

mgr inż. Kamila Owczarska¹⁾
dr hab. inż. Elżbieta Szmigiera^{1)*}

Elektronagrzew jako metoda pielęgnacji betonu

The electrofusion heating as a method of concrete curing

DOI: 10.15199/33.2015.01.17

Streszczenie. Jednym z często stosowanych zabiegów pielęgnacji betonu w warunkach zimowych jest metoda obróbki cieplnej za pomocą elektronagrzewu. Zagadnienie to jest bardzo złożone i zależy od rodzaju konstrukcji, składu mieszanki betonowej oraz zewnętrznych warunków atmosferycznych. W związku z tym cały proces obróbki termicznej powinien być odpowiednio zaprojektowany i przebiegać pod kontrolą uprawnionych do tego osób. W artykule przedstawiono zasady i procedury wykonywania elektronagrzewu, stosowane obecnie na budowach, zwracając szczególną uwagę na czynniki, zapewniające prawidłową pielęgnację betonu tą metodą.

Słowa kluczowe: elektronagrzew, pielęgnacja betonu, betonowanie w warunkach zimowych.

Abstract. One of the commonly used treatments for concrete in winter conditions is a method of electrofusion heating. This problem is very complex and depend on the type of the construction and composition of concrete mix and external atmospheric conditions. Accordingly, the process of heat treatment should be appropriately designed and run under the control of the persons entitled to. The paper presents the principles and procedures for the exercise electrofusion concrete heating, currently used on construction sites, paying particular attention to factors that ensure proper care of the concrete by this method.

Keywords: electrofusion heating, concrete curing, concreting at low temperatures.

Metoda elektrooporowego nagrzewania betonu została opracowana w XX wieku we Francji. Umożliwia ona przyspieszenie wiązania, twardnienia oraz dojrzewania mieszanki betonowej w warunkach obniżonej temperatury [1]. **System elektronagrzewu składa się z następujących elementów** (rysunek):

- instalacji elektrycznej do nagrzewania prądem elektrycznym o obniżonym napięciu, składającej się z jednego lub dwóch transformatorów i urządzeń;
- grzałek oporowych (rdzeni grzewczych);
- sieci przewodów (rozdzielczych, zasilających);
- elementów uzupełniających, np. taśmy izolacyjnej.

rozumowaniem i zamocowaniem poszczególnych elementów systemu.

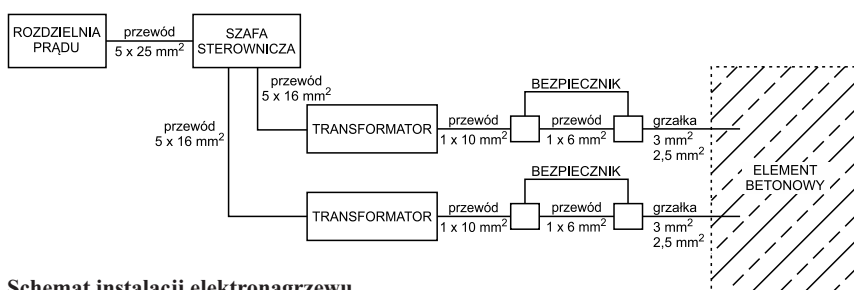
Podstawowym elementem grzewczym są grzałki (fotografia) ułożone w betonowanym elemencie. Grzałki o przekroju przewodu 2,5 mm² stosowane są najczęściej do ogrzewania pionowych elementów żelbetowych, a do elementów stropowych – o przekroju 3 mm². Pojedyncze grzałki łączone są z przewodami zasilającymi, wychodzącymi z transformatora, za pomocą złączy z tworzyw sztucznych. Takie połączenie powinno być zabezpieczone za pomocą taśmy izolacyjnej przed dostępem wody z betonu. Końce grzałek połączone z przewodami zasilającymi należy umieścić w odległości ok. 8 cm poniżej górnej powierzchni betonu. W przeciwnym ra-



Grzałki stosowane do elektrooporowego grzania betonu [Fot. Kamila Owczarska]

System elektronagrzewu został tak zaprojektowany, aby był bezpieczny dla ludzi, dlatego też napięcie robocze, wychodzące z transformatora, jest obniżane z wartości 400 V do 42 V.

Bardzo ważną czynnością, podczas przeprowadzania elektronagrzewu, jest **kontrola temperatury wewnątrz betonu**. Każdy transformator połączony jest z szafą sterującą, w której znajdują się mierniki temperatury. Czujniki temperatury umieszczone są w rurkach osłonowych z tworzyw sztucznych w betonowanym elemencie i połączone z miernikami w szafie sterującej. Do jednej szafy sterującej mogą zostać podłączone maksymalnie dwa transformatory. Odległość stacji sterującej od źródła zasilania powinna być jak najkrótsza i nie przekraczać 50 m. W celu uzyskania rzetelnych danych o jakości elektronagrzewu ważne jest odpowiednie umieszczenie czujników temperatury w betonie. Zwykle umieszcza się dwa



Schemat instalacji elektronagrzewu

Skuteczność pielęgnacji betonu z zastosowaniem elektronagrzewu wymaga spełnienia wielu warunków, związanych z użyciem odpowiednich materiałów oraz

zanie, w wyniku braku odpowiedniego otulenia betonem, grzałka może ulec przepaleniu. Każda grzałka połączona jest z transformatorem za pomocą dwóch przewodów – zasilanie i powrót prądu, w sposób równoległy, zapewniający takie samo napięcie na każdej z nich.

¹⁾ Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Łądowej

^{*)} Autor do korespondencji: e-mail: eds@il.pw.edu.pl

komplety czujników, w tym jeden jak najbliżej, a drugi jak najdalej od grzałki.

Na prawidłowy przebieg elektronagrzewu bardzo duży wpływ ma rozmieszczenie grzałek w betonowanym elemencie. Są one mocowane do zbrojenia za pomocą drutu wiązałkowego lub specjalnych pasków z tworzywa sztucznego. Należy zapewnić odpowiedni sposób mocowania grzałek, zabezpieczający je przed możliwością przesuwania się w betonowanym elemencie. Grzałki powinny być tak rozmieszczone, by rozkład temperatury był możliwie równomierny. Odległość między poszczególnymi grzałkami zależy od grubości elementu oraz od zewnętrznej temperatury, w której wykonywane jest betonowanie. W elementach poziomych grubości do 40 cm, odstęp między grzałkami wynosi:

- 20 – 40 cm przy temperaturze od -5 °C do +5 °C;
- 15 – 20 cm przy temperaturze od -15 °C do -5 °C.

W elementach poziomych grubości powyżej 40 cm należy umieszczać grzałki w dwóch rzędach.

W elementach pionowych wymagane jest, aby stosować:

- jedną warstwę grzałek w rozstawie do 20 cm, przy temperaturze od -5 °C do +5 °C;
- dwie warstwy grzałek w rozstawie do 20 cm, przy temperaturze od -15 °C do -5 °C.

W przypadku temperatury zewnętrznej poniżej -15 °C nie wykonuje się betonowania elementów konstrukcji na wolnym powietrzu.

Wymagania dotyczące mieszanki betonowej poddanej elektronagrzewowi

Mieszanka betonowa, stosowana przy obróbce elektronagrzewem, powinna gwarantować uzyskanie klasy wytrzymałości betonu C20/25 i wyższej. Wskazane jest użycie cementów portlandzkich (CEM I) i portlandzkich wieloskładnikowych (CEM II) o klasie wytrzymałości minimum 32,5. W przypadku klasy cementu 32,5 należy zadbać, aby był to cement o wysokiej wytrzymałości wczesnej (oznaczony literą R). Cementy wieloskładnikowe (CEM II) klasy 32,5 powinny zawierać dodatek mineralny w ilości do 20%, należy również ograniczyć udział popiołu lotnego do 10%. Korzystne jest również, aby zastosowany cement charakteryzował się wysokim ciepłem hydratacji, zapewniającym mieszance betonowej

wysoką temperaturę w możliwie najdłuższym czasie.

Kruszywa stosowane do betonu narażonego na działanie niskiej temperatury powinny charakteryzować się przede wszystkim niską wodożądnością. Ponadto dąży się do ograniczenia ilości wody w mieszance betonowej. Zalecane jest, aby wskaźnik wodno-cementowy kształtował się na poziomie poniżej 0,5. Obowiązkowe jest także stosowanie domieszek przeciwmroźnych w ilości zgodnej z zaleceniami producenta. Niedopuszczalne jest dolewanie wody do mieszanki betonowej w celu polepszenia urabialności.

Zgodnie z normą [2] należy zapewnić temperaturę wbudowanego betonu nie niższą niż +5 °C. Wymaganie to nakłada na producentów obowiązek wykonania mieszanki betonowej o podwyższonej temperaturze, uwzględniającej możliwy spadek temperatury podczas transportu. Kolejnym bardzo ważnym aspektem jest pielęgnacja wbudowanego betonu. Ochrona betonu przed niekorzystnym działaniem warunków atmosferycznych, takich jak mróz, wiatr i śnieg, może być realizowana przez odpowiednie osłonięcie powierzchni betonu.

Kontrola i monitoring elektronagrzewu

Proces obróbki cieplnej betonu za pomocą elektronagrzewu wymaga odpowiedniego systemu kontroli oraz monitoringu. Wszyscy pracownicy, wykonujący elektronagrzew, muszą zostać odpowiednio przeszkoleni w dziedzinie montażu i obsługi urządzeń oraz zasad zachowania bezpieczeństwa i higieny pracy, z uwzględnieniem ochrony przeciwpożarowej, związanej z pracą tych urządzeń pod napięciem. Dodatkowo dyżurny elektryk oraz osoba monitorująca temperaturę powinna posiadać odpowiednie uprawnienia elektryczne.

Podczas całego procesu obróbki cieplnej betonu należy monitorować temperaturę betonu i dokonywać jej odczytów nie rzadziej niż co 6 h. W przypadku, gdy beton w czasie 12 h nie osiągnie wymaganej temperatury, czas grzania należy wydłużyć o kolejne 6 h.

Zasady postępowania przy podgrzewaniu mieszanki betonowej za pomocą elektronagrzewu są następujące:

1) przygotowanie potrzebnych przewodów i drutów oporowych;

2) sprawdzenie poprawności działania wszystkich urządzeń elektrycznych;

3) rozmieszczenie grzałek w betonowanym elemencie i odpowiednie ich zamocowanie;

4) połączenie grzałek z przewodem zasilającym oraz wtórnym (powrotnym) za pomocą izolowanych złączek z tworzywa sztucznego;

5) podłączenie przewodów zasilających i wtórnych do transformatora;

6) podłączenie transformatorów do szafy sterującej (nie wolno łączyć transformatorów bezpośrednio do źródła zasilania z pominięciem szafy sterującej);

7) umieszczenie czujników temperatury w betonowanym elemencie;

8) podłączenie szafy sterującej do źródła zasilania – rozdzielnic prądu;

9) ustawienie w szafie sterującej parametrów i czasu grzania elementu;

10) sprawdzenie nastawienia przełączników prądowych transformatora;

11) uruchomienie poszczególnych transformatorów i sprawdzenie prądu po stronie pierwotnej transformatora, aby nie przekraczał wartości znamionowej;

12) sprawdzenie poszczególnych obwodów wtórnych zasilania grzałek (jeśli moc na grzałce przekracza wartość 2 kW, należy ją odłączyć, po wcześniejszym wyłączeniu zasilania);

13) odłączenie zasilania oraz zabezpieczenie betonu przed niekorzystnym działaniem temperatury (w przypadku awarii lub uszkodzenia któregoś z elementów);

14) monitorowanie temperatury i zapisywanie wyników w karcie kontroli obróbki cieplnej betonu oraz obserwowanie powierzchni betonu do momentu osiągnięcia wymaganej wytrzymałości (po 12 h grzania w temperaturze zewnętrznej do -5 °C i odpowiednio dłużej w temperaturze niższej).

Podsumowanie

Przedstawiona w artykule metoda elektrooporowego nagrzewania betonu jest coraz częściej stosowana jako podstawowy zabieg pielęgnacji betonu, podczas wznoszenia obiektów budowlanych w warunkach niskiej temperatury. Cały proces obróbki termicznej powinien być odpowiednio zaprojektowany i przebiegać pod kontrolą uprawnionych osób.

Literatura

- [1] PN-88/B-06250: Beton zwykły.
[2] PN-EN 206-1: Beton – Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

Otrzymano 11.11.2014 r.