

TEMAT:

Wykorzystywanie metody hydrodynamicznej w naprawach oraz zabezpieczeniach antykorozyjnych betonowych obiektów mostowych.

Wysokociśnieniowy strumień wody (WSW) zwany potocznie hydrodynamiką coraz częściej jest wykorzystywany jako skuteczne narzędzie przygotowania powierzchni do napraw lub zabezpieczenia antykorozyjnego. Jest to metoda zalecana zarówno przez ekspertów, projektantów, jak też producentów materiałów.

Rozpowszechnieniu tej metody służy również szybki rozwój w dziedzinie produkcji wysokosprawnych, przewoźnych agregatów wysokociśnieniowych oraz coraz skuteczniejsze oprzyrządowanie.

Czołowi producenci sprzętu hydrodynamicznego oferują pompy pracujące ciśnieniem do 280 MPa (~ 2 800 barów) i stale prowadzą prace zmierzające do przekroczenia bariery 300 MPa.

Ta ciągła pogoń za podnoszeniem parametrów ciśnieniowych sprzętu do obróbki powierzchni znajduje swoje uzasadnienie w wydajności, skuteczności i ergonomii pracy operatora. Nie bez znaczenia jest również oszczędność zużycia wody i energii niezbędnej do napędu agregatu. Biorąc pod uwagę, że około 25% (13 mln m³) betonu wytworzonego w Niemczech jest przeznaczone na zabiegi rekonstrukcyjne¹⁾, można zrozumieć dlaczego tak dynamicznie rozwija się zapotrzebowanie na tego typu usługi, a co za tym idzie cała branża związana z hydrodynamiką.

Zastosowanie hydrodynamiki w budownictwie jest bardzo różnorodne. Ze względu na temat kursu, szczególną uwagę zwrócimy na jej zastosowanie w obróbce betonu z uwzględnieniem specyfiki mostowej.

Dla porządku podamy przykłady innych zastosowań hydrodynamiki, są to np.:

- zdejmowanie gumy z pasów startowych na lotniskach;
- usuwanie oznakowania poziomego z asfaltów i betonów;
- czyszczenie wymienników ciepła z kamienia kotłowego;
- czyszczenie rurociągów i instalacji przemysłowych;
- czyszczenie stali (do stopnia czystości S.A. 2 ½);
- czyszczenie cystern, zbiorników, ładowni okrętowych;
- wspomaganie wierceń geodezyjnych – palowanie.

W zakresie obróbki betonu hydrodynamika najczęściej znajduje następujące zastosowania:

- czyszczenie powierzchniowe;
- szorstkowanie;
- skuwanie;
- cięcie.

Wszystkie powyższe zastosowania możemy napotkać w trakcie prowadzenia prac remontowych obiektów mostowych.

CZYSZCZENIE HYDRODYNAMICZNE

Jest jednym z najczęściej spotykanych zastosowań hydrodynamiki występujące zarówno w trakcie budowy nowych obiektów mostowych, jak też przy okazji ich remontów.

Definiując pojęcie czyszczenia musimy rozróżnić *czyszczenie zwykłe*, tj: ze względów estetycznych usunięcie zabrudzeń, np. po zimie, usunięcie plakatów, graffiti itp., oraz *czyszczenie przygotowujące*.

Czyszczenie zwykłe wykonuje się przy użyciu myjek pracujących ciśnieniem do 25 MPa (250 atm) często przy użyciu chemii i narzędzi mechanicznych. Ten rodzaj czyszczenia nie będzie stanowił przedmiotu naszego dalszego zainteresowania.

Czyszczenie przygotowujące ma na celu usunięcie obcych, niepożądanych substancji z powierzchni materiału. Substancjami tymi mogą być stare powłoki, środki pielęgnacyjne do betonu, mleczko cementowe oraz skorodowana warstwa powierzchni betonowej.

Wyróżnia się trzy rodzaje korozji powierzchni betonowej, które możemy napotkać w trakcie remontu starego obiektu mostowego:

- uszkodzenie warstwy zewnętrznej;
- uszkodzenie warstwy spajającej;
- uszkodzenie warstwy brzegowej.

Ze względu na różne właściwości mechaniczne tych warstw ich usunięcie wymaga od wykonawcy dostosowania parametrów czyszczenia. Tymi parametrami są:

- wydajność strumienia;
- odległość dyszy od czyszczonej powierzchni;
- kąt natarcia strumienia;
- wartość ciśnienia.

Zasadniczym zadaniem *czyszczenia przygotowującego* jest usunięcie uszkodzonej warstwy zewnętrznej bez naruszenia warstwy brzegowej za wyjątkiem sytuacji, kiedy posiada ona zmniejszoną wytrzymałość. Jest to tym trudniejsze, że często warstwa zewnętrzna posiada wyższą wytrzymałość od warstwy brzegowej, co powoduje jej uszkodzenie. Dzieje się tak przy usuwaniu powłok z żywic lub skarbonatyzowanego mleczka cementowego.

Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie urządzeń o ciśnieniu minimum 200 MPa. Częste, mylne opinie wykonawców co do możliwości wykonania pracy wynikają z faktu, iż nie dysponują oni odpowiednim sprzętem. Zastosowanie urządzeń pracujących ciśnieniami poniżej 150 MPa prowadzi do uszkodzeń powierzchni, co podnosi koszt remontu lub wykonania powłoki ochronnej ze względu na duże zużycie szpachli lub innego materiału wyrównawczego.

Również w przypadkach nowych obiektów właściwe przygotowanie powierzchni pod nowe powłoki lub izolacje ma olbrzymie znaczenie. Usunięcie mleczka cementowego oraz pozostałości środków pielęgnacyjnych lub konserwujących szalunki gwarantuje właściwą jakość wykonywanych prac, jak też długoletnią, bezawaryjną eksploatację obiektów. Również producenci materiałów dostosowali swoje technologie do współpracy z takim przygotowaniem powierzchni, gdyż częstym wymogiem jest odpowiednie zwilżenie powierzchni. Nie bez znaczenia jest również fakt, że technologia ta jest ekologiczna i pozwala na pracę bez specjalnych osłon, gdyż nie powoduje zapylenia charakterystycznego dla piaskowania. Ponadto wydajność pracy jest wyższa w porównaniu z innymi technologiami. Analizując koszty przygotowania powierzchni są one porównywalne, z jednym tylko zastrzeżeniem, że roboty hydrodynamiczne ze względu na koszt urządzeń trzeba zlecić podwykonawcy, natomiast piaskowanie, szlifowanie szlifierkami lub inne, firmy wykonawcze wykonują same, co w ich przekonaniu jest tańsze.

HYDRODYNAMICZNE SZORSTKOWANIE (GROSZKOWANIE)

POWIERZCHNI BETONOWYCH

Celem szorstkowania jest stworzenie optymalnych warunków do połączenia przygotowywanego podłoża z nowo układaną warstwą. Różnica pomiędzy czyszczeniem przygotowawczym a szorstkowaniem polega na ilości (grubości) zdejmowanego materiału.

Przyjmujemy, że grubość zdejmowanej warstwy wynosi około 3÷5 mm. W praktyce spotykamy się z bardzo różnorodnymi betonami. Zależy to nie tylko od struktury betonu, czyli od rodzaju użytego kruszywa, marki i ilości cementu oraz stosunku wodno - cementowego ale również od jakości wykonawstwa. Jak wynika z badań (Schultz) wytrzymałość powierzchni na zrywanie rośnie wraz z ilością odsłoniętego kruszywa²).

Większość producentów określa wytrzymałość na zrywanie powyżej 1,5 N/mm² dla potrzeb nałożenia nowej warstwy. Z naszych doświadczeń wynika, że odsłonięcie w betonie grubego kruszywa poprzez wypłukanie drobnych frakcji powoduje wielokrotne przekroczenie tej granicy. Praktyczne zastosowanie takiego przygotowania powierzchni w naprawach obiektów mostowych występuje dosyć często. Wszelkie uzupełnienia nadlewki betonów, torkrety, powinny być nakładane na tak przygotowaną powierzchnię.

Jedną z większych realizacji w Polsce, gdzie zastosowano takie przygotowanie powierzchni była Estakada Kwiatkowskiego w Gdyni (ok. 70 000m²). Głównym zadaniem wykonawcy było usunięcie bitumów, które miały zabezpieczać niedokończone obiekty oraz usunięcie pozostałości izolacji na obiektach eksploatowanych. Problem usunięcia bitumów z płyt mostowych występuje bardzo często w praktyce. Ze względu na silną penetrację związków bitumicznych w głąb betonu (~ 1:1,5 cm) ich usunięcie wymaga dużego wysiłku. Najczęściej spotykaną praktyką jest skuwanie płyty, co jest szkodliwe dla konstrukcji ze względu na mikropęknięcia, uszkodzenia zbrojenia i dodatkowo powoduje wysoki koszt odtworzenia powierzchni.

Często spotykamy na remontowanych obiektach mostowych tzw. „jeże”, czyli zmusznie wklejane kotwy mające zapewnić właściwą współpracę nadlewanej płyty ze starą. Jak wynika z naszych doświadczeń po właściwie wykonanej obróbce hydrodynamicznej starej płyty jest to czynność zbędna.

Innym przypadkiem, gdzie takie przygotowanie powierzchni jest niezbędne, to prace naprawcze po wszelkich odkuciach wykonywanych metodami tradycyjnymi. Celem jest usunięcie luźnych frakcji betonu, eliminacja mikropęknięć, zapylenia i oczywiście zwiększenie przyczepności z nowo układanymi warstwami.

HYDRODYNAMICZNE SKUWANIE BETONU

Celem jest usunięcie betonu na żadaną głębokość. Uzyskuje się to dzięki odpowiednim parametrom strumienia, które muszą być tak dobrane, aby powodowały pęknięcia betonu. Nałożenie się kilku pęknięć powoduje jego wykruszanie.

Najczęstsze przyczyny, dla których należy skuwać zdegradowany beton, to jego zbyt niska wytrzymałość oraz zmiany chemiczne betonu takie, jak: karbonatyzacja, zanieczyszczenie chlorkami, korozja zbrojenia. Innym powodem, dla którego usuwa się dobry beton, to błędy budowlane, zmiana funkcji budowli i związane z tym przebudowy.

Jest to ta część usług hydrodynamicznych, które wzbudzają najwięcej nieporozumień. Często kierowane zapytania o wykonanie usługi skucia betonu wykazują, że pytający nie wiedzą dlaczego chcą zastosować tę właśnie metodę. Najczęstsza odpowiedzią jaką otrzymujemy to: „...słyszeliśmy, że tą metodą można rozebrać beton...”. Tak, ale w ściśle określonych sytuacjach. Wynika to głównie z czasochłonności i kosztów tej usługi. Jeżeli mamy do wykonania całkowite wyburzenie lub do usunięcia duże monolityczne konstrukcje i możemy zastosować metody tradycyjne, to nie ma jakiegokolwiek uzasadnienia zastosowanie hydrodynamiki.

Zupełnie odmienna sytuacja jest w przypadku remontów, gdzie celem usunięcia fragmentu konstrukcji betonowej jest jej naprawa.

Podstawowe zalety kucia hydrodynamicznego to:

- możliwość skuwania na określoną głębokość,
- nie uszkodzenie zbrojenia,
- brak mikropęknięć,
- brak wibracji,
- selektywność.

Na skuteczność kucia mają w równym stopniu wpływ następujące parametry strumienia:

- ciśnienie (powinno być 3÷4 – krotnie większe od wytrzymałości betonu),
- pojemność (17÷22 l/min przy pracy łańcą ręczną i powyżej 100 l/min przy pracy automatu),
- wydajność technologiczna, do której zaliczyć należy: szybkość przesuwu dyszy, jej odległość od skuwanej powierzchni oraz kąt natarcia strumienia,

W praktyce skuwa się beton najczęściej na głębokość do 5 cm przy jednokrotnej obróbce, lecz przy zastosowaniu bardzo dużych agregatów o wydajności 170 l/min i więcej możemy skuwać beton o grubości do 17 cm (przyjmuje się 1 cm ubytku betonu = 10 l/min przy 100 MPa).

Ze względu na występowanie bardzo różnorodnych betonów ustalenie właściwych parametrów skuwania, a co za tym idzie wydajność i cenę usługi, jest niezmiernie trudne. Głównymi czynnikami mającymi wpływ na wydajność kucia są:

- materiał z jakiego został wykonany beton, czyli rodzaj zastosowanego wypełnienia,
- krzywa przesiewu,
- wielkość ziaren kruszywa,
- zawartość zaprawy drobnej.

Nie bez znaczenia jest również porowatość betonu, jego wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie.

Dlatego też, aby uniknąć niedoszacowania lub przeszacowania wartości usługi każdorazowo proponujemy naszym klientom przeprowadzenie próby na konkretnym obiekcie.

ZALETY METODY HYDRODYNAMICZNEJ

Do podstawowych zalet możemy zaliczyć:

- brak mikropęknięć po obróbce hydrodynamicznej
- zachowanie nienaruszonego zbrojenia
- wypłukiwanie cząsteczek chloru z obrabianej powierzchni
- selektywność
- brak zapylenia (ekologia)

Większość badanych konstrukcji naprawionych przy użyciu tradycyjnych metod obróbki powierzchni wykazuje pęknięcia umiejscowione kilka milimetrów pod obrabianą powierzchnią. Są to pęknięcia zarówno przebiegające przez kruszywo, jak też omijające je. Przy zastosowaniu hydrodynamiki mikropęknięcia zostają wyeliminowane. Dzieje się tak dlatego, że wysokoenergetyczny strumień dostaje się do wnętrza mikropęknięć i powoduje powstanie naprężeń rozciągających, na które beton nie jest odporny i następuje rozsadzanie i odspojenie betonu.

Równie istotnym elementem naprawy konstrukcji jest stan zbrojenia. Chodzi nie tylko o jego mechaniczne uszkodzenie w trakcie tradycyjnej metody odkuwania, ale przede wszystkim o poluzowanie elementów zbrojenia poprzez wibrację i oddzielenie betonu od zbrojenia, czyli pozbawienia żelbetu jego podstawowych cech. Jak wynika z naszych dotychczasowych

doświadczeń, metoda hydrodynamiczna pozbawiona jest tych wad: nie tylko zbrojenie ale nawet drut wiązałkowy nie ulega uszkodzeniu. Ważny jest również fakt, że pod wpływem oddziaływania wysokociśnieniowego strumienia skorodowane zbrojenie jest dostatecznie oczyszczone z luźnych frakcji rdzy i może zostać poddane zabiegowi zabezpieczenia (eliminując piaskowanie).

W przypadku osłabienia konstrukcji związkami chloru, obserwujemy pozytywne zjawisko wypłukiwania uwolnionych jonów chlorku nie zaś wtłaczanie ich w głąb warstwy betonowej.

Selektywność skuwania betonu osiąga się poprzez automatyzację tego procesu. Ustalając jako stałe parametry: ciśnienie, wydajność, szybkość przesuwu lancy oraz odległości od obrabianej powierzchni możliwe staje się dopasowanie intensywności strumienia do mechanicznych właściwości betonu. Zaleta ta powoduje, że miejsca osłabione poprzez np. mikropeknięcia lub źle zawibrowane, są usuwane automatycznie. Często powoduje to wiele nieporozumień i dyskusji. Klienci twierdzą, że skuliśmy „za dużo”. Wynika to jednak z niejednorodności betonu. My uważamy, że stosując metodę hydrodynamiczną gwarantujemy zdjęcie betonu poniżej pewnej założonej klasy. Jeżeli w praktyce zdarza się, że założona klasa jest zbyt wysoka – tym gorzej dla konstrukcji. Z innej jednak strony pozostawiamy beton odpowiedniej klasy nie usuwając wszystkiego „jak leci” czyli betonu zdrowego, co też ma pozytywny wpływ na koszt naprawy.

Należy stwierdzić, że metoda ta posiada przewagę nad metodami tradycyjnymi, ponieważ nie powoduje zapylenia środowiska. Czynnikiem roboczym jest woda, nie używa się związków chemicznych ani ścierniwa. Jest również metodą powodującą mniejsze natężenie hałasu. Powyższe czynniki powodują, że można ją zaliczyć do technik proekologicznych.

PODSUMOWANIE

Jak wynika z obserwacji krajów wysokorozwiniętych hydrodynamika znalazła stałe miejsce w budownictwie. Uważamy, że w Polsce wraz z napływem nowych technologii materiałowych technika ta będzie się rozprzestrzeniała i stanie się standardem. Właściwe przygotowanie podłoża gwarantuje wysoką jakość i możliwość udzielania gwarancji na wykonane prace. Zastosowanie materiałów o niższych parametrach na dobrze przygotowaną

powierzchnie jest rozwiązaniem lepszym od zastosowania bardzo dobrych materiałów na źle przygotowane podłoże. Coraz częściej spotykamy się ze zrozumieniem ze strony inwestorów i firm wykonawczych, którzy po zapoznaniu się z tą technologią stosują ją na co dzień.

Reasumując, należy wyrazić nadzieję, że hydrodynamika będzie się w Polsce nadal rozwijała, a jej zastosowanie przy naprawach obiektów mostowych przyczyni się do jej upowszechnienia, gwarantując w ten sposób wysoką jakość wykonywanych prac (remontowych), jak również jej ekologiczne znaczenie.

1) VDI – Nachrichten/Readymix

2) A. Momber „Handbuch Druckwasserstrahl“ Beton-Verlag GmbH 1993