Uzyskana powłoka charakteryzuje się bardzo wysoką jakością. Nie ma w niej żadnych porów ani spękań [9].

W konstrukcjach żelbetowych stosuje się dwa rodzaje powłok epoksydowych. Pierwszy rodzaj – **pre-bent**, to powłoki nakładane na wcześniej całkowicie przygotowane do włożenia w deskowanie pręty zbrojeniowe, bez możliwości ich odginania w taktie montażu na budowie [N2]. Drugi rodzaj – **post bent**, to powłoki wtapiane w proste pręty zbrojeniowe, które po nałożeniu powłoki epoksydowej można dowolnie kształtować (odginać) przed ułożeniem w deskowaniu [N1]. Ze względu na barwę powłoki, system pre-bent potocznie określany jest jako pręty popielate lub fioletowe, natomiast system post bent jako pręty zielone [M1]. Zielona powłoka epoksydowa systemu post bent charakteryzuje się dużą elastycznością, co ułatwia dostosowanie kształtu zabezpieczonych prętów zbrojeniowych do potrzeb na budowie. Popielate lub fioletowe



Rys. 1. Nakładanie powłok epoksydowych na stal zbrojeniową [M1]

powłoki systemu pre-bent wykazują lepsze właściwości adhezyjne do stali i większą trwałość od powłok pre-bent. Jak podkreślają producenci, oba typy powłok są przyjazne środowisku [M1].

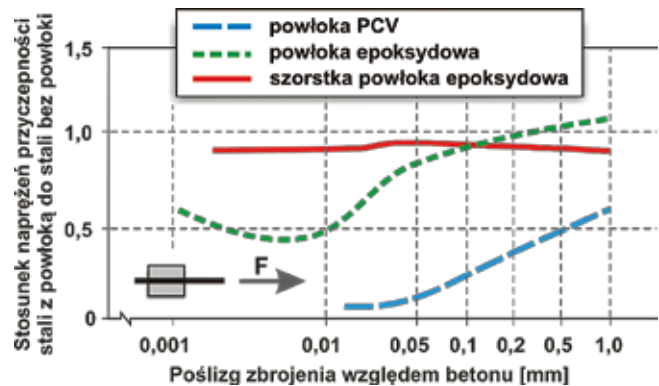
Metodyka wykonywania powłok epoksydowych na zbrojeniu stosowanym w konstrukcjach żelbetowych została opisana w normie ISO 14654 [N5]. W tej normie scharakteryzowane wyżej powłoki elastyczne (post bent) określa się jako typ A, z kolei powłoki nieelastyczne (pre-bent) jako typ B. Natomiast wymagania stawiane proszkom epoksydowym do wykonywania powłok, a także materiałom umożliwiającym naprawę uszkodzeń i nieuszczelnności powłok na zbrojeniu przedstawiono w normie ISO 14656 [N6]. Wytyczne dotyczące zabezpieczenia powłokami epoksydowymi zbrojenia znajdują się również w normach krajowych, głównie amerykańskich: ASTM A 775/A 775M-97 [N1], ASTM A 934/A 934M-97 [N2] i ASTM D 3963/A 3963M-97 [N3].

3. Przyczepność zbrojenia z powłoką epoksydową do betonu

Wieloletnie doświadczenia związane z badaniami zachowania się wiązań pomiędzy sztucznymi tworzywami a betonem pokazały, że należy zachować daleko idącą ostrożność w przypadku ich stosowania w konstrukcjach betonowych. Przykładowo wycofane z rynku powłoki PCV były nie tylko słabo odporne na alkaliczne środowisko cieczy porowej betonu, ale również charakteryzowały się nieakceptowalnie niską przyczepnością do betonu. Stąd też ostatecznie zakazano ich stosowania w konstrukcjach [N4].

Natomiast znacznie lepiej sytuacja wygląda w przypadku powłok epoksydowych, chociaż wszystkie badania doświadczalne jednoznacznie potwierdzają zjawisko wygładzania powierzchni zbrojenia przez powłokę. Powoduje to redukcję sił przyczepnościowych (w porównaniu do zbrojenia bez powłoki) z równoczesnym wzrostem poślizgu pomiędzy prętem i betonem [4, 12]. Im grubsza powłoka, tym obserwowany efekt jest większy. Pręty z powłoką epoksydową o grubości powyżej 500 μm istotnie zmniejszają przyczepność, natomiast powłoki o grubości poniżej 250 μm zapewniają przyczepność porównywalną do prętów bez powłoki, ale za to wywołują większy poślizg pomiędzy betonem i zbrojeniem [N4, 4, 12].

Wyniki badań przyczepności do betonu żebrowanych prętów zbrojeniowych średnicy 16 mm zabezpieczonych trzema typami powłok z tworzyw sztucznych: epoksydową, epoksydową szorstką oraz PCV [13] zestawiono porównawczo na rysunku 2. Badania przeprowadzono metodą *pull-out*, mierząc poślizg pręta względem betonu oraz stosunek naprężeń przyczepności pręta z powłoką do pręta bez powłoki. Wyniki badań (rys. 2) pokazały, że jeżeli poślizg jest nieznaczny (poniżej 0,01 mm), to powłoka epoksydowa (zwykła) oraz powłoka PCV silnie redukują siły adhezji pomiędzy prętem i betonem w porównaniu do pręta bez powłoki. Zasadniczo obie powłoki epoksydowe jako twardsze tworzywa sztuczne są korzystniejsze pod względem przyczepności do betonu, niż bardziej miękka powłoka z PCV. Najlepiej z trzech analizowanych powłok zachowywała się szorstka powłoka epoksydowa



Rys. 2. Porównanie przyczepności do betonu prętów zbrojeniowych zabezpieczonych powłokami z tworzyw sztucznych i bez powłoki [13]

(opracowana w Niemczech [13]), która zapewniała przyczepność na poziomie pręta bez powłoki w całym zakresie badanego poślizgu. W przypadku, gdy poślizg pręta względem betonu był większy (powyżej 0,05 mm), główną rolę zaczynały odgrywać wiązania mechaniczne zapewnione przez żeberka prętów. Na tym poziomie przemieszczeń pręta względem betonu nie było już istotnej różnicy pomiędzy prętami z powłokami epoksydowymi a prętami bez powłok [N4].

Jak wiadomo, przyczepność pręta zbrojeniowego do betonu wiąże się pośrednio również ze zjawiskiem zarysowania oraz ugięcia konstrukcji żelbetowej. W pracach [3, 2] wykonując badania porównawcze belek żelbetowych, stwierdzono, że zbrojenie z powłokami epoksydowymi powoduje zarówno wzrost rozstawu jak i szerokości rozwarcia rys (o około 50%). Nie stwierdzono natomiast żadnej istotnej różnicy w sztywnościach tych belek mierząc porównawczo ich ugięcia.

4. Degradacja powłoki na zbrojeniu w betonie

Głównym zadaniem powłoki epoksydowej na zbrojeniu jest izolacja stali przed czynnikami korozyjnymi wnikającymi lub istniejącymi w betonie. Powłoka działa wyłącznie jak bariera odcinająca stal od otoczenia [N4]. Jednak, jak pokazują badania, żadna z powłok epoksydowych na zbrojeniu nie jest całkowicie nieprzepuszczalna, zwłaszcza w dłuższym okresie czasu, i to zarówno w odniesieniu do wnikania wody, jak i w mniejszym stopniu w odniesieniu do dyfuzji chlorków [5, 12, 11]. Przebieg degradacji powłoki epoksydowej na stalowym zbrojeniu w betonie schematycznie pokazano na rysunku 3 [10].

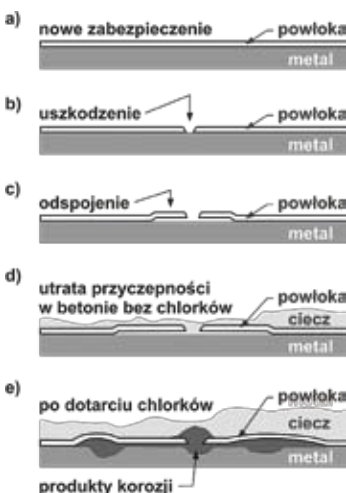
Świeżo wykonane powłoki (rys. 3a) na prętach zbrojeniowych mogą mieć pewne wady fabryczne (rys. 3b) w postaci punktowych uszkodzeń, aczkolwiek jest to raczej rzadkością. Częściej punktowe uszkodzenia powłok powstają podczas transportu prętów na budowę, czy też w czasie montażu zbrojenia w deskowaniu. Lokalne uszkodzenia powłok, w wyniku pozostawienia bez osłony na placu budowy, z biegiem czasu mogą przekształcić się w lokalne odspojenia (rys. 3c), których przyczyną zazwyczaj jest wnikająca woda deszczowa. Jeśli zbrojenie z lokalnymi odspojeniami powłoki epoksydowej zostanie zabetonowane, to w przypadku betonu nie zawierającego chlorków (rys. 3d) można się spodziewać lokalnej utraty

przyczepności powłoki do stali. Natomiast w przypadku betonu zawierającego chlorki w krótkim czasie możliwa jest inicjacja procesów korozyjnych na stali pod powłoką (rys. 3d) i stopniowy wzrost jej rozwarstwienia [N4].

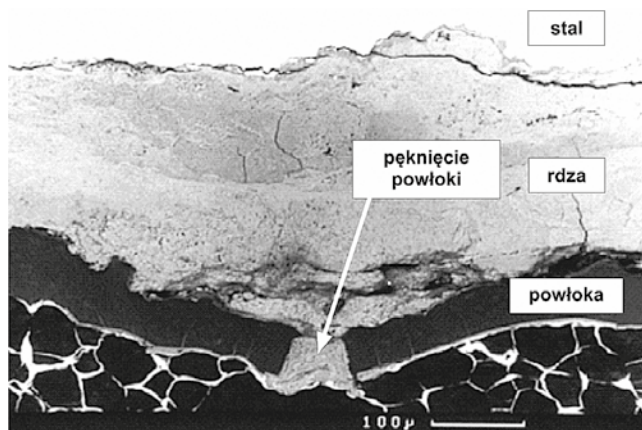
Fotografia pokazana na rysunku 4 pokazuje tworzenie się produktów korozji na stali zbrojeniowej zabezpieczonej powłoką PCV w betonie [N4]. Powłoka PCV jest lokalnie uszkodzona, ponieważ ma punktowe przebicie o szerokości nie przekraczającej 100 μm. Jeśli w betonie znajdują się czynniki agresywne (np. chlorki), to z łatwością przenikną przez defekty w powłoce, docierając do stalowego podłoża. Wówczas rozwija się tzw. korozja szczelinowa. Produkty korozji stali mając objętość większą od stali, z której powstały, stopniowo odsuwają powłokę od powierzchni metalu. Rozwój korozji pomiędzy powłoką a stalą często prowadzi do powstawania płaskich zagłębień o niskiej zawartości tlenu, co spowalnia przebieg degradacji [N4].

Proces korozji stali zbrojeniowej pod powłoką determinuje kilka istotnych czynników. Miejsca defektów powłoki pracują zawsze jako anody, natomiast obszary wokół anod pod nieuszkodzoną powłoką jako katody. Ponadto, aby mogło działać ogniwo korozyjne, musi być zapewniony dostęp wody (czyli cieczy porowej betonu) oraz dostęp tlenu. Oba kluczowe dla przebiegu korozji czynniki (woda i tlen) muszą przenikać bezpośrednio przez powłokę, docierając do stref katodowych. Korozja przebiega szybciej, gdy nieuszkodzona powłoka w strefach katodowych jest odspojona od stali [N4].

Opisane wyżej zjawiska degradacji powłoki epoksydowej dotyczą pojedynczego pręta zbrojeniowego. Natomiast w typowej konstrukcji żelbetonowej, jak wiadomo, mamy do czynienia z wieloma połączonymi ze sobą wkładkami. Z punktu widzenia ochrony zbrojenia przed korozją pojawia się pytanie o sens zabezpieczania wszystkich prętów w konstrukcji. Problem ten dobrze ilustruje rysunek 5, który schematycznie przedstawia fragment przekroju poprzecznego płyty parkingowego.

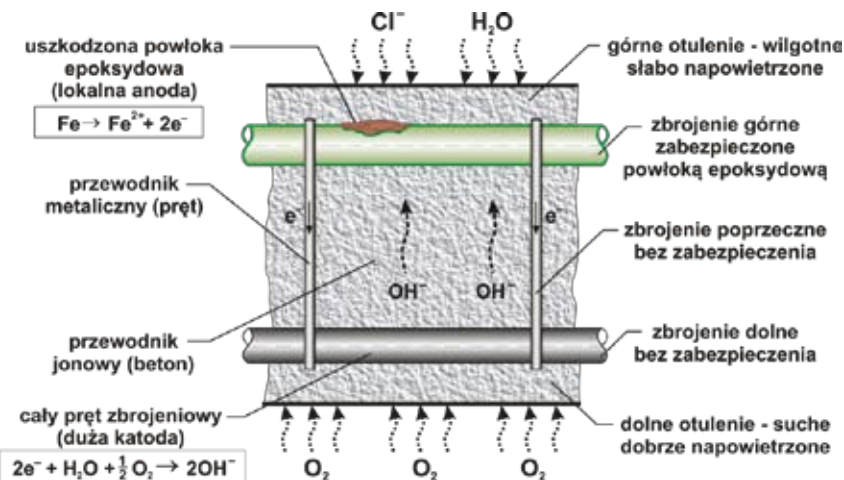


Rys. 3. Etapy rozwoju korozji stali zbrojeniowej zabezpieczonej powłoką epoksydową w betonie [10] – opis w tekście

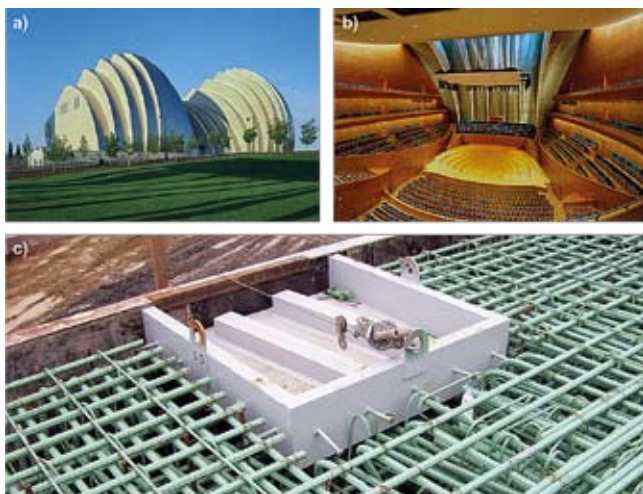


Rys. 4. Powstawanie rdzy pod powłoką PCV na stali zbrojeniowej w wyniku lokalnego uszkodzenia powłoki [N4]

Zbrojenie górne, narażone na oddziaływanie wnikających przez otulenie chlorków, pochodzących ze środków do odładzania powierzchni parkingów, zabezpieczono powłoką epoksydową. Natomiast zbrojenie dolne płyty zabetonowano bez żadnej ochrony powłokowej. Okazuje się, że w przypadku nawet punktowego uszkodzenia powłoki epoksydowej na górnym zbrojeniu (np. w trakcie układania w deskowaniu), tak jak wcześniej opisywano, w strefie defektu tworzy się anoda. W przeciwieństwie do sytuacji pokazanej na rysunku 4 katoda powstanie tutaj na ogromnej powierzchni dolnego niezabezpieczonego powłokowo zbrojenia. Wynika to z faktu, że ta strefa betonu płyty jest dobrze napowietrzona (bo sucha), a dolne zbrojenie jest elektrycznie połączone ze zbrojeniem górnym prętami pionowymi, co zapewnia przepływ elektronów poprzez metal między anodą i katodą. Przepływ jonów wodorotlenowych powstających w reakcji depolaryzacji tlenowej na katodzie odbywa się poprzez ciecz porową betonu. Tak więc spełnione są wszystkie warunki istnienia ogniwa korozyjnego.



Rys. 5. Ogniwo korozyjne powstające pomiędzy prętem zbrojeniowym zabezpieczonym powłoką epoksydową a prętem bez powłoki [7]



Rys. 6. Centrum Sztuk Scenicznych im. Kauffmana w Kansas City [M2]: a) elewacja, b) widok od środka, c) zbrojenie z powłoką epoksydową w deskowaniu

W przeciwieństwie do sytuacji pokazanej na rysunku 4 skala problemu degradacji jest tutaj nieporównywalnie większa. Wynika ona z proporcji pomiędzy powierzchnią anody i katody. Gdy wszystkie pręty w konstrukcji są zabezpieczone powłokowo, to mała strefa anodowa w miejscu defektu wiąże się z równie małą strefą katodową w sąsiedztwie defektu – rysunek 4. Natomiast mała strefa anodowa w uszkodzonej powłoce zbrojenia górnego, połączona z ogromną strefą katodową na niezabezpieczonym powłokowo zbrojeniu (rys. 5), powoduje zazwyczaj znaczący wzrost szybkości korozji i szybszą degradację korozyjną stali w betonie.

Opisane wyżej zjawisko degradacji korozyjnej zbrojenia wystąpiło na dużą skalę w latach 80. XX wieku w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie, gdzie pokazany na rysunku 5 „oszczędnościowy” sposób powłokowego zabezpieczenia zbrojenia zastosowano w płytach pomostowych wielu wiaduktów i mostów autostradowych. Wyjaśnienie tego problemu znalazło się w raporcie [1].

5. Przykłady zastosowania zbrojenia zabezpieczonego powłoką epoksydową

Ciekawym przykładem konstrukcji, w którym zastosowano zbrojenie zabezpieczone powłoką epoksydową, jest Centrum Sztuk Scenicznych im. Kauffmana w Kansas City – rysunek 6.

Obiekt o oryginalnej architekturze w formie dwóch przylegających do siebie muszli funkcjonalnie został podzielony na część teatralną i koncertową. Sala teatralna została przewidziana na 1800 miejsc, natomiast sala koncertowa ze sceną w części centralnej może pomieścić 1600 osób. Ogromny rozmach tej inwestycji i wysoki koszt jej realizacji (413 milionów dolarów) wiązał się z koniecznością zapewnienia między innymi doskonałej akustyki i trwałości przez cały okres jej użytkowania. Sumarycznie w konstrukcji zastosowano 872 tony stalowego zbrojenia zabezpieczonego powłoką epoksydową [M2].

Innym przykładem konstrukcji ze zbrojeniem zabezpieczonym powłokami epoksydowymi jest most na wlocie rzeki Indian w Sussex County, stan Delaware, USA – rysunek 7. W tej lokalizacji



Rys. 7. Most na wlocie rzeki Indian w Sussex County, stan Delaware (USA): a) widok całego mostu, b) szkielet zbrojeniowy zabezpieczony powłoką epoksydową, c) zbrojenie z powłoką w trakcie montażu; [M2]

wcześniej istniały obiekty mostowe wzniesione w 1934, 1938, 1952 i 1966 r. Nowa konstrukcja ukończona w 2012 r. jest mostem wantowym (podwieszonym) z czterema pylonami i dwurzędowymi wantami. Ma trzy przęsła, z których najdłuższe środkowe o rozpiętości 290 m. Całkowita długość mostu wynosi 790 m, szerokość 33 m, a wysokość pylonów 73 m.

W celu eliminacji czynników istotnie obniżających trwałość konstrukcji wszystkie cztery pylony posadowiono poza wodą. W moście zastosowano 3000 ton zbrojenia z powłokami epoksydowymi. Całkowity koszt realizacji inwestycji wyniósł 150 milionów dolarów [M2].

6. Podsumowanie

Zbrojenie zabezpieczane powłokami epoksydowymi – ECR *Epoxy-Coated Rebars* – wprowadzono w Stanach Zjednoczonych na początku lat 70. [8]. Po raz pierwszy zbrojenie chronione powłoką epoksydową zastosowano w 1973 r. w płycie żelbetowej mostu West Conshohocken w Pensylwanii. Kilka lat temu uroczystie obchodzona była 40. rocznica pierwszego zastosowania powłok epoksydowych na zbrojeniu [M2].

Do niedawna zużycie żywic epoksydowych do zabezpieczenia stali zbrojeniowej w Stanach Zjednoczonych miało bardzo wyraźną tendencję wzrostową: od ok. 1000 ton rocznie w 1970 r. do około 250 000 ton rocznie w 1990 r. W Kanadzie obecnie obserwuje się bardzo szybki wzrost liczby aplikacji, natomiast w Europie realizowane są jedynie pojedyncze projekty. Na Bliskim Wschodzie roczne zużycie żywic epoksydowych do powłokowej ochrony zbrojenia kształtuje się na poziomie 30 000 ton [M2].

Należy nadmienić, że ponad 20 lat temu w Niemczech alternatywnie podjęto próbę zastosowania innego rodzaju powłoki z tworzywa sztucznego – powłoki z PCV [6]. Niestety badania doświadczalne wykazały, że powłoka nie była wystarczająco odporna na alkaliczne środowisko cieczy porowej betonu. Dochodziło do reakcji pomiędzy migrującym z powłoki PCV plastyfikatorem (zmiękcaczem) a wysoko zasadową cieczą porową. W konsekwencji polichlorek winylu (PCV) kruszył się,

pekał i w stosunkowo krótkim czasie (po kilku miesiącach) pojawiały się pierwsze ślady korozji. Ponieważ nowatorska powłoka PCV na zbrojeniu nie sprawdziła się w praktyce, produkt ten całkowicie wycofano z rynku [N4].

Pomimo iż zabezpieczanie stalowego zbrojenia powłokami epoksydowymi ma już kilkudziesięcioletnią tradycję i wielu zwolenników na całym świecie, to jednak z punktu widzenia niebezpiecznych skutków nawet lokalnego ich uszkodzenia, zdaniem autora wyraźnie ustępują nieporównywalnie mniej wrażliwym na analogiczne uszkodzenia ogniowym powłokom cynkowym stosowanym na zbrojeniu [14].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Clear K. C., Virmani Y. P., Corrosion of non-specification epoxy-coated rebars in salty concrete. *Public Roads* 47, 1983, str. 1–10
- [2] Cleary D. B., Ramirez J. A., Bond strength of epoxy coated reinforcing cement. *ACI Materials Journal*, 88, 1991, str. 146–149
- [3] Clifton J. R., Mathey R. G., Bond and creep characteristics of coated reinforcing bars in concrete, *ACI*, 1983, str. 288–293
- [4] Clifton J. R., Protection of reinforcing bars with organic coatings, *Materials Performance* 15, 1976, str. 14–17
- [5] Kurdowski W., *Chemia cementu i betonu*, Wydawnictwo Polski Cement, Kraków, 2010, Wydawnictwo PWN, Warszawa, 2010
- [6] Nürnberger U., Beul W., Einfluß einer Feuerverzinkung und PVC-Beschichtung von Bewehrungsstählen und von Inhibitoren auf die Korrosion von Stahl in gerissenem Beton, *Werkstoffe und Korrosion* 42, 1991, str. 537–546
- [7] Nürnberger U., *Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen*, Bauverlag Wiesbaden, 1995
- [8] Pyć W. A., Field Performance of Epoxy-Coated Reinforcing Steel in Virginia Bridge Decks. PhD dissertation, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, September 4, 1998, Blacksburg, Virginia, PDF-format
- [9] Richner P., Kürsteiner J., Einsatz von epoxidharzbeschichteten Bewehrungsstählen im Betonbau. *Forschungsbericht 87/99 der EMPA*, Switzerland, 2001

[10] Sagüés A. A., An update on corrosion processes and field performance of epoxycoated reinforcing steel. Presentation at the COST 509 Workshop Corrosion and protection of metals in contact with concrete, Sevilla, Spain, September 1995

[11] Salparanta L., Epoxy coated concrete reinforcement [in]: Page C.L., Treadaway K.W.J., Bamforth P.B., *Corrosion of reinforcement in concrete*, Elsevier Applied Science London, New York 1990, str. 559–570

[12] Salparanta L., Epoxy-coated concrete reinforcements, Research Report 525, Technical Research Centre of Finland, Espoo, 1988

[13] Schiessl P., Reuter C., Epoxidharzbeschichtete Betonstähle [in]: *Korrosionsschutz in verschiedenen Branchen*, Teil 12, Kapitel 3.15.1, WEGA-Verlag, 1992, str. 1–14

[14] Jaśniok M., Zabezpieczenie stali zbrojeniowej przed korozją w betonie metodą cynkowania ogniowego, *Przegląd Budowlany* 2/2018, str. 18–23.

NORMY I BIULETYNY

[N1] ASTM A 775/A 775M-97 Standard Specification for Epoxy-Coated Reinforcing Steel Bars, American Society for Testing and Materials, 1997

[N2] ASTM A 934/A 934M-97 Standard Specification for Epoxy-Coated Prefabricated Steel Reinforcing Bars, American Society for Testing and Materials, 1997

[N3] ASTM D 3963/A 3963M-97 Standard Specification for Fabrication and Jobsite Handling of Epoxy-Coated Reinforcing Steel Bars, American Society for Testing and Materials, 1997

[N4] Bulletin 49 FIB, Corrosion protection of reinforcing steels, Technical report prepared by Task Group 9.7, February 2009

[N5] ISO 14654: Epoxy-coated steel for the reinforcement of concrete; International Organization for Standardization, 1999

[N6] ISO 14656: Epoxy powder and sealing material for the coating of steel for the reinforcement of concrete; International Organization for Standardization, 1999

[N7] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1–1: Reguły ogólne i reguły dla budynków

MATERIAŁY ZE STRON INTERNETOWYCH

[M1] Informacje techniczne FBC Systems, Inc., Concrete Reinforcing Steel, Corrosion Protection; <http://www.fbcsystems.com/crs.html>

[M2] Materiały ze strony: epoxycoatedrebar.com



V Forum Budowlane Płock 2018 7 - 8 listopada



Organizator

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej

Współpraca

- | | |
|---|--|
| • Mazowiecka Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa | • Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej |
| • Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa | • Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji WAT |
| • Naczelna Organizacja Techniczna Federacja Stowarzyszeń Naukowo - Technicznych Rada w Płocku | • Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW |
| | • Experimental Centre |

Program Forum

- Konferencja naukowo - techniczna „**Współczesne problemy budownictwa. Budownictwo modułowe i prefabrykowane**”
 - Budownictwo modułowe: koncepcje, systemy, technologie, badania i projektowanie
 - Prefabrykacja w budownictwie ogólnym i inżynieryjnym
 - BIM w projektowaniu i realizacji obiektów budowlanych
 - Eksploatacja obiektów budowlanych: diagnostyka, przebudowa, wyburzenia i rozbiórki, recykling
 - Problemy technologii i organizacji procesów budowlanych
- Warsztaty inżynierów budownictwa: „**Nowoczesne technologie dla budownictwa**”
- Sesja specjalna: „**Historia, teraźniejszość i perspektywy rozwoju budownictwa w Płocku**”

Organizatorzy zapraszają inżynierów budownictwa, studentów i pracowników naukowych uczelni, firmy funkcjonujące w sektorze budownictwa oraz innych zainteresowanych tematyką

Bierne uczestnictwo w Forum jest bezpłatne

Szczegółowe informacje dostępne są na stronie www.fb2018.pw.plock.pl