

Prefabrykowany beton architektoniczny zbrojony włóknem szklanym – możliwości kształtowania walorów estetycznych wyrobów

ARCHITECTURAL PRECAST REINFORCED CONCRETE WITH FIBERGLASS
– METHODS OF SHAPING THE AESTHETICS OF THE PRODUCTS

Streszczenie

Beton architektoniczny zbrojony alkaloodpornym włóknem szklanym jest materiałem zaawansowanym technologicznie i stosunkowo nowym. Oprócz wymagań dotyczących jego wysokich wytrzymałości i trwałości, musi spełniać szereg kryteriów dotyczących estetyki. Nigdy wcześniej nie wymagano od betonu, by jego powierzchnia była idealnie gładka, bądź w określony sposób fakturowana, oraz równomierna kolorystycznie.

Wyróżnia się dwie główne metody produkcji tego rodzaju betonowych prefabrykatów:

- technologia natrysku: do dyszy pistoletu natryskowego osobno doprowadza się zaprawę o odpowiednio dobranej konsystencji, osobno włókno w postaci ciągłej. Włókna cięte są w głowicy pistoletu. Ich mieszanie z zaprawą następuje w strudze wystrzeliwanej w kierunku formowanego elementu.
- technologia odlewania: świeża, ujednorodniona mieszanka betonowa zawierająca cięte alkaloodporne włókna szklane wlewana jest do formy w jednej lub kilku warstwach (w zależności od pożądanego efektu estetycznego).

Produkowane metodą prefabrykacji wyroby, to cienkościenne elementy okładzinowe do zastosowań tak zewnętrznych, jak i wewnętrznych, cienkościenne elementy infrastruktury drogowej, akcesoria sanitarne, elementy wyposażenia mieszkań, ogrodów, elementy dekoracyjne.

Różne czynniki wpływają na wygląd i estetykę wyrobów. Należy do nich zaliczyć zarówno czynniki technologiczne, ściśle związane z recepturą, metodą formowania i pielęgnacji betonu, jak i specjalne techniki umożliwiające kształtowanie estetyki powierzchni.

W przypadku pierwszej grupy (czynniki technologiczne), duże znaczenie ma właściwy dobór składników receptury jak: rodzaj cementu i kruszywa, rodzaj i ilość stosowanego

pigmentu, sposób ujednorodniania mieszanki, właściwy stosunek woda/cement, metoda formowania. Niemniej istotna jest pełna kontrola nad pielęgnacją i składowaniem wyrobów (temperatura, wilgotność).

Wygląd i fakturę powierzchni prefabrykatu kształtuje się głównie poprzez odpowiedni dobór szalunku (formy gładkie, tłoczone, gumowe), odpowiedni dobór środków antyadhezyjnych, chemiczne opóźnianie wiązania (eksponowanie kruszywa). Stosuje się również takie metody uszlachetniania powierzchni wyrobów jak: piaskowanie, trawienie kwasem, polerowanie.

W prezentowanej pracy omówiono (dokumentując głównie fotograficznie), wpływ wybranych z wymienionych powyżej czynników na walory estetyczne betonowych prefabrykatów zbrojonych włóknem szklanym.

Abstract

Architectural concrete reinforced with alkali resistant glass fiber is a technologically advanced and relatively new material. Apart from demands considering its mechanical resistance and durability, it has to fulfill a range of criterias concerning aesthetics.

It was never before expected of concrete to be ideally smooth or structured and evenly coloured.

There are two main production methods of GRC:

- Spray – composite is generally manufactured by the “hand spray” technique. The material is sprayed into mould using special machinery.
- Premix – fresh, homogenous concrete mix containing cut glass fiber is cast to the form as one or more layers (depending on the demanding effect).

The elements produced by prefabrication method are thin elevation components that are suitable for interiors and exteriors, thin road infrastructure elements, sanitary, garden decorations.

Different factors influence the looks and esthetics of the prefabricates, such as technological factors concrete mix design, method of formation and concrete curing and also special techniques making it possible to shape the concrete’s surface.

Great meaning in the first group (technological factors) has the right choice of concrete’s substrates such as: cement, aggregate, type and amount pigment used, the way of curing of the concrete mix, the right water/cement ratio, method of formation. It is necessary to control the curing and storing the prefabricates (temperature, humidity).

The appearance and structure of the concrete’s surface is shaped mainly by proper choice of boarding (smooth, perforated and gum forms), right antiadhesive substances, chemical delaying of hydration (exposing the aggregate). There are also other methods used, such as: sandblasting, acid etching, polishing).

In the presented work it is shown (documenting with photographs) how mentioned factors influence the esthetics of glass fiber reinforced concrete panels.

1. Wstęp

Technologia produkcji materiałów budowlanych (wyroby prefabrykowane) z betonów zbrojonych włóknem szklanym (GRC) opracowana została ponad 40 lat temu. Ze względu na konieczność stosowania dla ich otrzymania wysokiej jakości i stosunkowo drogich surowców, produkuje się zazwyczaj elementy budowlane cechujące się możliwie niskim stosunkiem masa/powierzchnia, czyli wyroby cienkościennie. W przypadku stosowania cementu portlandzkiego, jako spoiwa, należy bezwzględnie jako mikrozbrojenie stosować alkaloodporne (AR) włókno szklane zawierające w swoim składzie powyżej 16% (w przeliczeniu na ZrO_2) związków cyrkonu.

Podstawowe technologie produkcji betonowych wyrobów z włóknem szklanym to:

- Mieszanie zestawu surowców w stacjonarnej mieszarce, a następnie formowanie wyrobów na stole wibracyjnym lub na wibroprasie. Włókna rozmieszczone są przestrzennie w betonowej matrycy w układzie 3D. Często stosuje się specjalnie zaprojektowane mieszanki włókien, różniące się tak długością, jak i średnicą. Tak otrzymuje się typowe wyroby drobnowymiarowe o zmniejszonej grubości i masie, np., płyty elewacyjne, elementy architektury ogrodowej, płaskie detale architektoniczne.
- Technologia natrysku. Do dyszy pistoletu natryskowego osobno doprowadza się tłoczoną pompą zaprawę o odpowiednio dobranej konsystencji, osobno włókno – rowing w postaci ciągłej. Włókna cięte są na odcinki o pożądanej długości w głowicy pistoletu i wydmuchiwane na zewnątrz. Ich mieszanie z zaprawą następuje w strudze wystrzeliwanej w kierunku formowanego elementu. W wyrobie następuje orientacja włókien w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku natrysku (2D). Stosuje się dwie odmiany tej metody formowania wyrobów GRC: natrysk ręczny do formy i natrysk automatyczny. Ta pierwsza metoda to uniwersalny sposób na otrzymanie prefabrykatów o skomplikowanych kształtach, wykonywanych często na indywidualne zamówienia. Natryskiem automatycznym wykonuje się masowo typowe elementy.

Analizując panujące trendy w 40 letniej produkcji ww. materiałów w dziesiątkach zakładów zlokalizowanych w ponad 35 krajach, należy zwrócić uwagę na fakt, że nie odnotowano przypadku podjęcia przez któryś z nich produkcji masowej jakiegoś wyrobu. Przeważają działania, gdzie celem jest wytwarzanie specyficznych (na specjalne zamówienie, wg indywidualnego projektu) wyrobów, czasami znacznie różniącymi się własnościami użytkowymi, kształtem, wytrzymałością, odpornością na oddziaływanie środowiska, walorami estetycznymi (kolor, faktura powierzchni) itp.

Ponadto uwarunkowania ekonomiczne stanowią poważne ograniczenia w wyborze stosowanych surowców mineralnych. Należy założyć że np. ze względów logistycznych konieczne stanie się korzystanie z surowców lokalnie dostępnych.

Nie można zatem powiedzieć że istnieje jakaś ogólna receptura, która umożliwiłaby podjęcie produkcji prefabrykowanych elementów budowlanych z betonów zbrojonych włóknem szklanym (GRC) w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony. W zależności od postawionego problemu należy podejmować indywidualne decyzje rozwiązywania zagadnienia, wymagające gruntownej znajomości problemu, oraz wieloletniego, również rynkowego doświadczenia w ich stosowaniu.

2. Barwienie

Tradycyjnie uformowany beton architektoniczny (głównie elewacje) ceniony był za to, że wygląd jego powierzchni odzwierciedlał jego naturalny charakter: kolor pochodzący od stosowania cementu portlandzkiego, wykwyty, przebarwienia, chropowatość, czasem odciski szalunku. Z czasem gusta projektantów i inwestorów uległy zróżnicowaniu. Rosły wymagania co do rodzaju faktury, koloru oraz jednorodności ekspozowanej betonowej powierzchni. Tym bardziej, że zmienił się asortyment produkowanych prefabrykatów, wykonywanych głównie z betonów GRC. Oprócz elementów elewacyjnych, wytwarza się całą gamę wyrobów o coraz to bardziej urozmaiconym przeznaczeniu – mała architektura, elementy wyposażenia wnętrza itp.

2.1. Barwienie w masie

Barwienie w masie wyrobów betonowych z zastosowaniem cementów portlandzkich jako spoiwa, w chwili obecnej nie stwarza większych problemów. Powszechnie stosowane pigmenty zarówno tlenkowe, jak i syntetyczne muszą właściwie spełniać jeden podstawowy warunek, a mianowicie muszą być trwałe w wysoko alkalicznym środowisku dojrzewającego betonu i łatwo ulegać rozmieszaniu. Dodaje się je zazwyczaj do zarobu w ilości <6% masy cementu, niemniej mają one wpływ nie tylko na barwę, lecz i na inne właściwości użytkowe betonu. Prefabrykaty betonowe barwione w masie charakteryzują się pastelowym odcieniem. Coraz częściej w celu uzyskania lepszej wyrazistości barwy wyrobów, stosuje się w recepturach ich otrzymywania cementy białe. Producenci oferują duży wybór ww. pigmentów różniących się intensywnością barwienia, trwałością w okresie eksploatacji i ceną. Wybór rodzaju i ilości pigmentu jest istotny, zwłaszcza gdy dotyczy to tych, które będą stosowane do otrzymywania wyrobów przeznaczonych do ekspozowania na wpływ warunków zewnętrznych (elewacje, elementy infrastruktury drogowej).



Fot. 1. Płyty elewacyjne barwione czarnym pigmentem, różne dawkowanie

2.2. Barwienie powierzchniowe

Tradycyjnie kojarzone jest jako operacja maskująca niedokładności wynikające z niedokładności procesu produkcji. Ale nie zawsze tak jest. Wyroby betonowe (w tym GRC) żyją, zmieniają swoje właściwości w trakcie ich eksploatacji, zwłaszcza poddane oddziaływaniu czynników zewnętrznych. Zmienia się ich wytrzymałość, trwałość, faktura powierzchni, kolorystyka. Mogą wystąpić wykwyty i przebarwienia, których nie było widać na etapie budowy i pierwszego okresu ich eksploatacji. W tym przypadku inwestor, czasem kierowany subiektywnym odczuciem estetycznym, decyduje się na barwienie powierzchniowe. W tym celu stosuje się zazwyczaj specjalistyczne farby na bazie kopolimerów żywic akrylowych, bądź też na bazie uwodnionych krzemianów potasowych lub fluorokrzemianów sodowych.



Fot. 2. Politechnika w Białymstoku, biblioteka, obiekt po oddaniu



Fot. 3. Politechnika w Białymstoku, biblioteka, obiekt po przemalowaniu

3. Kształtowanie powierzchni z betonu architektonicznego

Kształt powierzchni ma istotne znaczenie dla subiektywnego odbioru estetyki wyrobów. Możliwości jej kształtowania są duże. Można produkować prefabrykаты charakteryzujące się wręcz lustrzaną gładkością, którą uzyskuje się nanosząc zaprawę zbrojoną włóknem na powierzchnię nieporowatej i nienasiąkliwej formy (szkło, tworzywa organiczne) lub też wręcz przeciwnie, specjalnie nadając jej szorstkość, o czym piszemy poniżej.



Fot. 4. Elementy przestrzenne formowane na tworzywie organicznym

W celu bezpiecznego i łatwego oddzielenia formy od stwardniałego wyrobu, ważnym jest właściwy dobór środków antyadhezyjnych odpowiednich dla określonej technologii produkcji, stosowanych surowców, pigmentów. Dotyczy to też uwzględnienia rodzaju materiału, z jakiego wykonane są formy, oraz okresu ich eksploatacji (zużycia). Źle dobrany antyadhezant utrudnia rozformowywanie, powoduje widoczne na powierzchni wyrobu przebarwienia, a czasem wżery.

3.1. Piaskowanie

Piaskowanie jest procesem pozwalającym na uzyskanie gładkiej powierzchni, na zaburzenie gładkości powierzchni lub na usunięciu zanieczyszczeń z powierzchni danego obiektu, tj. betonu architektonicznego. Proces usuwania stwardniałego mleczka cementowego

z powierzchni odbywa się pod wysokim ciśnieniem za pomocą środka ściernego, którym jest w zazwyczaj piasek kwarcowy o różnej gradacji.

Czas, w którym beton poddaje się piaskowaniu musi być zgodny z harmonogramem produkcji, bowiem należy uwzględnić takie czynniki jak: czas i warunki dojrzewania betonu, twardość kruszywa (kwarc, wapień), zamierzony efekt wizualny. Jeżeli pożądane jest głębsze odsłonięcie kruszywa, piaskowanie należy przeprowadzić podczas pierwszych trzech dni, natomiast nie przed uzyskaniem przez beton wytrzymałości 15 MPa. Dla każdego procesu piaskowania powinno się przeprowadzać próby związane z wiekiem betonu.



Fot. 5. Powierzchnia okładziny GRC piaskowanej kwarcytem o średnicy <math>< 1\text{ mm}</math>

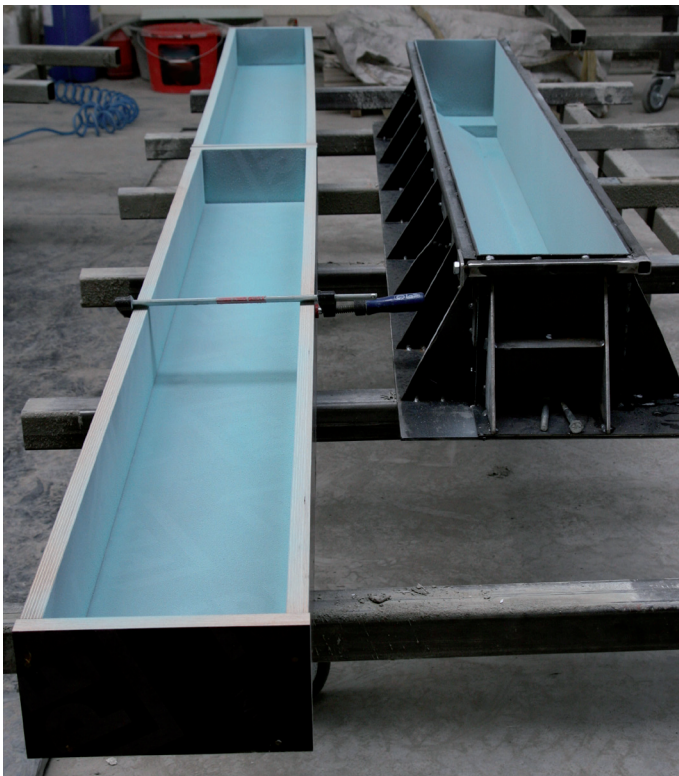
3.2. Trawienie kwasem

Trawienie kwasem jest procesem służącym do usuwania pozostałości mlecza cementowego oraz wodorotlenku wapniowego i soli metali alkalicznych z powierzchni betonu. Pozwala na całkowite, lub przynajmniej częściowe usuwanie wykwitów. Trawienie odbywa się za pomocą kwasów, np. kwasu solnego lub fosforowego, i środków powierzchniowo czynnych (o różnych stężeniach, różny jest też czas ekspozycji). Trawienie stosuje się wtedy, gdy beton jest zacierany mechanicznie, a piaskowanie i szlifowanie nie jest stosowane. Dzięki temu procesowi zapewnia się dobrą przyczepność powłok do betonu, np. impregnatów lub farb.

3.3. Eksponowanie kruszywa

Odbywa się ono poprzez mechaniczne lub hydromechaniczne usuwanie zewnętrznej powierzchni elementu betonowego, który tworzony był przy użyciu środka opóźniającego wiązanie naniesionego na styku zaprawa-forma. Środek opóźniający wiązanie umieszcza się (wałek, natrysk) w cienkiej warstwie na dnie lub ścianach formy. Po rozformowaniu można zauważyć, że element betonowy jest związany w masie, natomiast powierzchnia licowa elementu jest nie w pełni związana, tzn. jest plastyczna i łatwo obrabialna. Za po-

możą takich przedmiotów jak: strumień wody pod wysokim ciśnieniem, szczotki, papier ścierny, itp. można usunąć na tyle warstwę zewnętrzną, by odsłonić ziarna kruszywa.



Fot. 6. Stalowa forma pokryta preparatem opóźniającym wiązanie cementu



Fot. 7. Powierzchnia płyty okładzinowej z eksponowanym kruszywem

4. Strukturalnie formowana powierzchnia

Zastosowanie formy tłoczzonej pozwala na bardzo dokładne odwzorowanie w betonie kształtów jego powierzchni. Już na etapie wstępnym projektując formy, a zwłaszcza jej silikonową warstwę pozwalającą na utwalenie na powierzchni wyrobu pożądaną fakturę, należy zrobić to w sposób profesjonalny. Najlepszym rozwiązaniem jest zakupienie w wyspecjalizowanej firmie odpowiedniej wkładki (dosyć wysokie koszty). Jeżeli zakład jest odpowiednio wyposażony (frezarka CNC i nóż wodny) umożliwiające wykonanie zaprojektowanego modelu i cięcie płyt na odpowiednie wymiary, należy projektując silikonową warstwę unikać tzw. kątów ujemnych. Zakładany kształt i wymiary powierzchni formy powinny w sposób optymalny umożliwić dzielenie wyrobu na zaplanowane elementy.



Fot. 8. Przykład strukturalnego formowania powierzchni



Fot. 9. Przykład strukturalnego formowania powierzchni



Fot. 10. Przykład strukturalnego formowania powierzchni, mapa świata

5. Formy przestrzenne

Wytwarzanie wyrobów stanowiących zazwyczaj elementy wyposażenia wnętrz, małej architektury i betonowych replik różnego rodzaju obiektów, wymaga konstrukcji specjalnych form, które umożliwią wyprodukowanie cienkościennych (przeważnie metodą natrysku) betonowych elementów. Istnieją możliwości konstruowania form, które w sposób ekonomiczny pozwolą na wytwarzania ww. betonowych prefabrykatów. Formy mogą być: składane, zaginane, frezowane lub silikonowo nanoszone na odwzorowywany obiekt. Stworzenie betonowego, a jednocześnie lekkiego elementu przestrzennego niesie ze sobą wiele trudności. Przede wszystkim wytworzenie takiej formy, która będzie trwała i nie będzie się w żaden sposób odkształcać podczas dojrzewania betonu. Osobny problem to zaprojektowanie receptury mieszanki betonowej, która nie będzie spływać z pionowych ścianek formy, oraz równomierne natryskiwanie mieszanki betonowej na każdej powierzchni elementu. Pewnego rodzaju wyroby użytkowe, a dotyczy to zwłaszcza niektórych elementów wyposażenia wnętrz, wymagają szczególnie dokładnego zabezpieczenia powierzchni przed wpływem wszelkiego rodzaju zabrudzeń (brudna woda, tłuszcz, kawa, wino itp.). Dotyczy to głównie betonowych zlewów, umywalek, wanien, blatów kuchennych, betonowych elementów wyposażenia barów, restauracji itp. Tego rodzaju bezpieczna impregnacja betonu jest procesem nadzwyczaj skomplikowanym, wymagającym stosowania nie tylko jednego rodzaju impregnatu, ale pakietu różnego rodzaju żywic, z pełną świadomością możliwości ich współdziałania.



Fot. 11. Bryła ze strukturalnie formowaną powierzchnią, ścianki o grubości 2 cm



Fot. 12. Betonowy fotel, grubość skorupy 2 cm



Fot. 13. Impregnowany, z wtrąceniami imitacji rdzy blat kuchenny

6. Podsumowanie

Możliwości wytwarzania prefabrykowanych wyrobów z betonów zbrojonych włóknem szklanym są niemal nieograniczone. Można produkować klasyczne kształty, do których w przypadku betonu jesteśmy przyzwyczajeni, jak płyty, prostokątne bryły itp., ale możemy formować też bryły „miękkie”, zakrzywione, wręcz faliste. Można też w sposób zaplanowany realizować zamierzenia projektanta dotyczące kolorystyki, jak i faktury powierzchni. W ostatnich latach często z tej możliwości korzystała Zaha Hadid, uzyskując oszałamiające efekty. Jej projekty (zrealizowane) zaskakują brakiem wszelkich ograniczeń i zahamowań, jakie ktoś kto projektując konstrukcje „realizowane w betonie” sobie narzuca. Beton zbrojony włóknem szklanym jest materiałem trwałym, odpornym na zmienne warunki atmosferyczne. Jest również odporny na kruche pękanie.