

dr inż. Janusz Kubiak<sup>1)</sup>dr inż. Aleksy Łodo<sup>1)\*</sup>dr inż. Jarosław Michalek<sup>1)</sup>

# Produkcja wirowanych żerdzi elektroenergetycznych w formach nieotwieranych podłużnie

*Production of power spun concrete poles in longitudinally non-openable forms*

DOI: 10.15199/33.2015.06.10

(Artykuł przeglądowy)

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono charakterystykę strunobetonowych, wirowanych żerdzi elektroenergetycznych produkowanych w formach nieotwieranych podłużnie. Opisano podstawowe etapy procesu produkcyjnego tego typu wyrobów i omówiono wpływ technologii produkcji na właściwości użytkowe wyrobów gotowych.

**Słowa kluczowe:** słupy sprężone, beton wirowany, linie elektroenergetyczne.

**Abstract.** In the paper the characteristics of power pre-tensioned prestressed spun concrete poles produced in longitudinally non-openable forms were given. Basic stages of production process of such type elements were described and the influence of production technology on exploitation properties of products was described.

**Keywords:** prestressed poles, spun concrete, power lines.

W Polsce strunobetonowe i częściowo sprężone żerdzie (słupy) z betonu wirowanego zostały wprowadzone w liniach elektroenergetycznych średniego i niskiego napięcia dopiero na początku lat dziewięćdziesiątych minionego wieku [1]. Krajową produkcję żerdzi wirowanych można było uruchomić dzięki urządzeniom zakupionym w latach siedemdziesiątych XX w. w byłej Czechosłowacji. Założenia technologiczne dla trzech pierwszych wytwórni (lata 1990 – 1997) opracowano na podstawie doświadczeń zdobytych na tzw. linii laboratoryjnej uruchomionej w 1990 r. w Instytucie Budownictwa Politechniki Wrocławskiej [1]. W tych wytwórniach wykorzystano nie tylko urządzenia zakupione w Czechosłowacji, ale też rozwiązania przetestowane na linii laboratoryjnej. Pięć następujących wytwórni, produkujących żerdzie wirowane wg własnych rozwiązań w formach nieotwieranych podłużnie, powstało po 2000 r., a najnowsza – w roku bieżącym. W dziewiątej wytwórni zastosowano formy otwierane podłużnie, stosując identyczne wymiary gabarytowe elementów.

Obecnie roczna zdolność produkcyjna krajowych wytwórni wynosi ok. 150 tys. żerdzi. W strunobetonowych żerdziach wirowanych stosuje się beton wirowany kla-

sy C40/50 i C50/60. Zbroi się je podłużnie cięgnami sprężającymi (druły  $\varnothing 7,5$  mm o symbolu Y1670C) i prętami żebrowanymi o charakterystycznej granicy plastyczności  $f_{yk} = 500$  MPa. Zbrojenie poprzeczne żerdzi stanowi spirala z drutu gładkiego  $\varnothing 3,5$  mm o charakterystycznej granicy plastyczności  $f_{yk} = 500$  MPa. Wirowane żerdzie elektroenergetyczne [2] oznaczane są symbolami handlowymi (np. E12/4,3), w których litera E oznacza żerdź elektroenergetyczną, cyfra przed kreską ukośną – długość żerdzi L [m], a po kresce – wartość znamionowej siły wierzchołkowej  $P_k$  [kN] przyłożonej 0,2 m od wierzchołka. Średnica zewnętrzna żerdzi E zwiększa się od  $d_w = 170; 218; 263$  i  $308$  mm w wierzchołku do  $d_p = d_w + L \cdot 15$  [mm] w podstawie ze stałą zbieżnością 15 mm/1 m. Obecnie krajowe wytwórnie oferują pełny asortyment żerdzi E dla napowietrznych linii elektroenergetycznych średniego i niskiego napięcia długości  $L = 9 \div 18$  m i sile wierzchołkowej  $P_k = 2,5 \div 35$  kN oraz słupy oświetleniowe i trakcyjne. Wprowadzenie na rynek żerdzi elektroenergetycznych E odbywa się na podstawie zgodności ze zharmonizowaną normą wyrobu PN-EN 12843:2008 [3].

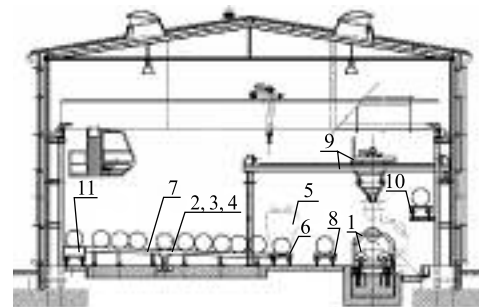
## Podstawowy ciąg technologiczny linii produkcyjnej

Wytwarzanie żerdzi wirowanych w nieotwieranych podłużnie formach stożkowych odbywa się na półautomatycznych liniach produkcyjnych. Rozmieszczenie

urządzeń do produkcji żerdzi w obrębie wirówki przedstawiono na rysunku. Formy w tej części linii technologicznej toczą się ze stanowiska na stanowisko po trasie pochylonej (poz. 7 na rysunku), a w kierunku podłużnym hali są przewożone wózkami (poz. 8, 10, 11). Do obsługi wirówki (poz. 1) można wykorzystać tzw. przesuwnicę pomostową (poz. 9), w którą wyposażone są trzy pierwsze wytwórnie żerdzi wirowanych, lub suwnicę w hali (wytwórnie pozostałe). Linie produkcyjne tego typu charakteryzują się dużą wydajnością (co ok. 7 min wykonuje się jeden element, co daje wydajność 60 żerdzi w ciągu 8-godzinnej jednozmianowej produkcji na dwóch wirówkach).

W procesie produkcyjnym żerdzi wirowanych można wyodrębnić następujące czynności:

- **chłodzenie form** po wyciągnięciu wyrobu gotowego; ciepłe formy schładza się do temperatury poniżej  $30^\circ\text{C}$  w celu pokry-



**Rozmieszczenie urządzeń do produkcji żerdzi w obrębie wirówki**

*Arrangement of poles production equipment in the area of centrifuge*

<sup>1)</sup> Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

<sup>\*)</sup> Autor do korespondencji:

e-mail: aleksy.lodo@pwr.edu.pl

cia środkiem antyadhezyjnym ich wewnętrznej powierzchni; schładzanie może odbywać się w sposób naturalny lub wodą;

- **pokrywanie powierzchni wewnętrznej form środkiem antyadhezyjnym** (np. przez natryskiwanie lub smarowanie) – czynność ta odgrywa bardzo ważną rolę w produkcji żerdzi wirowanych w formach nieotwieranych podłużnie, gdyż właściwe smarowanie gwarantuje szybkie przesunięcie żerdzi względem formy;

- **wykonanie koszy zbrojeniowych** odbywa się na dwóch lub trzech stanowiskach zbrojarskich, na których 3 ÷ 4-osobowe brygady zbrojarzy montują kosze zbrojeniowe na odpowiednich iglicach zbrojarskich (fotografia 1);



**Fot. 1. Przygotowanie koszy zbrojarskich**  
*Photo 1. Preparation of reinforcing cage*

- **uzbrajanie form** polega na wsunięciu do niej gotowego kosza zbrojeniowego i naciągnięciu prasą grupowego naciągu (poz. 2 ÷ 4 na rysunku) wiązki drutów sprężających zakotwionych w głowicach czynnej i biernej; uzbrojone formy staczają się po trasie pochyłej (poz. 7) w kierunku wózka (poz. 6) służącego do napełniania form betonem;

- **napełnianie form masą betonową** (fotografia 2) odbywa się za pomocą pompy pneumatycznej (poz. 5) wyposażonej w podajnik rurowy, na który najeżdża wózek z formą (poz. 6); podczas jazdy powrotnej wózka forma napełniana jest masą betonową i następnie przenoszona do wirówki (poz. 1) lub na wózek (poz. 8) w celu przewiezienia jej w obręb drugiej wirówki;



**Fot. 2. Napełnianie formy betonem**  
*Photo 2. Filling of mould with concrete*

- **odwirowanie betonu** w wirówce rolkowej (fotografia 3) polega na równomiernym rozłożeniu i odpowietrzeniu masy betonowej, a następnie jej odwodnieniu; po wylaniu mleczka wapiennego z odwirowanego betonu formę przenosi się suwnicą pomostową bezpośrednio do komory naparzalniczej (fotografia 4) lub umieszcza się formę na wózku toru górnego (poz. 10), który przewozi ją na rampę oczekiwania przed włożeniem do komory naparzalniczej;



**Fot. 3. Forma w wirówce rolkowej**  
*Photo 3. Moulds in roller centrifuge*



**Fot. 4. Formy w komorze naparzalniczej**  
*Photo 4. Moulds in steam chamber*

- **przyspieszone dojrzewanie betonu** przebiega w komorach naparzalniczych zgodnie z zasadami obróbki termicznej betonu; para do komór podawana jest stopniowo po upływie ok. 4 h od zawirowania betonu (wzrost temperatury nie powinien być większy niż 10 °C/1 h); temperatura w komorach nie powinna przekraczać 80 °C; czas obróbki termicznej betonu zależy od rodzaju zastosowanego cementu (średnio wynosi 6 ÷ 8 h); po tym czasie wylacza się dopływ pary do komory w celu naturalnego schłodzenia się form do temperatury poniżej 40 °C;

- **zwolnienie naciągu technologicznego strun i sprężenie żerdzi** – częściowe wypchnięcie, a następnie wyciągnięcie żerdzi z formy odbywa się po osiągnięciu przez beton ok. 70% wytrzymałości 28-dniowej; podczas przecinania cięgien mogą powstawać uszkodzenia betonu w szczycie elementu [6], jeśli nie przestrzega się pod-

stawowej zasady nieprzecinania cięgien, jeśli temperatura formy przekracza 40 °C;

- **oznakowanie, wywożenie i składowanie wyrobów gotowych** kończy cykl produkcji żerdzi wirowanych; wywożenie ciepłych żerdzi na otwartą zimą przestrzeń jest zabronione, gdyż wówczas w betonie mogą powstać mikropeknięcia mające wpływ na jego trwałość.

## Podsumowanie

Technologia produkcji strunobetonowych żerdzi wirowanych w formach nieotwieranych podłużnie szczególnie sprawdza się w masowej produkcji elementów liniowych długości do 15 m (sporadycznie 18 m), takich jak żerdzie elektroenergetyczne, oświetleniowe i trakcyjne. Na podstawie własnych doświadczeń wynikających z ponad dwudziestoletniej produkcji żerdzi wirowanych w Polsce [1, 2, 4, 5] i śledzenia zachowania się tego typu wyrobów [6] można stwierdzić, że 75% uszkodzeń jest spowodowane czynnikami materiałowo-technologicznymi (wady wynikające z nieprzestrzegania reżimu technologicznego u producenta), 20% czynnikami fizykochemicznymi, a tylko 5% wynika z uszkodzeń mechanicznych (np. przeciążenia spowodowanego huraganowym wiatrem bądź oblodzeniem przewodów). Zatem przestrzeganie reżimu materiałowego i technologicznego jest podstawą wykonania elementów o bardzo dobrym stopniu zagęszczenia betonu, gładkiej powierzchni zewnętrznej i wysokiej wytrzymałości betonu na ściskanie oraz odpowiedniej grubości otuliny zbrojenia gwarantującej 50-letnią trwałość w środowisku naturalnym XC4 i XF2 [3].

*Fotografie i rysunek – Autorzy*

## Literatura

- [1] Łodo A.: Historia uruchomienia krajowej produkcji strunobetonowych żerdzi wirowanych, Przegląd Budowlany nr 6/2011, s. 29 – 34.
- [2] Kubiak J., Łodo A., Michałek J.: Słupy elektroenergetyczne z wirowanych żerdzi sprężonych, Materiały Budowlane nr 6/2004, s. 93 – 95.
- [3] PN-EN 12843: 2008 Prefabrykaty betonowe. Maszty i słupy.
- [4] Michałek J.: Słupy oświetleniowe z betonu, Przegląd Budowlany nr 6/2011, s. 45 – 49.
- [5] Migacz H., Wójcik S., Lipniak M.: Prefabrykaty z betonu produkowane w Strunobeton-Migacz Sp. z o.o. Materiały Budowlane nr 6/2014, s. 34 – 36.
- [6] Kubiak J., Łodo A., Michałek J.: Przyczyny wad i uszkodzeń wirowanych żerdzi elektroenergetycznych, Ochrona przed Korozją. 2004, R. 47, nr 5s/A, s. 180 – 183.

*Otrzymano 17.04.2015 r.*