

ARTYKUŁ PROMOCYJNY

ZACZYNY USZCZELNIAJĄCO-WYPEŁNIAJĄCE PRZY TUNELACH TBM

Firma BDC International oraz jej spółka córka, BDC Poland, od początku swojej działalności dostarczają wysokiej jakości środki cementacyjne do wiertnictwa. Dzięki swoim właściwościom, opracowanym z myślą o pracy w ekstremalnych warunkach geologicznych i technicznych, środki te, stosowane w przemyśle naftowym i gazowym, stanowią punkt odniesienia dla innych materiałów pod względem jakości i rygorystycznych norm bezpieczeństwa.

Wieloletnie doświadczenie w zakresie chemii wiertniczej, zdobyte podczas licznych projektów inżynierskich, zaowocowało opracowaniem linii produktów dedykowanych iniekcjom stosowanym przy budowie tuneli. W ostatnim czasie rynek polski zyskał na znaczeniu w tej dziedzinie, obfitując w duże projekty tunelowe. Realizacja tych

inwestycji przyczynia się do nadrobienia zaległości infrastrukturalnych, eliminacji wykluczenia komunikacyjnego oraz poprawy przepustowości dróg, obwodnic i węzłów komunikacyjnych. Drogi, mosty i tunele można porównać do układu krwionośnego gospodarki – ich rozwój przekłada się bezpośrednio na potencjał ekonomiczny zarówno kraju, jak i całego regionu.

W niniejszym artykule przedstawimy wyzwania stojące przed inżynierami budującymi tunele, ze szczególnym uwzględnieniem znaczenia iniektów jako wypełniaczy przestrzeni pierścieniowej powstającej w wyniku drążenia tunelu za pomocą tarczy TBM. Skupimy się na roli środków chemicznych w tworzeniu odpowiednich kompozycji oraz ich zastosowaniu, podkreślając kluczową rolę rozwiązań oferowanych przez BDC.

Tunel	Średnica tarcz drążących
Metro w Warszawie	6,3 m – 4 tarcze TBM
drogowy pod Świną (Świnoujście)	13,5 m
kolejowy średnicowy w Łodzi	13 i 8 m – 2 tarcze TBM
kolejowy w ciągu linii Kłęczany–Limanowa	10 m
S19 Rzeszów Południe–Babica	15,2 m

TAB. 1. | Wykaz przykładowych projektów tuneli w technologii TBM realizowanych w Polsce w ostatnim czasie

TECHNOLOGIA TBM – FUNDAMENT NOWOCZESNEGO TUNELOWANIA

Technologia drążenia tuneli przy użyciu maszyn TBM (ang. *Tunnel Boring Machine*)

ZASTOSOWANIE ŚRODKÓW CHEMICZNYCH BDC W INIEKTACH DO TUNELI TBM – PRZYKŁAD TUNELU METRA NA BEMOWIE

Tunel warszawskiego metra na Bemowie stanowi doskonały przykład inwestycji, w której materiały bentonitowe dostarczane przez BDC są integralnym składnikiem zaczynu wypełniającego przestrzeń pierścieniową tunelu. Wytypowany produkt przeszedł szczegółowe testy zgodności z cementem i dodatkami, co zapewnia jego efektywność i trwałość w tak wymagającym zastosowaniu.

KLUCZOWE DODATKI OFEROWANE PRZEZ BDC

BDC dostarcza zaawansowane domieszki chemiczne, które znacząco wspierają proces iniekcji i poprawiają właściwości zaczynu. W szczególności są to:

1. **Modiretard 05** – domieszka opóźniająca
Główne zadanie tego dodatku to opóźnienie procesu hydratacji cementu, co jest niezbędne w przypadku głębokich tuneli, gdzie czas transportu mieszanki z miejsca przygotowania do miejsca aplikacji może wynosić nawet kilkadziesiąt godzin. Typowy zakres opóźnienia hydratacji wynosi od 24 do 72 godzin.

2. **Modiquick 02** – domieszka aktywująca
Pozwala na niemal natychmiastowe wiązanie mieszanki po jej wstrzyknięciu w obudowę tunelu. Czas żelowania wynosi zazwyczaj 10–15 sekund, a jego regulacja jest możliwa poprzez odpowiednie dozowanie domieszki. Szybka reakcja zapewnia szczelne i trwałe wypełnienie całego pierścienia (tubingu).

Dozowanie Modiquick 02 zależy od licznych parametrów, takich jak:

- klasa i skład cementu,
- ilość cementu w mieszance,
- temperatura otoczenia,
- wymagany czas wiązania,
- wymagana wczesna wytrzymałość.

Wczesne wytrzymałości mieszanki są zwykle badane po 24 godzinach (1–1,5 MPa), a docelowe

lowe parametry, osiągane po 28 dniach, wynoszą zazwyczaj 2–3 MPa lub więcej, w zależności od wymagań projektowych.

PRZYKŁADOWA RECEPTURA BACK-FILLING GROUT

- Cement: **CEM I 42,5 R** – 270–370 kg/m³
- Bentonit w proszku: **Swellgel PF** – 20–50 kg/m³
- Woda: 750–850 dm³/m³
- **Modiretard 05**: 3–6 kg (w zależności od wymaganego czasu opóźnienia)
- **Modiquick 02**: 90–140 kg/m³ (dodawane do mieszanki cementu, bentonitu, wody i Modiretard 05)

ROLA DODATKÓW W STABILIZACJI I PŁYNNOSCI MIESZANKI

Dodatek Swellgel PF stabilizuje mieszankę, minimalizując segregację materiału i jednocześnie utrzymując maksymalną płynność. Kluczowym parametrem jest wypływ wody, który zwykle wynosi:

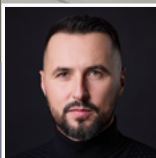
- po 3 godzinach: 1–3%,
- po 24 godzinach: 6–10%.

Czas wypływu mieszanki mierzy się za pomocą lejka Marsha i powinien mieścić się w zakresie 35–45 sekund. Płynność musi zostać utrzymana przez wymagany czas, który zależy od specyfiki projektu (zwykle 24, 48 lub 72 godziny).

PODSUMOWANIE

Wysokiej jakości dodatki chemiczne dostarczane przez BDC, takie jak Modiretard 05 i Modiquick 02, wraz z bentonitem Swellgel PF, zapewniają nie tylko optymalne parametry zaczynu, ale także wydajność i bezpieczeństwo realizacji projektów tunelowych. Dzięki ich zastosowaniu inwestycje, takie jak tunel metra na Bemowie, mogą być realizowane z zachowaniem najwyższych standardów technicznych i technologicznych. |

■ **SŁAWOMIR WŁODEK**
BDC Poland sp. z o.o.



pozwała na osiągnięcie tempa pracy dostosowanego do rodzaju podłoża. Na przykład w piasku i skale tempo drążenia może się różnić, jednak średnio wynosi od 10 do 20 m na dobę. Dla porównania, podczas drążenia II linii metra w Warszawie udało się osiągnąć dzienne tempo na poziomie 24 m, a najlepszy zanotowany wynik to aż 43 m na dobę. TBM to jednak coś więcej niż sama maszyna drążąca – to zaawansowany kompleks technologiczny. Oprócz drążenia tunelu, TBM układa również betonowe prefabrykaty, które tworzą stabilną ścianę konstrukcji. W trakcie tego procesu pomiędzy elementami obudowy tunelu a otaczającym gruntem powstaje przestrzeń, która wymaga wypełnienia i uszczelnienia. W tym celu stosuje się specjalny zaczyn, tzw. *back-filling grout*, bazujący na mieszance cementu i bentonitu.



SKONTAKTUJ SIĘ Z NAMI
tel. +48 12 650 66 42
email: info@bdc.com.pl
www.bdc.com.pl

