



foto. Archiwum autora

3

## Prefabrykowany beton architektoniczny zbrojony włóknami szklanymi (GRC) – część 1

### Opis produktu

Skrót GRC (Glass-Fiber Reinforced Concrete lub też Glass-Fiber Reinforced Cement), czyli beton zbrojony włóknami szklanymi, jest powszechnie znanym i używanym znakiem towarowym tak na świecie jak i w Polsce. Właściwie należy traktować ten materiał jako stwardniałą zaprawę cementowo-piaskową z dodatkiem przestrzenie rozproszonych włókien. W przypadku gdy spoiwem jest cement portlandzki powszechnego użytku, muszą to być włókna alkalooodporne

AR (alkali resistant). Tworzywo to odznacza się, w porównaniu do klasycznych zapraw, znacznie lepszą trwałością, wytrzymałością i odpornością na kruche pękanie. Produkowane metodą prefabrykacji wyroby to cienkościenne elementy okładzinowe do zastosowań tak zewnętrznych (fot. 1) jak i wewnętrznych (fot. 2), cienkościenne elementy infrastruktury drogowej, akcesoria sanitarne, elementy wyposażenia mieszkań, ogrodów (fot. 3), elementy dekoracyjne. Pod względem ilościowym najczęściej produkuje się elementów okładzinowych. Należy podkreślić, że oprócz płyt płaskich (fot. 4) produkuje się też wielkogabarytowe płyty niesymetryczne, łuki (fot. 5), profile L (fot. 6) i U (fot. 7), elementy trójwymiarowe (fot. 8) i perforowane. Tak wszechstronne i nietypowe w porównaniu do klasycznego betonu stosowanie prefabrykatów GRC powoduje, że coraz większą rolę pełnią w ich przypadku walory estetyczne, zwłaszcza estetyka eksponowanej powierzchni. Wyroby są barwione (zarówno w masie jak i na powierzchni), często też ich powierzchnia jest fakturowana (zgodnie z wymaganiami odbiorcy). Duże możliwości kształtowania zarówno formy jak i walorów estetycznych betonowych prefabrykatów spowodowały zainteresowanie nimi największych światowych projektantów, zwłaszcza przy realizacji prestiżowych, nietypowych inwestycji. W Polsce również.

O tym, jak popularny w ostatnim czasie stał się ten materiał, świadczy fakt, że po wpisaniu do przeglądarki internetowej hasła „GRC concrete” uzyskuje się ponad 400 tys. wyników, a dla hasła „GRC beton architektoniczny” ponad 4 tys. wyników wyszukiwań. Zainteresowanych przykładami konkretnych realizacji zapraszam do odwiedzenia odpowiednich stron projektantów, producentów i wykonawców.

foto. Archiwum autora

Fot. 1. Elewacja zewnętrzna. Dom jednorodzinny w Krakowie. Realizacja KROE.eu



1

## Trochę historii

Technologia wytwarzania cienkościennych wyrobów z zastosowaniem cementu portlandzkiego i włókien szklanych jest stosunkowo krótka. Po około 30 latach prac badawczych i eksperymentalnych (dotyczących głównie trwałości wyrobów) stwierdzono, że stosowane do tego celu włókna szklane typu E nie nadają się (korodują). Przełom nastąpił w roku 1969, gdy opracowano technologię produkcji alkalooodpornych włókien AR Glass w BRE (Building Research Establishment) w Wielkiej Brytanii. Włókna AR są to włókna składające się ze szkła sodowo-cykonowego, zawierającego w przeliczeniu na skład tlenkowy 16,5-19% ZrO<sub>2</sub>. W roku 1970 firma Pilkington Brothers rozpoczęła produkcję włókien AR i wyrobów na bazie cementu portlandzkiego. W kolejnych latach nastąpił gwałtowny rozwój produkcji i stosowania betonowych prefabrykatów GRC, czemu towarzyszyło opracowanie predysponowanych do tego celu rozwiązań technologicznych i wyspecjalizowanego zamaszynowania.

## Aktualna sytuacja na polskim rynku

W Polsce produkcję betonów zbrojonych alkalooodpornym włóknem szklanym AR rozpoczęto w roku 2004. Od tego czasu trwa ona ze zmiennym szczęściem do chwili obecnej. W tym okresie (11 lat) powstało i powstaje wiele interesujących projektów (dotyczy to głównie elewacji), które wchodzą w cykl realizacji. Do walki o ten coraz to bardziej atrakcyjny rynek włączają się zarówno poważni inwestorzy, jak i producenci „garażowi”. Co roku powstaje wiele nowych i równocześnie zamykanych jest wiele istniejących wytwórni. Nowi inwestorzy na ogół nie zdają sobie sprawy ze skali trudności przedsięwzięcia: wielkości niezbędnych nakładów inwestycyjnych, konieczności przestrzegania niezwykle wysokich wymagań technologicznych, konieczności posiadania specjalistycznego i drogiego w eksploatacji zamaszynowania, konieczności permanentnego stosowania rozwiązań innowacyjnych (kadry, doświadczenie), konieczności stosowania surowców o jak najwyższej jakości (a więc drogiej). Najczęściej rozpowszechniona jest opinia, że wystarczająca jest wiedza, którą o produkcji wyrobów GRC upowszechniają producenci włókien AR i specjalistycznego zamaszynowania, bądź dostawcy chemii przemysłowej. Ta wiedza jest bardzo cenna, ale należy pamiętać, że proponowane technologie, receptury, propozycje zamaszynowania mają służyć właśnie firmom ją rozpowszechniającym. Są zbyt drogie i bez niezbędnej korekty nie będą konkurencyjne w stosunku do rozwiązań stosowanych przez firmy z liczącym się stażem produkcyjnym. One swoje błędy już popełniły. Każda droga „na skróty” (oszczędzanie bez dostatecznej wiedzy technologicznej) nieuchronnie prowadzi w krótkim czasie do likwidacji zakładu. Gdy istnienie firmy jest zagrożone, podejmowane są zazwyczaj rozpaczliwe działania, czyli walka o duży kontrakt, połączona z ofertą jego realizacji nawet poniżej kosztów własnych (których często i tak nie umieją prawidłowo przewidzieć). Do tego często dochodzą utrudnienia związane z jakością wyrobów (najczęściej brak powtarzalności), ze złą logistyką i złą współpracą z firmami montażowymi. No i skutek jest wiadomy, straty moralne i finansowe wszystkich uczestników

projektu. Czasami dochodzi do sytuacji, że firma, która wygrała przetarg i częściowo go zrealizowała, nie jest w stanie go dokończyć. Robi to wtedy zazwyczaj inny podmiot gospodarczy, dyktując oczywiście swoje, znacznie wyższe rozwiązania finansowe. Ale najgorsze jest to, że po kilku takich „wpadkach” może się zacząć rozpowszechniać zła opinia o samym wytwarzanym w Polsce produkcie. Już notuje się incydenty, gdy przetargi wygrywają firmy zewnętrzne, oferujące znacznie gorsze od firm krajowych tak pod względem finansowym jak i logistycznym warunki realizacji projektu, przy podobnej pod względem jakościowym ofercie materiałowej. Sytuacja przypomina tę, jaka miała miejsce na rynku wytwórców kostki wibroprasowanej na początku lat 90. XX wieku.

Należy rozważyć, czy nie nadeszła już pora, aby stabilni na rynku i wytwarzający dobry jakościowo produkt wytwórcy prefabrykatów GRC zaczęli ze sobą współpracować w celu ochrony rynku. Taki proces miał miejsce w pokrewnych branżach, z dobrym skutkiem.

## Technologie i możliwości

Cechą charakterystyczną dla branży zajmującej się wytwarzaniem całej gamy prefabrykowanych betonowych wyrobów charakteryzujących się tak różnorodną formą, właściwościami użytkowymi i walorami estetycznymi jest to, że (poza nielicznymi wyjątkami) produkcja prowadzona jest w stosunkowo niewielkich zakładach, najczęściej na indywidualne zamówienia. W praktyce, każdy nowy projekt to nowe wyzwanie technologiczne. Wymaga to od producenta dużej wiedzy praktycznej i konieczności współpracy z zewnętrznymi specjalistami bądź jednostkami badawczymi. Produkcja prefabrykatów betonowych GRC to nie tylko takie czy inne metody formowania. Ogólnie można wyróżnić następujące etapy niezbędne dla uruchomienia produkcji danego wyrobu:

- Projekt architektoniczny (kształt, kolor, faktura, detale)
- Projekt konstrukcyjny (w przypadku elewacji: tożsamość płyt, system i sposób ich montażu, podział)
- Zaprojektowanie i wykonanie odpowiednich form (materiały, kształt, faktura)
- Dobór właściwej technologii wytwarzania, formowania i pielęgnacji wyrobów
- Opracowanie optymalnej pod względem technicznym i ekonomicznym receptury wytwarzania



2  
fot. Archiwum autora

Fot. 2. Elewacja wewnętrzna. Hotel Stary w Krakowie. Realizacja KROE.eu



4  
fot. Archiwum autora



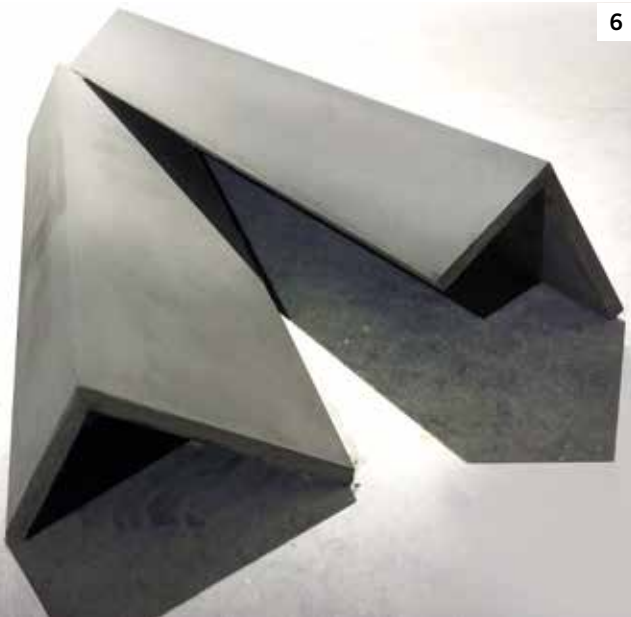
5

fol. Archiwum autora

- Opracowanie optymalnej metody składowania, pakowania i transportu wyrobów do odbiorcy. To co zdecydowanie odróżnia sposób produkcji prefabrykowanych wyrobów GRC od produkcji innych betonowych prefabrykatów, to metody formowania wyrobów, receptury ich otrzymywania, szczególnie dbałość o estetykę (zwłaszcza powierzchnię). Technologia ta została szerzej opisana w BTA nr 2 (30)/2005, dostępnym drogą elektroniczną w archiwum wydawnictwa: Marek Petri, „GRC – beton z włóknami szklanymi”.

W dużym skrócie tylko przypominam, że betonowe prefabrykaty zbrojone włóknem szklanym AR wytwarza się z mieszanek zawierających cement, piasek i wodę (do wymaganej konsystencji zaprawy), plastyfikatorów, pigmentów, włókien szklanych AR. Włókna aplikowane są w postaci pasm zawierających zazwyczaj 102 lub 204 pojedyncze włókna, pokrytych specjalnie zaprojektowaną apreturą. W tym miejscu chciałbym z naciskiem podkreślić, że zarówno stosowane jako domieszka do betonów alkalooodporne włókna szklane AR lub przeciwskur-

6



fol. Archiwum autora

czowe włókna polipropylenowe, jak i włókna szklane lub skalne służące do produkcji izolacyjnych materiałów budowlanych nie są szkodliwe tak dla producentów jak i użytkowników wyrobów z nich wykonywanych. Rozpowszechniane niekiedy „wiadomości” o ich szkodliwym działaniu świadczą bądź o braku podstawowej wiedzy „informatorów” na ten temat, bądź też o tym, że działalność taka ma typowo marketingowy charakter mający na celu nieczystą walkę z konkurencją. Każdy z wymienionych powyżej rodzajów włókien został odpowiednio pod kątem bezpieczeństwa przebadany i posiada odpowiednie certyfikaty dopuszczające ich stosowanie, tak polskie jak i europejskie. Dla osób mniej w tym temacie zorientowanych wyjaśniam, że chorobotwórcze działanie azbestu i innych włókien jest wynikiem ich wdychania, gdy są zawieszane w powietrzu. Biologiczna agresywność pyłu zawierającego włókna jest związana ze stopniem penetracji i ilością włókien w dolnej części układu oddechowego. Proces ten zależy od fizycznych aerodynamicznych cech włókien. Szczególne znaczenie ma średnica poszczególnych włókien, długość odgrywa mniejszą rolę. Największe zagrożenie dla organizmu ludzkiego stwarzają włókna, które przenikają do pęcherzyków płucnych, tzw. włókna respirabilne. Są to włókna o średnicy mniejszej niż  $3 \mu\text{m}$  i długości powyżej  $5 \mu\text{m}$ . Ponadto muszą się one charakteryzować dużą sztywnością i trwałością w obecności soli fizjologicznych. Dotyczy to wszelkiego rodzaju włókien, również tekstylnych. Zwracam uwagę na fakt, że każdy z wymienionych powyżej rodzajów włókien stosowanych do produkcji materiałów budowlanych wymiary te znacznie przekracza. W przypadku alkalooodpornych włókien AR średnica wynosi kilkanaście  $\mu\text{m}$ , długość od kilku do kilkudziesięciu tysięcy mikrometrów.

Stosuje się dwie metody formowania prefabrykatów GRC:

- „Premix”, czyli wylewanie odpowiednio skomponowanej zaprawy do form umieszczonych na stołach wibracyjnych. W tym przypadku ilość aplikowanych włókien zawiera się zazwyczaj w granicach 1-3% wagowych. Włókna szklane AR, w postaci pociętych na odpowiednią długość pasm, dozowane są bezpośrednio do mieszarki razem z innymi surowcami.

Tak otrzymuje się galerię betonową i płyty płaskie lub w niewielkim stopniu profilowane, stosunkowo grube (3-4 cm), o niewielkich lub średniej wielkości wymiarach. O ograniczeniach tych decyduje stosunkowo niewielka wytrzymałość na zginanie i ścinanie tak uzyskanych wyrobów, stosunkowo duża ich masa i związane z tym problemy z mocowaniem do konstrukcji nośnych. Praktyka wykazuje, że w zasadzie dla każdego projektu, dla wytypowanego (atestowanego) systemu mocowania i dla wytypowanego elementu okładzinowego należałoby przeprowadzić eksperymentalne badania niszczące, wykazujące jego skuteczność.

Niektórzy producenci wytwarzający nieskomplikowane płyty płaskie o niewielkich gabarytach ograniczają ze względów ekonomicznych dodatek włókien do ok. 0,1%, stosując włókna przeciwskurczowe, mające niewielki wpływ na własności mechaniczne wyrobów. Nie można zatem zaliczyć tych wyrobów do grupy prefabrykatów zbrojonych włóknem szklanym (GRC).

• Natrysk to technologia formowania betonowych wyrobów umożliwiająca wytwarzanie cienkościennych (15-20 mm) elementów zarówno płaskich, profilowanych (wygiętych), jak i dowolnie ukształtowanych w przestrzeni 3-D. To zupełnie nowa jakość w prefabrykacji. Również możliwości kształtowania zgodnie z zapotrzebowaniem kolorystyki i faktury eksponowanej warstwy powierzchniowej pozwalają na naprawdę śmiałe rozwiązania architektoniczne. Dlatego tak lubią to tworzywo projektanci. W tym przypadku odpowiednio zaprojektowana i ujednorodniona zaprawa cementowo-piaskowa tłoczona jest przy pomocy pompy do pistoletu natryskowego. Równocześnie do tego samego urządzenia podawane są włókna szklane AR w postaci ciągłego pasma (tak zwany „rowing”) i krojone na pożądane odcinki. Ilość aplikowanych włókien jest większa niż w przypadku technologii odlewania i wynosi zazwyczaj 2-5% wagowych. Właściwości użytkowe tak otrzymanych wyrobów są wyraźnie lepsze od tych uzyskiwanych w technologii Premix. Dotyczy to szczególnie wytrzymałości resztkowej (czyli zdolności przenoszenia obciążeń już po wystąpieniu pęknięcia), odporności na pęknięcie, trwałości, odporności na uderzenie. Umożliwia to produkowanie lekkich, przestrzennie ukształtowanych, cienkościennych, wielkogabarytowych elementów elewacyjnych, lub innego rodzaju wyrobów.

#### Dopuszczenie do obrotu

W zasadzie nie ma żadnego problemu z dopuszczeniem do obrotu betonowych wyrobów prefabrykowanych, wytwarzanych z dodatkiem włókien szklanych AR. Wyroby te, jeżeli spełniają wymagania odpowiednich norm zharmonizowanych, mogą być dopuszczone do sprzedaży na takiej samej zasadzie, jak każdy inny betonowy prefabrykat. Zgodnie z normą PN-EN 206-1 „Beton – część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność” alkaloodporne włókna szklane mogą być traktowane jako mineralna domieszka. I tu cytuję PN-EN 206-1 „domieszka - składnik dodawany podczas procesu mieszania betonu w małych ilościach w stosunku do masy cementu w celu modyfikacji właściwości mieszanki betonowej lub betonu stwardniałego”. W przypadku elementów nienośnych, a takimi są płyty okładzinowe, mogą tu mieć miejsce dwa rozwiązania (zgodnie z Rozporządzeniem (EU) nr 305/2011):

- Deklaracja własności użytkowych wyrobu (DWU) w przypadku płaskich płyt może zostać wystawiona w oparciu o badania ich właściwości zgodnie z normą zharmonizowaną PN -EN 12467 „Płyty płaskie włóknisto-cementowe. Charakterystyka wyrobu i metody badań”. Dotyczy ona cienkich płyt płaskich, stosowanych jako nieciągłe pokrycia dachowe, oraz wykańczania ścian wewnętrznych i sufitów i wykańczania ścian zewnętrznych i sufitów. Jest ona kontynuacją filozofii kontroli produkcji i wymagań technologicznych stosowanych przy wytwarzaniu historycznych już płyt azbestowo-cementowych (eternitu) i innych wyrobów dekarskich. Dlatego też zawiera ona wiele nieistotnych dla zewnętrznych elementów okładzinowych wymagań, dotyczących np. przesiąkliwości, przepuszczalności pary wodnej, grzania-deszczowania, kąpieli-suszenia i tym podobnych.

7



foto. Archiwum autora

- Deklaracja własności użytkowych może być również wystawiona w oparciu o normę PN-EN 14992 „Prefabrykaty z betonu. Elementy ścian”. Dotyczy ona wszystkich innych rodzajów elementów okładzinowych, nie tylko płyt płaskich, lecz również przestrzennie ukształtowanych.

W obu przypadkach prefabrykaty betonowe, jak elementy ścian nośnych i/lub nienośnych (okładziny), gdy zamierzone jest niekonstrukcyjne ich stosowanie, mogą podlegać atestacji według systemu oceny zgodności 4. Oznacza to, że zarówno badania typu jak i badania obejmujące kontrolę wyrobu oraz wystawienia deklaracji własności użytkowych wyrobu (DWU), mogą być przeprowadzone przez Zakładową Kontrolę Produkcji.

Należy przy tym podkreślić, że „Zakładowa Kontrola Produkcji” oznacza udokumentowaną stałą i wewnętrzną kontrolę produkcji w zakładzie produkcyjnym, zgodnie ze stosowanymi zharmonizowanymi specyfikacjami technicznymi (CPR 305/2011 art. 2/26). Zatem, nawet najmniejszy Zakład jeżeli chce produkować i samodzielnie wprowadzać do obrotu materiał budowlany, musi posiadać wydzieloną do tego celu komórkę, wyposażoną w niezbędne atestowane urządzenia, które pozwolą jej na kontrolę stosowanych surowców, procesu produkcji i właściwości użytkowych zgodnie z wymaganiami odpowiedniej normy zharmonizowanej.

**Marek Petri**

8



foto. Archiwum autora