

AKTYWNE METODY WZMACNIANIA I ZABEZPIECZANIA KONSTRUKCJI ŻELBETOWYCH



NAPRAWA, ZABEZPIECZENIE, TRWAŁOŚĆ



FREYSSINET POLSKA ZAJMUJE SIĘ:

- KONSTRUKCJAMI SPRĘŻONYMI I TECHNOLOGIAMI I TECHNOLOGIĄ ICH BUDOWY
- SPRĘŻANIEM STROPÓW W BUDYNKACH MIESZKALNYCH, BIUROWYCH, PRZEMYSŁOWYCH, UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ
- ŁOŻYSKAMI I DYLATACJAMI MOSTOWYMI
- KONSTRUKCJAMI Z GRUNTU ZBROJONEGO
- NAPRAWAMI KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH

FREYSSINET

TO ŚWIATOWY LIDER W DZIEDZINIE SPRĘŻANIA KONSTRUKCJI I ICH NAPRAW, DZIAŁAJĄCY NA RYNKU OD BLISKO 70 LAT.

FOREVA

Solutions
Foreva



to filozofia realizacji napraw konstrukcji, stosowana przez firmę Freyssinet od 1975 roku, polegająca na dostosowywaniu materiałów i technologii do potrzeb Klienta, przedstawianiu mu możliwych alternatyw i wspólnym szukaniu rozwiązań optymalnych, na towarzyszeniu Klientowi począwszy od pomysłu naprawy konstrukcji poprzez fazy diagnostyki, projektowania i optymalizacji rozwiązań aż do zakończenia realizacji robót i dalszego monitorowania zachowania się obiektu po naprawie.

Zgromadzenie we Freyssinet, jako firmie globalnej, wiedzy i doświadczenia z całego świata, pozwala na podejmowanie się wykonania nawet najtrudniejszych prac, czego przykładem może być choćby naprawa tunelu kolejowego pod kanałem La Manche po pożarze.

Freysinet Polska preferuje w robotach naprawczych stosowanie aktywnych metod wzmacniania i zabezpieczania konstrukcji.

AKTYWNE METODY WZMACNIANIA KONSTRUKCJI ŻELBETOWYCH

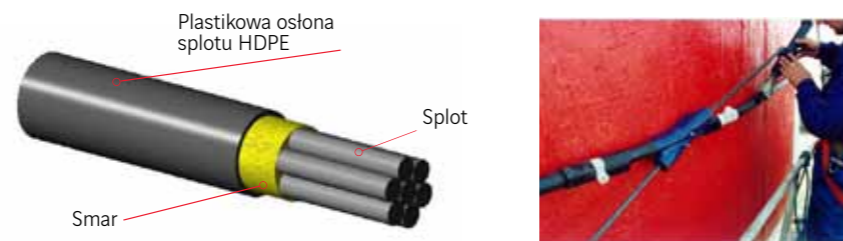
„We wszystkich przypadkach, gdy strefa rozciągana jest przyczyną postępowania wzmacniającego, sprężenie jest najbardziej efektywnym działaniem. Jest tak dlatego, że przedstawia ono aktywną ingerencję w istniejącą konstrukcję. Nie tylko zapobiega dalszym pękaniom, rozszerzaniu się rys, powiększaniu się przemieszczeń spowodowanych pęczaniem betonu, ale w odróżnieniu od biernych interwencji likwiduje przyczyny, zamykając rysy, odciążając przeciążone strefy ściskania i podnosząc zbyt ugięte części konstrukcji”

Prof. S. Kuś.

Wzmocnienie zbiorników przez dodatkowe sprężenia jest bardziej efektywne od „klasycznego” zamontowania dodatkowej siatki zbrojeniowej i pokrycia jej torkretem i pozwala na wykorzystanie w pełni potencjału konstrukcji. Przy dodatkowym sprężaniu najczęściej wykorzystuje się NSS.

NISKOTARCIOWY SYSTEM SPRĘŻANIA (NSS)

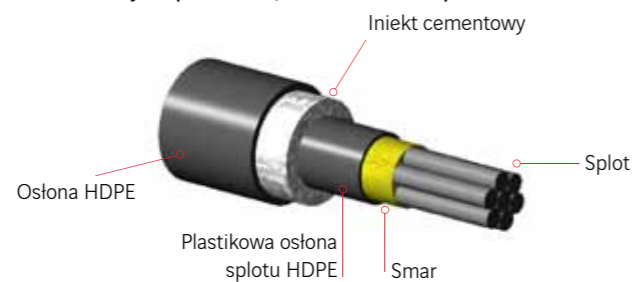
PODSTAWOWE ELEMENTY SYSTEMU SPLOT BEZPRZYCZEPNOŚCIOWY



TYP SPLOTU	POLE PRZEKROJU	NOŚNOŚĆ CHARAKTERYSTYCZNA (1860 MPa)
	[mm ²]	[kN]
T13	93	173
T13S	100	186
T15	139	258
T15S	150	279

CZTEROSTOPNIOWE ZABEZPIECZENIE ANTYKOROZYJNE

Smar wypełniający wszystkie puste przestrzenie pomiędzy drutami oraz pierwszą osłoną hdpe, wewnętrzna osłona hdpe, warstwa zaczynu cementowego wtłaczana pomiędzy dwie osłony hdpe, zewnętrzna osłona hdpe.



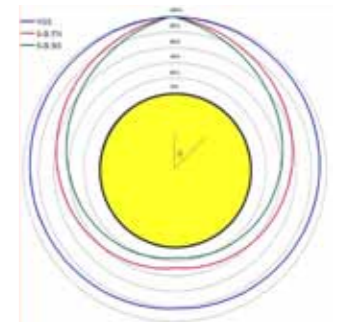
PODSTAWOWE ELEMENTY SYSTEMU ZAKOTWIENIE X



TYP ZAKOTWIENIA	MAKSYMALNA SIŁA SPRĘŻAJĄCA NA METR WYSOKOŚCI KONSTRUKCJI
	[MN/m]
1X	1,9
2MX	3,3
3X	4,5
w pilastrach	2,2

STRATY SIŁY SPRĘŻAJĄCEJ W ZALEŻNOŚCI OD TYPU SPRĘŻENIA ZBIORNIKA CYLINDRYCZNEGO

KĄT	NSS	S-B PN	S-B BS
0	100,0%	100,0%	100,0%
15	98,4%	90,3%	85,5%
30	96,9%	81,5%	73,3%
45	95,4%	73,6%	63,3%
60	93,9%	66,5%	54,3%
90	91,0%	54,2%	40,0%
120	88,2%	44,2%	29,5%
135	86,8%	39,9%	25,3%
150	85,5%	36,0%	21,7%
180	82,8%	29,4	16,0%



NISKOTARCIOWY SYSTEM SPRĘŻANIA (NSS)

Podstawowe zalety systemu wprowadzenie sprężenia do konstrukcji w sposób całkowicie kontrolowany, brak konieczności wygładzania powierzchni, łatwe i szybkie wykonanie naprawy, jedno kotwienie na obwodzie, brak pilastrów, możliwość wzmacniania silosów zgrupowanych w baterie, niskie straty sprężania, trwałość systemu nie wymagająca konserwacji, brak dodatkowego obciążenia fundamentu.

WZMOCNIENIE PRZEZ SPRĘŻENIE ZEWNĘTRZNE

Wzmacnianie konstrukcji przed dodatkowe sprężenie można projektować i wykonywać nie tylko w przypadku obiektów żelbetowych o przekroju kołowym. Tego typu rozwiązania znalazły zastosowanie w mostach żelbetowych, mostach o konstrukcji stalowej a także konstrukcjach z drewna klejonego.

mostach stalowych



konstrukcjach drewnianych



zakotwienie typu R



żelbetowych stropach płaskich



mostach żelbetowych



SILOS W ZAKŁADACH WAPIENNYCH,
Lhoist Bukowa 2009

sprężenie powłoki cylindrycznej silosu na wapno



ZBIORNIK ŻELBETOWY WKF,
Opole, 2001 r

sprężenie powłoki cylindrycznej i stożka górnego, 29 kabli 1L15 – zakotwienia X



KOMIN ŻELBETOWY
H=150 m, Adamów, 2001 r

sprężenie płaszcza komina, 120 kabli 1L15 – zakotwienia X



ZBIORNIK ŻELBETOWY,
Zdzieszowice, 2000 r.

sprężenie powłoki cylindrycznej i stożka dolnego, 20 kabli 1L15 – zakotwienia X



SILOSY ŻELBETOWE,
Krasnystaw, 1999 r

sprężenie powłoki cylindrycznej 34 kabli 1L15 – zakotwienia X
27 kabli 3L15 – zakotwienia 3X



SILOSY ŻELBETOWE,
Bodaczów, 1998 r

sprężenie powłok cylindrycznych 2 silosów po 60 kabli 1L15 na silos (zakotwienia X)



HALA STULECIA,
Wrocław, 2009 r.

sprężenie obwodowe pierścienia żelbetowego u podstawy kopuły



AKTYWNE METODY ZABEZPIECZANIA KONSTRUKCJI ŻELBETOWYCH

W nowych konstrukcjach żelbetowych zbrojenie jest zabezpieczone antykorozyjnie przez bardzo cienką, dobrze przylegającą do powierzchni, szczelną i odporną chemicznie oraz przewodzącą prąd elektryczny warstwę tlenku żelaza $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ powstającą przy wysokim pH otaczającego środowiska (betonu). Zagrożeniem dla trwałości tej warstewki jest:

- obniżenie pH (zakwaszenie) otaczającego betonu wskutek procesu karbonatyzacji
- dotarcie czynników korozyjnych bezpośrednio do stali zbrojeniowej na skutek uszkodzeń mechanicznych otuliny betonowej (np. zarysowania konstrukcji na skutek oddziaływania sił zewnętrznych czy korozji mrozowej).

W warunkach zwilgocenia otuliny betonowej (wilgotność optymalna dla procesu to 60% wilgotności względnej), docierające z powietrza tlen i dwutlenek węgla reagują z wodorotlenkiem wapnia, zawartym w betonie, w głównej mierze odpowiedzialnym za zasadowość betonu. W efekcie powstaje obojętny węgiel wapnia, który doszczelnia strukturę betonu i woda. Konsekwencją tej reakcji jest stopniowe obniżenie się pH betonu. Gdy jego wartość spadnie poniżej 11, to powierzchniowa warstwa pasywująca z tlenku żelazowego ulega degradacji. Po jej zniszczeniu, na powierzchni stali powstają obszary o różnych potencjałach pomiędzy metalem a elektrolitem, który tworzy ciecz porowa w betonie. Powstają się lokalne ogniska korozyjne, składające się z punktowych anod i katod. Procesy korozyjne są bardziej widoczne na anodzie, następuje niszczenie stali i pojawia się rdza, która poprzez wzrost swojej objętości, doprowadza do pęknięcia otuliny betonowej.

SYSTEMY FOREVA® SŁUŻĄCE KONTROLI PROCESÓW KOROZYJNYCH

W procesie korozji stali zbrojeniowej w betonie można wyróżnić trzy fazy:

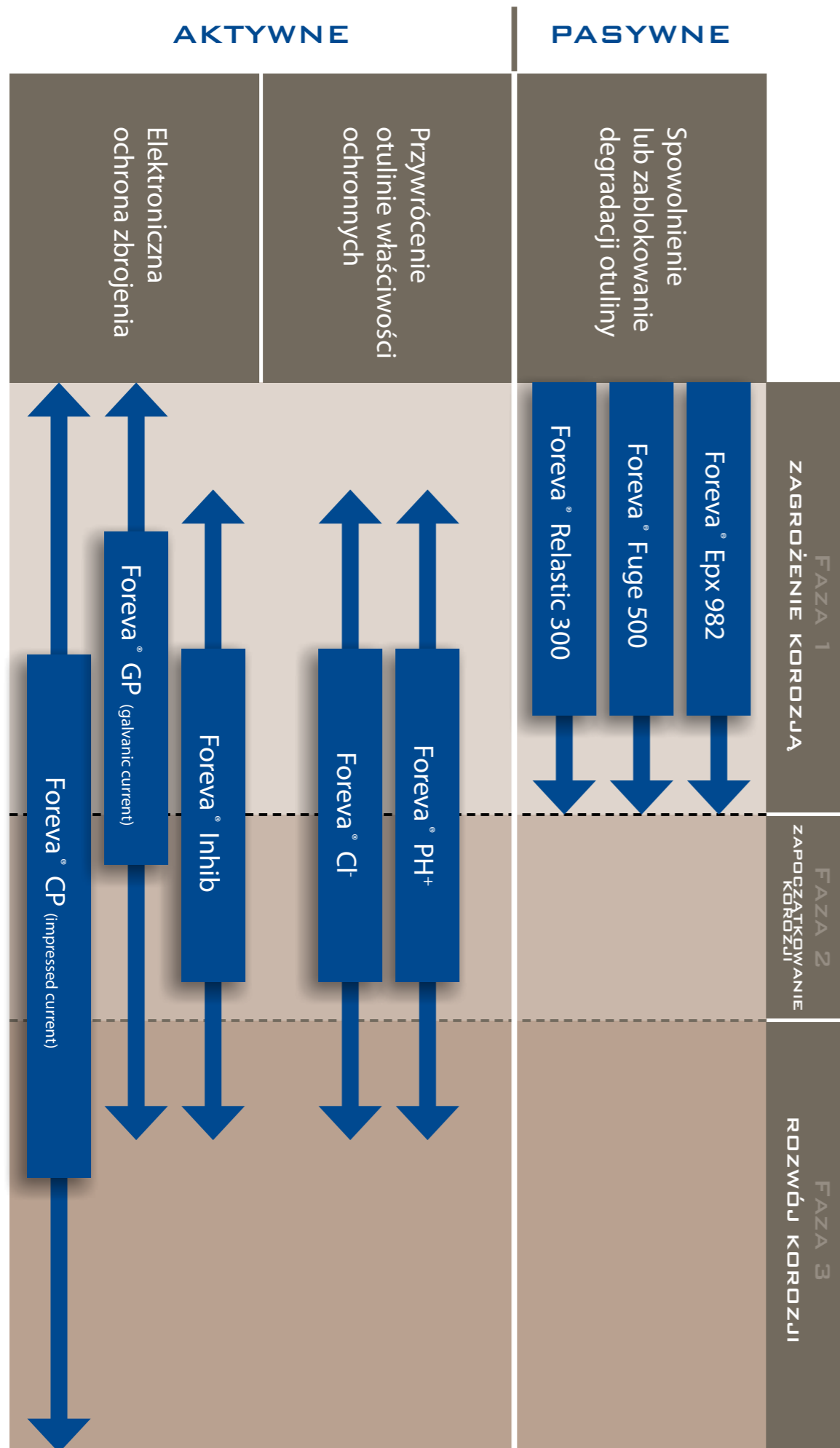
Faza 1 zagrożenia korozją - gdy strefa utraty właściwości ochronnych przez otulinę betonową nie dotarła jeszcze do zbrojenia i beton w bezpośrednim otoczeniu prętów zachowuje jeszcze pH powyżej 11.

Faza 2 zapoczątkowania korozji - gdy otulina betonowa utraciła swoje właściwości ochronne w stosunku do stali zbrojeniowej, warstewka pasywująca z tlenków żelaza uległa depasywacji, ale produkty korozji stali nie spowodowały jeszcze spękania betonu i nie ma widocznych objawów na powierzchni konstrukcji.

Faza 3 rozwoju korozji - gdy następuje rozwój procesów korozyjnych na powierzchni stali zbrojeniowej, pręty ulegają stopniowej degradacji, a produkty korozji, z uwagi na większą objętość, powodują pęknięcie i odspajanie się otuliny.

Przy zastosowaniu **systemów Foreva®** możliwe jest kontrolowanie rozwoju procesów korozyjnych zbrojenia w konstrukcjach żelbetowych w każdej z trzech faz ich zaawansowania:

- ▶ W fazie 1 przez wydłużenie czasu, przez który otulina betonowa zachowuje swoje właściwości ochronne w stosunku do stali zbrojeniowej.
- ▶ W fazie 2 przez zatrzymanie rozwoju procesów korozyjnych na powierzchni stali zbrojeniowej.
- ▶ W fazie 3 przez zapobieganie rozwojowi korozji w długi okresie czasu po naprawieniu uszkodzeń konstrukcji wywołanych korozją.



WYROBY I SYSTEMY DO ODNOWY I NAPRAW
KONSTRUKCJI BETONOWYCH

Systemy Foreva® działają w otoczeniu stali zbrojeniowej lub na powierzchni prętów poprzez:

- ▶ obróbkę powierzchniową betonu, która spowalnia lub blokuje wnikanie zanieczyszczeń nim dotrą one do zbrojenia.
- ▶ usunięcie zanieczyszczeń z otuliny i odtworzenie jej właściwości ochronnych w stosunku do stali zbrojeniowej.
- ▶ ochronę zbrojenia metodami elektrochemicznymi, blokującymi korozję bez zwiększania skażenia otuliny.

Systemy Foreva® są zgodne z normą PN-EN 1504.

Systemy Foreva® często są stosowane w różnych kombinacjach dla naprawy różnych powierzchni tej samej konstrukcji, ponieważ głębokość penetracji czynników korozyjnych w strukturę betonu ani intensywność ich występowania nie podlegają żadnym regułom, a zbrojenie występuje w różnych stanach zaawansowania procesów korozyjnych. Dokładne śledzenie uszkodzeń i ich diagnostyka są niezbędne dla określenia obszarów wymagających oraz wytypowania stref w stanie krytycznym. Na każdym etapie analizy procesu degradacji konieczne jest stosowanie specjalistycznych metod badawczych.

Freyssinet Polska dysponuje odpowiednią kadrą techniczną, sprzętem, wiedzą i doświadczeniem aby wykonać odpowiednie prace diagnostyczne konstrukcji i opracować projekt technologii jej naprawy.

Faza 1 - wydłużenie czasu, w którym otulina betonowa zachowuje swoje właściwości

- ▶ Zabezpieczenie przez impregnację (zasada 1, metoda 1.1 wg PN-EN 1504-2: 2006). System **Foreva® Epx 982** wytwarza powłokę bazującą na termoutwardzalnej żywicy organicznej o wysokiej zdolności do zwilżania podłoża, co pozwala mu na głęboką penetrację w strukturę betonu i uszczelnianie powierzchni ścianek porów. Powłoka ta zabezpiecza beton głównie przed możliwością wymiany gazowej oraz wymiany wilgoci z otoczeniem i w ten sposób ulega wydłużeniu czasu, w którym otulina betonowa zachowuje swoje właściwości ochronne.
- ▶ Zabezpieczenie przez hydrofobizację (zasada 1, metoda 2.1 wg PN-EN 1504-2: 2006). System **Foreva® Fuge 500** zabezpiecza przed wnikaniem wody spływającej po pionowych ścianach betonowych poprzez impregnację powierzchni środkiem hydrofobizującym tworzącym barierę hydrofobową. Całkowicie bezbarwny **Foreva® Fuge 500** nie zmienia kolorystki i formy betonowych elewacji.
- ▶ Zabezpieczenie to wyraźnie ogranicza wymianę wilgoci z otoczeniem i zwiększa czas trwania fazy 1.
- ▶ Zabezpieczenie za pomocą powłoki powierzchniowej (zasada 1, metoda 2.2 wg PN-EN 1504-2: 2006). System **Foreva® Relastic 310**, po zaaplikowaniu w formie cienkiej powłoki, chroni przed przenikaniem wody jako cieczy. Powłoka ta, dzięki mikroporowatej strukturze, pozwala konstrukcji na „oddychanie” i przy zmianach temperatury nie występują problemy z tworzeniem się pęcherzy na powierzchni elewacji. Betonowo szara powłoka wyrównuje kolor podłoża i maskuje ślady napraw. Elastyczność **powłoki Foreva® Relastic 310** daje dodatkową gwarancję ochrony przed przenikaniem wody przez mostkowanie aktywnych rys w podłożu.

Tego typu powierzchniowe zabezpieczenie pozwala na kontrolę wilgotności w betonowej okładzinie i tym samym zwiększa czas trwania fazy 1.

Faza 2 - blokowanie rozwoju procesów korozyjnych

POPRAWA ZABEZPIECZENIE POWIERZCHNI ZBROJENIA



- ▶ polega na wprowadzeniu inhibitorów korozji do betonu (zasada 9, metoda 9.1, zasada 11 – metoda 11.3 wg PN-EN 1504-2: 2006). W systemie **Foreva®** Inhib 400 stosowane są całkowicie bezbarwne, nakładane powierzchniowo, inhibitory korozji, które zabezpieczają powierzchnię stali przed korozyjną reakcją anodową. Molekuły inhibitorów przenikają dyfuzyjnie poprzez pory betonu i gromadzą się na powierzchni prętów zbrojeniowych tworząc na nich formę ochronnej tarczy.

Ten sposób zabezpieczenia zapewnia efektywną ochronę zbrojenia znajdującego się w wskarbonatyzowanym betonie. Może też być stosowany jako zabezpieczenie przed tworzeniem się ogniw anodowych na prętach zbrojeniowych, w bezpośrednim sąsiedztwie wykonanych napraw.

POPRAWA OCZYSZCZENIE OTULINY BETONOWEJ



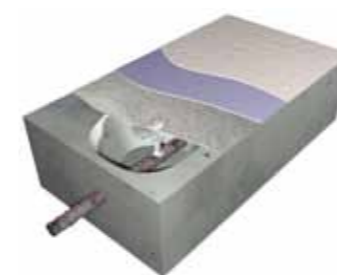
- ▶ **metodą elektrochemicznej realkalizacji skarbonatyzowanego betonu (zasada 7, metoda 7.3 wg PN-EN 1504-2: 2006)**
Systemy **Foreva®** PH⁺ Regebeton i **Foreva®** PH⁺ Floc polegają na krótkotrwałym oddziaływaniu elektrochemicznym na beton, w którym zewnętrzna anoda jest umieszczona w materiale stanowiącym okład stykający się z powierzchnią betonu. Pozwala to na realkalizację skarbonatyzowanego betonu stanowiącego otulinę stali zbrojeniowej. W wyniku tego zabiegu elektrochemicznego może zostać odtworzone naturalnie wysokie pH betonu w otoczeniu zbrojenia oraz przywrócone właściwości ochronne otuliny.



- ▶ **metodą realkalizacji przez dyfuzję do skarbonatyzowanego betonu (zasada 7, metoda 7.4 wg PN-EN 1504-2: 2006)**
System **Foreva®** Regebeton polega na ułożeniu na powierzchni betonu okładu z materiału wysyczonego silnym elektrolitem, który penetruje w otulinę betonową w stopniu zależnym od jej struktury. Tą metodą otulina betonowa jest realkalizowana przez dyfuzję.



- ▶ **metodą elektrochemicznej ekstrakcji chlorków (zasada 7, metoda 7.5 wg PN-EN 1504-2: 2006)**
Systemy **Foreva®** Cl⁻ Regebeton i **Foreva®** Cl⁻ Floc polegają na krótkotrwałym oddziaływaniu elektrochemicznym na beton, w którym zewnętrzna anoda jest umieszczona w materiale stanowiącym okład stykający się z powierzchnią betonu. To pozwala na ekstrakcję wolnych jonów chlorkowych i innych anionów z otuliny betonowej. Metoda ta może być stosowana do odtwarzania właściwości ochronnych otuliny zbrojenia w konstrukcjach żelbetonowych.



Faza 3 - zapobieganie rozwojowi korozji

POPRAWA OCHRONĘ GALWANICZNA

- ▶ przy zastosowaniu anody powierzchniowej (zasada 10, metoda 10.1 wg PN-EN 1504-2: 2006)

System **Foreva®** GP Zinc jest systemem ochrony galwanicznej, który pracuje z anodą umieszczoną na powierzchni betonu, w formie natryskiwanej na gorąco warstwy cynku.

Zamiana dużej powierzchni na anodę umożliwia przepływ stałego prądu galwanicznego pomiędzy zbrojeniem a powłoką cynkową. Metoda ta jest szczególnie zalecana do ochrony w konstrukcjach o średnim stopniu zbrojenia, pracujących w środowisku powietrznym. Jest ona bardzo przydatna dla konstrukcji o zmiennym kształcie, nie powoduje dodatkowych naprężeń wskutek przewiertów czy przeciążeń. System ochronny jest projektowany indywidualnie, zależnie od gęstości rozłożenia zbrojenia, które ma być chronione i czasu życia konstrukcji określonego w projekcie.

- ▶ przy zastosowaniu anody wewnętrznej (zasada 10, metoda 10.1 wg PN-EN 1504-2: 2006)

System **Foreva®** GP Guard⁺ jest systemem ochrony galwanicznej opierającym się na zastosowaniu dyskretnych, zespolonych anod traconych, umieszczanych w powierzchniowych bruzdach, w pobliżu zbrojenia.

Anody te przewodzą prąd o małym natężeniu i są stosowane w konstrukcjach o średnim wskaźniku zbrojenia lub narażonych na oddziaływanie środowiska o niskiej klasie ekspozycji korozyjnej. System ten szczególnie zalecany na powierzchniach narażonych na zawilgocenie.

System ochrony galwanicznej jest projektowany indywidualnie, zależnie od gęstości rozłożenia zbrojenia, które ma być chronione i czasu życia konstrukcji określonego w projekcie.

POPRAWA OCHRONĘ KATODOWA

System **Foreva®** CP jest zgodny z normą PN-EN 12696:2004 „Ochrona katodowa stali w betonie”. Anody są zasilane niskonapięciowym prądem bezpośrednio z generatora. Zapewnia on skuteczną ochronę stali zbrojeniowej przez wiele lat, jeżeli jest właściwie nadzorowany.

- ▶ przy zastosowaniu wewnętrznej anody siatkowej (zasada 10, metoda 10.1 wg PN-EN 1504-2: 2006)

System **Foreva®** CP Mesh jest rozwiązaniem, polegającym na ochronie katodowej za pomocą prądu, w którym stosuje się anodę z siatki ze stabilizowanego tytanu, pokrytą 2-3 cm warstwą torkretu. Anody rozprzewniają stały prąd ochronny o wysokim natężeniu po wierzchniej warstwie betonu. Rozwiązanie jest przeznaczone zarówno dla silnie nasyconych chlorkami i skarbonatyzowanych konstrukcji jak i zalecane przy zabiegach renowacyjnych konstrukcji silnie skażonych innymi zanieczyszczeniami.

- ▶ przy zastosowaniu pasek anodowych (zasada 10, metoda 10.1 wg PN-EN 1504-2: 2006)

System **Foreva®** CP Ribbon jest rozwiązaniem, polegającym na ochronie katodowej za pomocą prądu, w którym stosuje się anody w formie pasków z siatki ze stabilizowanego tytanu umieszczonych w powierzchniowych bruzdach w pobliżu zbrojenia.

Anody te szczególnie nadają się do konstrukcji o złożonych kształtach powierzchni i pozwalają regulować przepływ prądu przez zmniejszanie ich rozstawu.

System **Foreva®** CP Ribbon może być stosowany do zabezpieczania nowych konstrukcji metodą ochrony katodowej poprzez umieszczenie anod na siatkach zbrojeniowych przed betonowaniem.

- ▶ przy zastosowaniu anody wewnętrznej (zasada 10, metoda 10.1 wg PN-EN 1504-2: 2006)

System **Foreva®** Tube jest rozwiązaniem, polegającym na ochronie katodowej za pomocą prądu, w którym stosuje się dyskretny anody ze stabilizowanego tytanu, które są grupowane i umieszczane w powierzchniowych gniazdach w pobliżu zbrojenia.

To rozwiązanie może być stosowane na obszarach o wysokim wskaźniku zbrojenia i do ochrony zbrojenia położonego w głębi konstrukcji.

- ▶ przy zastosowaniu anody malowanej (zasada 10, metoda 10.1 wg PN-EN 1504-2: 2006).

System **Foreva®** Coat jest rozwiązaniem, polegającym na ochronie katodowej za pomocą prądu, w którym stosuje się anodę w postaci farby przewodzącej prąd elektryczny. Anoda taka szczególnie nadaje się do konstrukcji o złożonym kształcie powierzchni, wymagającej prądu ochronnego o małym natężeniu.

Ze względu na organiczne pochodzenie, anody te mają ograniczony czas życia. Mogą zapewniać skuteczną ochronę do 10 lat, pod warunkiem właściwego nadzorowania.



FREYSSINET
SUSTAINABLE TECHNOLOGY

FREYSSINET POLSKA Sp. z o.o.
Tel.: 22 203 17 00; Fax: 22 203 17 22;
e-mail: biuro@freyssinet.pl; www.freyssinet.pl

A SUBSIDIARY OF  SOLETANCHE FREYSSINET