

Der Artikel wurde in der Fachzeitschrift GDMT Geoinżynieria Drogi Mosty Tunele veröffentlicht

SEALING-FILLING INJEKTIONSGROUT FÜR TBM-TUNNEL

BDC International sowie ihre Tochtergesellschaft BDC Poland liefern seit Anbeginn ihrer Tätigkeit hochwertige Zementierungsmittel für den Bohrbetrieb. Dank ihrer speziell für den Einsatz unter extremen geologischen und technischen Bedingungen entwickelten Eigenschaften stellen diese Mittel, die in der Öl- und Gasindustrie Anwendung finden, einen Referenzstandard hinsichtlich Qualität und strenger Sicherheitsnormen dar.

Die langjährige Erfahrung im Bereich der Bohrflüssigkeitschemie, erworben durch zahlreiche ingenieurtechnische Projekte, hat zur Entwicklung einer speziellen Produktlinie für Injektionen im Tunnelbau geführt. In jüngster Zeit hat der polnische Markt in diesem Sektor an Bedeutung gewonnen, da er große Tunnelprojekte beherbergt. Die Realisierung dieser Investitionen trägt zur Behebung infrastruktureller

Rückstände, zur Beseitigung von Verkehrsisolierungen und zur Verbesserung der Kapazität von Straßen, Umgehungsstraßen und Verkehrsknotenpunkten bei. Straßen, Brücken und Tunnel lassen sich mit dem Kreislaufsystem einer Volkswirtschaft vergleichen – ihr Ausbau wirkt sich unmittelbar auf das wirtschaftliche Potenzial des Landes und der gesamten Region aus.

In diesem Artikel stellen wir die Herausforderungen vor, denen sich Tunnelbauingenieure gegenübersehen, und legen dabei besonderes Augenmerk auf die Bedeutung von Injektionen als Füllstoffe für den Anulus, der beim Vortrieb mit einer TBM (Tunnelbohrmaschine) entsteht. Wir konzentrieren uns auf die Rolle chemischer Mittel bei der Herstellung geeigneter Kompositformulierungen sowie auf deren Anwendung und heben dabei die Schlüsselrolle der von BDC angebotenen Lösungen hervor.

Tunnel	Durchmesser der Schneidräder
U-Bahn in Warschau	6,3 m – 4 TBM-Schneidköpfe
Straßentunnel unter der Świna (Świnoujście)	13,5 m
Eisenbahntunnel im Durchmesser in Łódź	13 und 8 m – 2 TBM-Schneidköpfe
Eisenbahntunnel entlang der Strecke Kłęczany-Limanowa	10 m
S19 Rzeszów Süd-Babica	15,2 m

TAB. 1. | Übersicht exemplarischer TBM-Tunnelprojekte, die in letzter Zeit in Polen realisiert wurden

TBM-TECHNOLOGIE – DIE BASIS MODERNEN TUNNELBAUS

Die Tunnelbohrtechnik unter Einsatz von TBM (Tunnelbohrmaschine) ermöglicht es, das Arbeitstempo an die Beschaffenheit des

ANWENDUNG DER BDC-CHEMISCHEN MITTEL IN TBM-TUNNELINJEKTIONEN – BEISPIEL U-BAHTUNNEL IN BEMOWO

Der U-Bahntunnel in Bemowo (Warschau) ist ein hervorragendes Beispiel für ein Projekt, bei dem die von BDC gelieferten Bentonitmateriale einen integralen Bestandteil des Grouts bilden, der den Tunnelannulus füllt. Das ausgewählte Produkt hat umfassende Kompatibilitätstests mit Zement und Zusatzmitteln durchlaufen, was dessen Effizienz und Dauerhaftigkeit in solch anspruchsvollen Anwendungen sicherstellt.

SCHLÜSSELZUSATZE, DIE VON BDC ANGEBOten WERDEN

BDC liefert fortschrittliche chemische Zusatzmittel, die den Injektionsprozess signifikant unterstützen und die Eigenschaften des Grouts verbessern. Insbesondere zählen dazu:

1. **Modiretard 05** – Verzögerungszusatz

Die Hauptaufgabe dieses Zusatzstoffs besteht darin, den Hydratationsprozess des Zements zu verzögern – ein entscheidender Faktor in tiefen Tunneln, in denen der Transport der Mischung von der Produktionsstätte zum Anwendungsort mehrere Dutzend Stunden dauern kann. Typischerweise beträgt die Verzögerungsdauer der Hydratation 24 bis 72 Stunden.

2. **Modiquick 02** – Aktivierungszusatz

Dieser Zusatz ermöglicht ein nahezu sofortiges Abbinden der Mischung nach der Injektion in die Tunnelverkleidung. Die Gelierzeit liegt in der Regel bei 10–15 Sekunden und kann durch eine präzise Dosierung des Zusatzstoffs geregelt werden. Die schnelle Reaktion gewährleistet eine dichte und dauerhafte Füllung des gesamten Annulus (Tubing). Die Dosierung von Modiquick 02 hängt von mehreren Parametern ab, wie beispielsweise:

- der Zementklasse und -zusammensetzung,
- dem Zementgehalt der Mischung,
- der Umgebungstemperatur,
- der erforderlichen Abbindezeit,
- der geforderten Frühfestigkeit.

Die Frühfestigkeit der Mischung wird üblicherweise nach 24 Stunden (ca. 1–1,5 MPa) ermittelt, während die Endfestigkeit, die nach 28

Tagen erreicht wird, in der Regel 2–3 MPa oder mehr beträgt – abhängig von den projektspezifischen Anforderungen.

BEISPIELREZEPTUR FÜR INJEKTIONSGROUT

- **Zement:** CEM I 42.5 R – 270–370 kg/m³
- **Bentonit (Pulverform):** Swellgel PF – 20–50 kg/m³
- **Wasser:** 750–850 dm³/m³
- **Modiretard 05:** 3–6 kg (abhängig von der erforderlichen Verzögerungszeit)
- **Modiquick 02:** 90–140 kg/m³ (wird der Mischung aus Zement, Bentonit, Wasser und Modiretard 05 zugegeben)

DIE ROLLE DER ZUSATZMITTEL BEI DER STABILISIERUNG UND FLÜSSIGKEIT DER MISCHUNG

Der Zusatz Swellgel PF stabilisiert die Mischung, minimiert die Materialsegregation und erhält gleichzeitig die maximale Fließfähigkeit. Ein entscheidender Parameter ist die Wasserabsonderungsrate, die typischerweise beträgt:

- nach 3 Stunden: 1–3%
- nach 24 Stunden: 6–10%

Die Zeit zur Wasserabsonderung wird mit einem Marsh-Trichter gemessen und sollte im Bereich von 35–45 Sekunden liegen. Die Fließfähigkeit muss für die erforderliche Dauer aufrechterhalten werden, die je nach Projektspezifikationen in der Regel 24, 48 oder 72 Stunden beträgt.

ZUSAMMENFASSUNG

Die hochwertigen chemischen Zusatzmittel, die von BDC bereitgestellt werden – wie Modiretard 05 und Modiquick 02 in Kombination mit dem Bentonit Swellgel PF – gewährleisten nicht nur optimale Parameter des Injektionsgrouts, sondern auch die Effizienz und Sicherheit bei der Realisierung von Tunnelbauprojekten. Dank ihres Einsatzes können Investitionen wie der U-Bahntunnel in Bemowo unter Einhaltung der höchsten technischen und technologischen Standards umgesetzt werden. |

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



Untergrunds anzupassen. Beispielsweise kann der Vortrieb in Sand und Gestein variieren, liegt jedoch im Durchschnitt bei 10 bis 20 m pro Tag. Zum Vergleich: Beim Bau der zweiten U-Bahnlinie in Warschau wurde ein Tagesfortschritt von 24 m erzielt, wobei der beste gemessene Wert sogar 43 m pro Tag erreichte. Eine TBM ist jedoch weit mehr als nur eine Bohrmaschine – sie ist ein hochentwickeltes technologisches System. Neben dem Tunnelvortrieb installiert die TBM auch Betonfertigteilstegmente, die eine stabile Tunnelverkleidung bilden. Während dieses Prozesses entsteht zwischen den vorgefertigten Segmenten und dem umgebenden Boden ein Hohlraum, der gefüllt und abgedichtet werden muss. Hierfür wird ein spezieller Injektionsgrout eingesetzt, der auf einer Mischung aus Zement und Bentonit basiert.



KONTAKTIEREN SIE UNS
tel. +48 12 650 66 42
email: info@bdc.com.pl
www.bdc.com.pl

