

Prefabrykowany beton architektoniczny zbrojony włóknami szklanymi (GRC) – część 2

Najczęściej spotykane błędy i wady technologiczne rzutujące na jakość wyrobów

Omawiam tu jedynie skrajne przypadki, powodowane bądź to brakiem wiedzy technologicznej, bądź to przesadnie posuniętą skłonnością do „oszczędzania” na niezbędnych kosztach związanych z zakupem właściwych surowców, urządzeń, stosowaniem nieodpowiednich rozwiązań dotyczących procesów technologicznych mających doprowadzić do uzyskania wymaganego przez inwestora efektu. Często są to działania naprawdę zabawne, ale sprowadzające na producenta i inwestora poważne kłopoty, tyle że ujawniają się one w nieco późniejszym okresie.

Już na etapie wstępnym, **projektując formy**, a zwłaszcza jej silikonową warstwę pozwalającą na utrwalenie na powierzchni wyrobu pożądanej faktury, 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 umożliwiający cięcie płyt na odpowiednie wymiary), należy, projektując silikonową warstwę, unikać tzw. kątów ujemnych, a zakładany kształt i wymiary powierzchni formy powinny w sposób optymalny umożliwić dzielenie wyrobu na zaplanowane elementy.

Ważnym jest również **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 (fot.1).

Wybór rodzaju technologii formowania wyrobu, którą zastosujemy do realizacji danego projektu, musi być świadomy. Oczywiście pewne rozwiązania wymagać będą stosowania technologii natrysku, dzięki której uzyskuje się pod każdym względem (tak technicznym jak i estetycznym) pożądany materiał. Ale przy mniej odpowiedzialnych projektach można zadowalający efekt uzyskać stosując technologię odlewania i zagęszczania zaprawy na stole wibracyjnym, która jest znacznie tańsza. Niestety, bardzo często obserwuje się jednak, że wytwórcy nieposiadający odpowiedniego zamaszynowania i/ lub kierujący się jedynie względami ekonomicznymi próbują niezależnie od stopnia trudności wykonywania danego produktu, nie do końca mając świadomość, jaką on będzie pełnił rolę w całości inwestycji, decydują się na rozwiązanie najtańsze. Sprzyja temu zazwyczaj brak sprecyzowanych wymagań projektanta dotyczących jakości produktu, co dziwi.

Ilość, rodzaj i rozmieszczenie włókien szklanych w betonie GRC ma fundamentalne znaczenie dla własności użytkowych wyrobu. Po pierwsze, należy pamiętać, że w typowym prawidłowo zaprojektowanym i wykonanym wyrobie GRC alkaloodporne włókna szklane stanowią 40-60% kosztów materiałowych. Jest więc pokusa, aby koszty te minimalizować. Można robić to na różne sposoby, ale w sposób świadomy tego, co się czyni. I tak:

- Stosowanie w miejsce (drogich) alkaloodpornych włókien AR tanich włókien typu E (do zastosowań w elektrotechnice), które w alkalicznym środowisku szybko ulegają korozji prowadzącej do ich całkowitego zniszczenia. Norma PN-EN 1169 „Prefabrykaty betonowe – Ogólne zasady fabrycznej kontroli produkcji betonu zbrojonego włóknem szklanym” nie zaleca stosowania włókna szklanego typu E z cementem portlandzkim, „z wyjątkiem gdy matryca cementowa jest zmodyfikowana tak, że właściwości użytkowe i zmiany w czasie są zgodne z PN-EN 1170-8:2009 (U). Metoda badania betonu zbrojonego włóknem szklanym -Część 8: Cykliczne badanie typu na starzenie w warunkach atmosferycznych”. Należy jednak pamiętać, że modyfikacja matrycy cementowej mająca na celu obniżenie pH dojrzewającego zaczynu, np. poprzez dodatek do receptury jej otrzymywania dużej ilości metakaolinu, do tanich nie należy, a znacząco obniży właściwości użytkowe wyrobów. Ponadto jej efekt co do trwałości włókien szklanych w warunkach zawilgocenia w dłuższych okresach eksploatacji jest wątpliwy. Innym, również wątpliwym pod względem ekonomicznym rozwiązaniem, jest stosowanie jako spoiwa ogniotrwałych cementów glinowych, których koszt zakupu wynosi ok. 5000 zł za tonę.

- Obniżanie zawartości alkaloodpornych włókien AR w wyrobie. Optymalizacja taka ma sens, jeżeli robiona jest w sposób świadomy i odpowiedzialny. Jak już wspomniano, zawartość włókien szklanych



fot. Archiwum autora



fot. Archiwum autora

w prefabrykacji może wahać się w szerokich granicach (1-5%). Ponieważ w praktyce nie produkuje się wyrobów standardowych (w dużych ilościach), a raczej niepowtarzalne serie tej czy innej wielkości asortymentu, realizowane na potrzeby konkretnego projektu, należy w każdym przypadku, bazując na własnym doświadczeniu i w oparciu o badania typu, stosować odpowiednią ich dawkę. Ogólnie można stwierdzić, że im więcej włókien w betonie, tym większa będzie zdolność przenoszenia obciążeń wyrobu po pojawieniu się pierwszego pęknięcia, większa odporność na uderzenie, większa zdolność do pseudoplastycznego odkształcania się, trwałość w zmiennych warunkach atmosferycznych. No ale wyroby GRC mogą być projektowane do różnych zastosowań i eksploatowane w różnych warunkach. Dlatego, jak już wspominałem, każdy projekt traktować należy indywidualnie. Gdy wyrób nie zawiera włókien (fot. 2) lub tylko niewielką ich ilość (fot. 3), należy założyć kruchy mechanizm jego pęknięcia i nie należy spodziewać się poprawy jego trwałości podczas eksploatacji. Przy dodatku włókien w ilości ok. 3-5% (fot. 4), materiał wykazuje zazwyczaj wartość wytrzymałości resztkowej powyżej wartości naprężeń, powodujących powstawanie pierwszych zarysowań matrycy. Ale w przypadku prób wprowadzania większej ilości włókien (a możliwe jest to jedynie przy technologii natrysku), można uzyskać efekt pogorszenia właściwości produkowanego wyrobu. Gdy operację tę prowadzi operator z niewielkim doświadczeniem, może się zdarzyć, że lokalnie powstaną skupiska włókien nieoblepienie zaprawą cementową (fot. 5), co powoduje osłabienie materiału, a może doprowadzić nawet do jego rozwarstwienia (fot. 6). Równie niebezpieczne błędy można popełnić, formując wyroby technologią odlewania. Na fot. 7 przedstawiono skutki, jakie spowodowało utworzenie się „korka” ze skłębionych włókien, co spowodowało, że wypełnienie formy zaprawą było niepełne.

Wartością równoważną z własnościami użytkowymi prefabrykatów GRC są ich **walory estetyczne, a zwłaszcza estetyka eksponowanej powierzchni**. Do tej pory producenci wyrobów betonowych nie interesowali się zbyt tym problemem, a nawet jeżeli miało to miejsce, to nie w takim jak obecnie jest to wymagane wymiarze. A jest to pod względem technologicznym trudne do opanowania zagadnienie. Aby uzyskać wymagany efekt końcowy, należy świadomie i ze zrozumieniem kontrolować całość procesu produkcji, od projektowania form i receptury mieszanki, aż po operacje wykańczające. Brak jest literatury na ten temat. Jedyna cenna dla praktyków pozycja opublikowana w języku polskim, którą znam, to wytyczne techniczne pt. „Beton architektoniczny” autorstwa Krzysztofa Kuniczuka. Dotyczy ona zagadnienia pokrewnego (betonów wykonywanych na placu budowy) i tylko niektóre problemy są wspólne z omawianym przeze mnie tematem. Już na etapie formowania i pielęgnacji wyrobów można popełnić błędy, które ujawnią się w okresie późniejszym, przykładowo: związane z doбором i aplikacją środków antyadhezyjnych (fot. 1), gromadzenie się przy krawędziach formy, na jej eksponowanej powierzchni odbitego piasku (fot. 8) (dotyczy technologii natrysku). Zmiana lokalnego współczynnika w/c, która nastą-





8

foto: Archiwum autora

pić może we wstępnym etapie pielęgnacji prefabrykatów, też prowadzi do niepożądanych efektów (fot. 9). Ale nie tylko producent bywa sprawcą mało estetycznego wyglądu wyrobów. Może być nim firma montażowa lub inny wykonawca obiektu. Gdy gotowy, starannie opakowany wyrób trafia na plac budowy, zdarza się, że jest niewłaściwie składowany, transportowany. Bardzo często dochodzi do mechanicznego zabrudzenia powierzchni (fot. 10), co w przypadku elementów nieimpregnowanych może mieć charakter trwały. Zdarzają się również przypadki uszkodzeń w rodzaju: utracanie naroży, zarysowanie powierzchni.



9

foto: Archiwum autora

Odrębne zagadnienie to problem przebarwień i wykwitów występujących na powierzchni elementów barwionych w masie. Dotyczy to głównie tych, które są ekspozowane na zewnątrz i ulegają oddziaływaniu zmiennych warunków atmosferycznych (fot. 11, fot. 12). Tworzą się one na skutek naturalnych procesów zachodzących w betonowych konstrukcjach podczas ich eksploatacji. Cykliczne nawilżanie i suszenie powoduje przenikanie rozpuszczalnych soli zawierających głównie alkalia i wodorotlenek wapniowy z głębiej położonych warstw na powierzchnię. Zjawisko to występuje we wszystkich betonowych wyrobach, ale w przypadku elementów barwionych jest bardziej widoczne. Zapobiec temu można jedynie staranną impregnacją i uszczelnieniem powierzchni, co nie jest tanie. Obecność lub brak naturalnych zmian wyglądu powierzchni betonowych okładzin to sprawa gustu. Są tacy, którym podoba się naturalna surowa struktura powierzchnia (fot. 13), innym podoba się ta uszlachetniona (fot. 14) obiekt po przealowaniu).



10

foto: Archiwum autora

Jak już wspominałem o tym w I części publikacji (BTA nr 3 (71) 2015), poważnym problemem związanym z uzyskaniem gwarancji dobrej i powtarzalnej jakości i estetyki prefabrykatów GRC (dotyczy to głównie cienkościennych elementów okładzinowych) jest fakt, że większość działających w Polsce producentów ma niewielkie doświadczenie z wytwarzaniem kompozytów cementowych i niewystarczające do podjęcia się realizacji poważnych projektów zaplecze technologiczne i finansowe. Często również nie są oni w stanie prawidłowo przewidzieć koniecznych dla realizacji zamówienia kosztów własnych, no ale chcą i mają prawo działać. Startując w przetargach, często zaniżają ceny do absurdalnie



11

foto: Archiwum autora



12 fot. Archiwum aubora



13 fot. Archiwum aubora

niskich wartości, przy których po prostu nie da się w sposób odpowiedzialny wyprodukować wyrobów o wymaganych parametrach. Jest to problem nie tylko dla w miarę prawidłowo już działających zakładów, ale również dla inwestorów, generalnych wykonawców i projektantów. Bo często wybór najtańszej oferty popartej jedynie dobrze zaprojektowaną stroną internetową firmy, gdzie jako niby referencje zamieszczane są głównie efektowne realizacje (ale nie opisano, kto je wykonał), prowadzi do bardzo smutnego końca. W przypadku projektów o niewielkiej wartości można zaryzykować, firmy „garażowe” też muszą zarabiać, zdobywać doświadczenie, rozwijając się. Ale w przypadku realizacji poważnych projektów (np. powyżej 1000 m² płyt) to zbyt duże ryzyko. Przecież realizacja projektu to nie tylko sama produkcja, to również konieczność zachowania powtarzalności oczekiwanych właściwości wyrobów (w tym również estetycznych), logistyka związana z ich składowaniem, transportem, montażem. Istotne jest również odpowiednie zabezpieczenie finansowe, umożliwiające ciągły i prawidłowy proces wytwarzania prefabrykatów GRC.

Z tego typu problemami borykano się już w innych krajach, czego dowodem jest, że na stronach Glassfibre Reinforced Concrete Association (GRCA) zamieszczano dla inwestorów odpowiednie porady, co należy czynić, aby pomyślnie zrealizować projekt. Postaram się pokrótce je opisać, dodając niektóre z moich przemyśleń.

Przy realizacji dużych kontraktów przed ostateczną decyzją wyboru, po wstępnym wytypowaniu firm znanych lub wyszukanych na podstawie danych z Internetu, należy:

- udać się z wizytą do firmy, nie do biura, ale tam, gdzie zlokalizowana jest produkcja
- należy ocenić, czy posiada ona niezbędne do realizacji projektu urządzenia (np. dla produkcji cienkich okładzin, wyrobów 3D – natrysk), jak składowane są surowce i domieszki chemiczne
- należy ocenić zdolność produkcyjną zakładu, w przypadku elementów okładzinowych miesięczna zdolność produkcyjna jest zbliżona do powierzchni hali
- czy hala jest ogrzewana, produkcja i dojrzewanie prefabrykatów GRC nawet w zimie powinno

odbywać się w zakresie temperatur 18-22°C

- jak wyrób będzie wprowadzany na rynek (ocena techniczna JOT, norma zharmonizowana) i na jakiej podstawie będzie wystawiana Deklaracja Własności Użytkowych (DWU)
- w przypadku gdy wyrób budowlany nie pełni funkcji konstrukcyjnej (co z reguły zdarza się w przypadku prefabrykatów GRC), dokument DWU wystawić może Zakładowa Kontrola Produkcji (o ile posiada udokumentowaną działalność i niezbędne wyposażenie). Należy to sprawdzić
- dokument DWU może być również wystawiony w oparciu o badania zewnętrznej jednostki badawczej, kontrolującej zarówno proces produkcyjny jak i jakość wyrobu. Należy sprawdzić, czy zakład posiada stałą umowę o współpracy z zewnętrzną jednostką badawczą
- należy jako niezbędny załącznik do kontraktu wprowadzić dokument pt. Ustalenia Projektowe, w którym zawarte zostaną wszelkie szczegółowe wymagania projektanta, np. geometria, tolerancje wymiarowe, faktura powierzchni, kolor, nośność, trwałość, odporność ogniowa, wytrzymałość osprzętu (skuteczność mocowania). Dokument ten musi być zobowiązujący dla obu stron.

dr inż. Marek Petri



14

fot. Archiwum aubora