

*mgr inż. Michał Bors<sup>1)</sup>*

# Technologia TBM z wykorzystaniem prefabrykowanych elementów obudowy tuneli

**W**ykonywanie długich odcinków tuneli o średnicy 1,5 ÷ 19,25 m z zastosowaniem maszyn typu TBM (*tunnel boring machines*), TBM-S (ze szczelną osłoną zabezpieczającą) oraz SM (*shield machines*) jest ekonomiczne, bezpieczne i efektywne. W tego typu tunelach obudowę wykonuje się z tubingów, czyli prefabrykatów żelbetowych, które nie wymagają obudowy tymczasowej (wstępnej) i dostarczane są z zakładu prefabrykacji na plac budowy transportem kolejowym lub kołowym.

Z miejsca rozładunku, gdzie zazwyczaj znajduje się magazyn buforowy zapewniający odpowiedni zapas tubingów dla będącej w ciągłym ruchu maszyny TBM, przez szyb startowy, transportowane są w głąb tunelu za pomocą tzw. multicarów, suwnicą lub po torowisku, a następnie automatyczną linią w kierunku czoła tarczy. Na miejscu są pozycjonowane i wbudowywane doczołowo do poprzednio ułożonego pełnego ringu (pełen ring, to od kilku do kilkunastu tubingów). Zawsze ostatnim układanym elementem jest klucz, który uszczelnia i usztywnia ring.

Metodę TBM zastosowano dotychczas w Polsce przy budowie trzech tuneli: metra w Warszawie (początkowo z wykorzystaniem tubingów żeliwnych); fragmentu kolektora ściekowego pod Wisłą z lewobrzeżnej Warszawy do oczyszczalni „Czajka” oraz tunelu drogowego pod Martwą Wisłą w Gdańsku. Obecnie w przygotowaniu i realizacji są dwa kolejne tunele: pod Świną w Świnoujściu (drogowy) oraz Średnicowy w Łodzi (kolejowy).

## Pekabex Bet S.A. – czołowy w Polsce producent tubingów

Spółka Pekabex Bet S.A., producent prefabrykowanych elementów żelbetowych i sprężonych, jest pierwszym i jedynym w Polsce dostawcą obudowy tuneli, który brał i bierze udział w budowie trzech z pięciu obiektów budowanych metodą TBM. Pierwszą w kraju przeprawą tunelową pod rzeką był tunel kolektora ścieków do oczyszczalni Czajka (średnicy zewnętrznej 5,1 m). Zlokalizowany jest on 10 m pod dnem rzeki, a jego łączna długość to 1300 m. Wykonany jest z 6600 szt. tubingów.

Drugą inwestycją jest tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku. Trzeba podkreślić, że jest to pierwszy w Polsce drogowy tunel pod rzeką. Jego średnica zewnętrzna wynosi 12,2 m. Jeden pierścień tunelu składa się z siedmiu segmentów (sześciu elementów oraz tzw. klucza) i waży ok. 110 t, zaś jedna nitka tunelu składa się z 537 pierścieni (długość tunelu to 1072,5 m). Tunel ma dwie nitki w rozstawie osiowym 25,0 m. W każdej z nich odbywa się ruch dwoma pasami jezdni. Wykonanie

7630 szt. prefabrykowanych elementów obudowy wymagało niezwykle dokładności prac betonarskich. Do produkcji tubingów wykorzystano prawie 47 tys. m<sup>3</sup> betonu.

Trzecia inwestycja to obecnie realizowany, przez grupę kapitałową Pekabex, kolejowy obiekt średnicowy w Łodzi, który ma połączyć Łódź Fabryczną z Łodzią Kaliską i Żabieńcem. Generalnym wykonawcą jest Przedsiębiorstwo Budowy Dróg i Mostów Mińsk Mazowiecki. W tym przypadku ma powstać tunel dwutorowy o długości 3 km oraz cztery odcinki tuneli jednotorowych o łącznej długości 4,5 km. Do ich drażenia będą wykorzystywane dwie tarcze TBM: większa – o średnicy 13,04 m i masie 1560 t oraz mniejsza – o średnicy 8,76 m i masie 650 t. Rozruch tarcz zaplanowany został na IV kwartał 2020 r. Do realizacji tej inwestycji powstanie łącznie ok. 30 tys. żelbetowych elementów obudowy. Będą one produkowane w fabryce spółki Pekabex Bet w Mszczonowie. Na potrzeby łódzkiego kontraktu, zakład został znacznie rozbudowany i zmodernizowany. Produkcję rozpoczęto na początku września br. (fotografia 1). W su-



Fot. 1. Fragment linii do produkcji tubingów w fabryce spółki Pekabex Bet w Mszczonowie

<sup>1)</sup> Pekabex Bet S.A.; [michal.bors@pekabex.pl](mailto:michal.bors@pekabex.pl)

mie zostanie wytworzonych 16 400 elementów ringu o średnicy zewnętrznej 8,5 m (fotografia 2) oraz 13 500 elementów ringu o średnicy 12,7 m z zastosowaniem 88 tys. m<sup>3</sup> betonu. Duży pierścień będzie składał się z ośmiu elementów – każdy o masie ok. 10 t. Najmniejsza grubość jednego segmentu to 500 mm, a długość – 1600 mm. Natomiast mały pierścień to sześć segmentów o masie ok. 6 t każdy oraz tzw. klucz ważący ok. 3 t. Najmniejsza grubość jednego segmentu wynosi 400 mm, a długość – 1500 mm. Fabryka, pracując w systemie ciągłym z maksymalną wydajnością, może obecnie wyprodukować w ciągu doby 104 elementy (każda forma w ciągu doby jest wykorzystana dwa razy), zużywając ok. 300 m<sup>3</sup> betonu. Aby sprostać zadaniu, Pekabex Bet musiał niemal podwoić moce przerobowe fabryki w Mszczonowie. Konieczne było przystosowanie hali produkcyjnej do nowej linii technologicznej, wygospodarowanie magazynu dojrzewania elementów oraz przygotowanie odrębnej zbrojarni. Została również wybudowana nowa nawa hali wyposażona w suwnice, która będzie stanowiła magazyn buforowy wyprodukowanych elementów



Fot. 2. Prefabrykowany element żelbetowy obudowy tunelu

– obiekt będzie mógł pomieścić trzymiesięczną produkcję prefabrykatów. Na potrzeby produkcji zakład został wyposażony w nowy, zautomatyzowany odrębny węzeł betoniarski wraz z zapleczem magazynowym i silosem kruszyw oraz cementu. W sumie powierzchnia produkcyjna i magazynowa została zwiększona o ok. 20 tys. m<sup>2</sup>. Ponadto, przebudowano układ dróg i wprowadzono nowe systemy identyfikacji i autoryzacji. Tubingi będą dowożone do Łodzi transportem kołowym (autami o ładowności do 24 t). Szacuje się, że koniecznych będzie nawet 56 transportów na dobę.

## Technologia produkcji

Tubingi wytwarzane są w systemie kilkuzmianowym na zautomatyzowanej linii do produkcji prefabrykatów w układzie karuzelowym. Oznacza to, że formy są zintegrowane z wózkami szynowymi i poruszają się w układzie zamkniętym. **Cykl produkcyjny można podzielić na następujące etapy:**

- przygotowanie form do betonowania, tj. oczyszczenie z resztek betonu i nałożenie środka antyadhezyjnego;
- montaż szkieletu zbrojenia oraz akcesoriów i uszczelek w formie stalowej (fotografia 3);
- zamknięcie formy, betonowanie z wibrowaniem;
- wstępne wygładzenie górnej powierzchni elementu w formie;
- uchylenie skrzydełek formy i zatarcie górnej powierzchni elementu;
- ponowne zamknięcie skrzydełek formy na dystansach;
- proces przyspieszonego dojrzewania w warunkach naporzania niskociśnieniowego;
- wyjęcie elementu z komory dojrzewalności po wstępnym wystudzeniu;
- podniesienie elementu z formy, prace wykończeniowe, tj. montaż elementów kontaktowych i odtransportowanie go na składowisko wyrobów gotowych;



Fot. 3. Montaż zbrojenia w formie stalowej

- powrót formy na stanowisko oczyszczania i nakładania środka antyadhezyjnego.

Dopuszczalne odchyłki wymiarów elementów powodują, że forma przed betonowaniem jest sprawdzana z dokładnością do 0,1 mm po to, aby gotowy element w prawidłowy sposób został zamontowany w tunelu. W przypadku prawie kilkudziesięciu tysięcy sztuk elementów prefabrykowanych konieczne jest dokładne zaplanowanie produkcji i skrupulatne kontrolowanie tego procesu. Doświadczenie i wiedza technologów betonu, którzy opracowywali mieszankę betonową, oraz wykwalifikowanych pracowników produkcyjnych, pozwalają na uzyskanie cykli produkcyjnych krótszych niż 12 h, dzięki czemu każda z form może być wykorzystywana dwukrotnie w ciągu doby, przy jednoczesnym utrzymaniu bardzo dobrej jakości gotowych wyrobów.

Zastosowanie metody TBM oraz prefabrykacja tubingów ma wiele zalet w porównaniu z budową metodą tradycyjną. Należy do nich zaliczyć m.in. mniejszą emisję hałasu oraz zanieczyszczeń w tunelu i na zewnątrz, większe bezpieczeństwo oszacowania całkowitych kosztów budowy, bardzo precyzyjne oszacowanie harmonogramu prac, zmechanizowanie wszystkich etapów budowy, bardzo dużą szybkość drażnienia tunelu, bezpieczeństwo pracy oraz mniejszą emisję CO<sub>2</sub>.

Fotografie: archiwum Pekabex

Partner tematu wydania: **Stowarzyszenie Producentów Betonów**

[www.s-p-b.pl](http://www.s-p-b.pl)

