

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

BOHRFLÜSSIGKEITS-CHEMIE BEIM TUNNELBAU IN ŚWINOUJŚCIE

EIN PROJEKT VOLLER HERAUSFORDERUNGEN

■ SŁAWOMIR WŁÓDEK

Geschäftsführender Direktor, BDC International B.V.

Er sammelte seine Erfahrung durch Tätigkeiten in und Mitgründung von Unternehmen aus der Bohrerflüssigkeitschemie sowie in der Transport- und Beratungsbranche. In seinen beruflichen und wissenschaftlichen Aktivitäten behandelt er Themen aus den Bereichen Management, internationale Beziehungen und wirtschaftliche Sicherheit. Als Praktiker der Internationalisierung von Unternehmen und Autor zahlreicher Analysen zu Handels- und politischen Beziehungen arbeitet er mit zahlreichen Institutionen im In- und Ausland zusammen. Er leitet als Geschäftsführer und Gesellschafter das Unternehmen BDC International B.V.



SIE ERFAHREN:

- ✓ Welche Aufgaben die Firma BDC Poland übernommen hat,
- ✓ Welches Spülungssystem eingesetzt wurde,
- ✓ Welche Spezialmittel zur Lösung des TBM-Service-Problems erforderlich waren.

BDC International betreut seit 1976 weltweit ingenieurtechnische Projekte.

Nicht nur als Hersteller von Bohrerflüssigkeitschemie, sondern auch als Anbieter umfassender technischer Lösungen. Im Jahr 2021 betreuten Vertreter der Tochtergesellschaft BDC Poland das Projekt zum Bau einer Straßenverbindung unter der Świna, bekannt als „TUNNEL

ŚWINOUJŚCIE“. Das Hauptziel des Vorhabens war die Anbindung der Gebiete der Inseln Uznam und Wolin. Diese Aufgabe war mit einer Reihe ingenieurtechnischer Herausforderungen verbunden, bei denen das Wissen, die Erfahrung und die eingesetzten Maßnahmen von BDC entscheidend waren.

Unsere Aktivitäten konzentrierten sich

auf folgende Bereiche:

1. Bestimmung der Parameter und Lieferung des Spülungssystems für die TBM,
2. Auswahl von Flockungsmitteln für das Reinigungssystem der Bohrerflüssigkeit,
3. Einsatz spezieller Mittel zur Bewältigung der während der Projektdurchführung auftretenden ingenieurtechnischen Herausforderungen.

SPÜLUNGSSYSTEM

Die richtige Bohrflüssigkeit muss den geologischen Bedingungen und technischen Parametern des Projekts entsprechend ausgewählt werden. Oftmals gibt es jedoch verschiedene Rahmenbedingungen, die zu berücksichtigen sind, damit die konzipierte Flüssigkeit nicht nur den Anforderungen des Bohrprozesses genügt, sondern auch mit der vorhandenen technischen Ausrüstung – wie Mischer, Flockungsstation, vorhandene Siebe etc. – verarbeitet werden kann. Ein weiterer Aspekt sind die Gewohnheiten des Bohrteams, die häufig eine Herausforderung darstellen und einen Kompromiss zwischen zunächst unvereinbaren Vorgaben erfordern.

Das angebotene System, basierend auf dem Bentonitprodukt Swellgel MA, wurde nicht nur vor Ort während der Arbeiten, sondern auch in der Produktion modifiziert. Es zeichnete sich durch eine geringe Viskosität aus, die eine Erhöhung des Feststoffanteils ermöglicht, sowie durch eine flache Fließkurve.

Ein weiterer Bestandteil war das Produkt EM35[®]. Es handelt sich um eine außergewöhnliche, flüssige Polymermischung, die ein breites Anwendungsspektrum erlaubt. In entsprechenden Dosierungen wirkt sie als Flockungsmittel, verhindert die Hydratisierung tonhaltiger Gesteine und reduziert signifikant die Reibung. Dieses Material hat sich in den anspruchsvollsten ingenieurtechnischen Arbeiten vielfach bewährt. Als Bestandteil der Bohrflüssigkeit ist es ein unverzichtbares Element der „Notfallprodukte“ bei einem Bohrgestängestaus. EM35[®] ist ein flüssiger Zusatzstoff

für Bohrflüssigkeiten, basierend auf einer Emulsion eines polymolekularen Polymers. Das Produkt ist leicht in Wasser löslich und zeigt multifunktionale Eigenschaften.

Die Zugabe von Polymer EM35[®] zur Spülflüssigkeit bewirkt:

- die Bildung kapselnder Hüllen und die Reduzierung der Hydratisierung der durchbohrten tonhaltigen Gesteine,
- die Stabilisierung der Bohrlochwände,
- die Erhöhung der Viskosität der Spülflüssigkeit,
- die Verbesserung der Fähigkeit der Spülflüssigkeit, das Bohrwerkzeug zu reinigen und Bohrgut aus dem Bohrloch zu transportieren,
- die Verringerung des Drehmoments und der Reibungskräfte beim Herausziehen der Bohrstangen durch optimierte Schmiereigenschaften,
- bei niedrigen Konzentrationen (10–100 g/m³) die Flockung feiner Partikel und die Verhinderung der Dispersion der Feststoffphase in der Spülflüssigkeit.

Diese Eigenschaften – insbesondere die flache Fließkurve und der reduzierte Reibungskoeffizient – beeinflussen viele Aspekte des Bohrprozesses, wie die Fähigkeit zum Transport und zur Entfernung des Bohrguts, den Schutz der Bohrlochwände sowie die Verhinderung des Eindringens der Bohrflüssigkeit in Gesteinsformationen. Die erreichte Schmierfähigkeit verringerte die Reibung zwischen dem Schneidwerkzeug und dem Gestein, was ein effizienteres Bohren und eine Verlängerung der Lebensdauer der Verschleißteile ermöglichte – ein Aspekt, der oft übersehen wird. Das angewand-

te Spülungssystem gewährleistete eine konstante Viskosität der Flüssigkeit trotz steigender Scherraten und förderte die effiziente Förderung des Bohrguts. Als Schmierflüssigkeit, die über Düsen appliziert wurde, sorgte sie für eine adäquate Schmierung und verringerte die Kräfte während des Vortriebs signifikant (siehe Tabelle 1).

Ein äußerst wesentlicher Aspekt bei großangelegten Bohrarbeiten ist die Sicherstellung einer kontinuierlichen Materialversorgung und die Bereitschaft, unmittelbar auf Bedarfe zu reagieren. Die Logistik stellt vor allem dann eine Herausforderung dar, wenn ein hoher Materialverbrauch mit begrenzten Möglichkeiten zur Annahme und Lagerung (z. B. Anzahl der Silos, räumliche Beschränkungen der Baustelle) einhergeht. Pünktliche Lieferungen, Materialverfügbarkeit und die Verfügbarkeit von Ingenieuren, die sofort reagieren können, waren Schlüsselfaktoren im Service von BDC. Das Produktionsteam, die kooperierenden Unternehmen, Fahrer und Koordinatoren sorgten gemeinsam für einen kontinuierlichen Arbeitsablauf, beseitigten potenzielle kostspielige Stillstände und sicherten letztlich die termingerechte Fertigstellung der Arbeiten – wie in den Stellungnahmen und offiziellen Schreiben des Generalunternehmers bestätigt wurde.

REINIGUNG DER BOHRFLÜSSIGKEIT

BDC liefert Flockungsmittel an zahlreiche Industriezweige. Eine der leistungsstärksten Produktgruppen in unserem

Zusammensetzung	Fann-Ablesung 600/300	plastische Viskosität [cP]	Fließgrenze [lb/100sqft]	Strukturfestigkeit [lb/100sqft] 10" i 10'	Reibungskoeffizient [-]
EM35 [®] - 5 kg/m ³	23/16	7	9	0"/4'	0,18
EM35 [®] - 6 kg/m ³	31/22	9	13	4"/5'	0,15
EM35 [®] - 7 kg/m ³	34/24	10	14	5"/7'	0,13
EM35 [®] - 8 kg/m ³	36/27	7	20	7"/9'	0,1

TAB. 1. | EM35-Zusatz im TBM-Spülungssystem. Quelle: Eigene Ausarbeitung

Koagulant	Flockungs- mittel	Flockungs- mittel	Mischzeit	Flockulationswert bei 4 cm	Trübung nach 5 Minuten	Sedimentationsge- schwindigkeit v_{sed}	Bemer- kungen
		[g/m ³]	[s]	[s]	[NTU]	[m/h]	
P93 10% r-r	P210.1% r-r	04 / 1	60 + 30	8	6	18	
P93 10% r-r	P210.1% r-r	04 / 1	60 + 30	6	4	24	
P93 10% r-r	P22 0.1% r-r	04 / 1	60 + 30	16	6	9,0	
P93 10% r-r	P23 0.1% r-r	0,4 / 0,5	60 + 30	9	5	16,0	pH 6,0

TAB. 2. | Auswahl des Flockungsmittels. Quelle: Eigene Ausarbeitung

Portfolio sind spezialisierte Polymere. Im vorliegenden Projekt basierte das Reinigungssystem der Bohrflüssigkeit auf einer Flockungsstation.

Die Auswahl von Flockungsmitteln ist in vielen Bereichen ein entscheidender Prozess. Flokkulation ist eine Technik, die es ermöglicht, kleine in Flüssigkeiten suspendierte Partikel zu größeren, leichter entfernbaren Aggregaten zu verbinden. Dieser Prozess ist auch bei der Reinigung von Flüssigkeiten – insbesondere im Bohrwesen und bei ingenieurtechnischen Anwendungen – von zentraler Bedeutung.

Die Wahl des geeigneten Mittels hängt von mehreren Faktoren ab, wie der Art und Größe der Partikel, den Prozessbedingungen, dem pH-Wert der Umgebung, der Temperatur sowie dem Vorhandensein weiterer chemischer Substanzen. Es gibt zahlreiche Arten von Flockungsmitteln, etwa Salze, Polyelektrolyte oder organische Polymere.

LABORVERSUCHE

BDC verfügt über umfangreiche Erfahrung in der Auswahl von Flockungsmitteln. Für die richtige Auswahl empfiehlt sich die Durchführung von Labortests oder kleinmaßstäblichen Versuchen, um die Wirksamkeit verschiedener chemischer Mittel unter spezifischen Prozessbedingungen zu bewerten. Dabei ist zu beachten, dass die Wahl der optimalen Lösung sorgfältig erfolgen muss, da sie wesentlichen Einfluss auf die Effizienz der Prozesse sowie auf Produktions- und Reinigungskosten hat.

Dem BDC-Labor wurden Proben der



FIG. 3. | Mischung vor und nach der Anwendung von P-Floc 23

behandelten Bohrflüssigkeit zur Auswahl des optimalen Flockungsmittels übergeben. Der Laborbericht ergab, dass das gelieferte Material eine heterogene Mischung mit einem Trockensubstanzgehalt von ca. 0,7 % SOM darstellte. Aufgrund der spezifischen Dichte sedimentiert es von selbst, wobei das abgegebene Überwasser einen blassweißen Farbton aufweist. Nach einer Zentrifugation (120 Minuten Betrieb) ist das Wasser trüb und enthält zahlreiche suspendierte Partikel – weshalb es das Ziel von BDC war, die besten Mittel zur Gewinnung von klarem Wasser auszuwählen, das abgeführt werden kann.

Das aufbereitete Wasser sollte eine

niedrige Trübung (NTU) aufweisen, und die hinzugefügten Mittel mussten schnell wirken – ein Indikator hierfür ist die Sedimentationsgeschwindigkeit. Die Auswahl des für das jeweilige Projekt geeigneten Mittels ist ein mühsamer Prozess. In diesem Artikel beschränken wir uns darauf, die Effekte der Anwendung des optimalen Präparats darzustellen. Das aus physikalisch-chemischer Sicht effizienteste Produkt ermöglicht eine wirtschaftliche Gestaltung des gesamten Reinigungsprozesses der Bohrflüssigkeit. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass P-Floc 23 das optimale Mittel darstellt.

Der Flokkulationsprozess verlief derart

effizient, dass das abgegebene Überwasser problemlos abgepumpt werden konnte und der sedimentierte Fluid entweder an Entwässerungsanlagen (wie Filterpressen, Zentrifugen etc.) weiterverarbeitet oder mit mechanischen Geräten entfernt werden konnte.

SPEZIALMITTEL

Spezialmittel und maßgeschneiderte Lösungen waren und sind ein wesentlicher Bestandteil vieler Arbeiten. Es tritt gelegentlich ein Problem auf, für das das gesamte Team und alle kooperierenden Unternehmen gemeinsam eine Lösung finden müssen. Ein solches Ereignis trat im Rahmen des Świnoujście-Tunnelprojekts auf – und zwar im Zusammenhang mit dem Service der Schneidelemente des TBM-Schildes.

Der Tunnelvortrieb mittels TBM (Tunnelbohrmaschine) ist eine fortschrittliche Methode des Tunnelbaus, bei der ein spezielles Gerät – der Schneidkopf (TBM-Schild) – zum Einsatz kommt. Der Service des TBM-Schildes umfasst die Instandhaltung, Reparatur und Wartung der Maschine während des Tunnelvortriebs. Dies ist ein kritischer Aspekt, der sicherstellt, dass die TBM während des gesamten Projekts effizient und sicher arbeitet.

Die Wartung der TBM-Schilden ist ein komplexer Prozess, der Präzision und ein hohes Maß an Sicherheitsbewusstsein erfordert. Wichtige Schritte beim Service eines TBM-Schildes sind:

1. Lufteinblasung.

Beim Tunnelvortrieb mit einer TBM ist es entscheidend, für eine angemessene Belüftung zu sorgen, insbesondere bei Untertunneltunneln. Zur Zufuhr von Luft in den Tunnel werden spezielle Geräte und Belüftungssysteme eingesetzt.

2. Eintreten der Servicetechniker.

Das Ingenieurteam übernimmt Aufgaben wie die Überprüfung des Schildzustandes, das Entfernen von Ablagerungen und die Behebung von Störungen.

3. Austausch von Schildkomponenten und Reparaturen.

Die TBM-Komponenten sind austausch-

bar, wobei deren Verschleiß vom durchbohrten Boden abhängt. Während des Services kann es erforderlich sein, Elemente des Schildes – etwa den Schneidroller – auszutauschen. Zusätzlich werden alle notwendigen Reparaturen und Anpassungen vorgenommen, um einen ordnungsgemäßen Betrieb der Maschine zu gewährleisten.

4. Inspektion und Instandhaltung.

Regelmäßige Inspektionen sind entscheidend, um potenzielle Probleme frühzeitig zu erkennen. Die Servicetechniker prüfen den Zustand des Schildes sowie der mechanischen und elektrischen Systeme und führen Instandhaltungsmaßnahmen durch, um einen optimalen TBM-Betrieb sicherzustellen.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Wartung der TBM-Schilden spezielles Fachwissen und Erfahrung erfordert und alle Maßnahmen strikt gemäß den Sicherheitsnormen und -verfahren durchgeführt werden müssen. In der ersten Phase stießen die Spezialisten auf eine Herausforderung: Die Servicekammer hielt nicht den erforderlichen Druck aufrecht. Dadurch konnten die oben genannten Verfahren nicht durchgeführt werden, sodass die Servicetechniker ihre Aufgaben nicht erfüllen konnten und die Maschine den Betrieb nicht fortsetzen konnte. Im Notfall wurden die Ingenieure von BDC Poland vor Ort aktiv und brachten spezielle Polymere aus der LCM-Gruppe mit.

Für den Einsatz wurde das Polymer Modisorb gewählt. Die aktive Substanz dieses Produkts wird als Bestandteil von Bohrlösungen aufgrund ihrer verdickenden und stabilisierenden Eigenschaften verwendet. Das Polymer besitzt die Fähigkeit, große Mengen Wasser aufzunehmen und zu binden, was zu einer erheblichen Quellung führt. Diese Wasseraufnahme ermöglicht die Bildung eines polymeren Netzwerks, das die Viskosität erhöht und die Durchlässigkeit der Flüssigkeit reduziert. Während des Bohrens kann die Bohrlösung in Gesteinsformationen eindringen, insbesondere wenn diese eine hohe Porosität aufweisen. Modisorb hilft dabei, eine Barriere

an den Bohrlochwänden zu bilden, die das Eindringen der Flüssigkeit in die Formation reduziert. Das eingesetzte Material bildet als Bestandteil der Bohrlösung ein polymeres Netzwerk, das die Bohrlochwände effektiv stabilisiert und deren Kollaps oder Erosion verhindert. Besonders erwähnenswert ist die kurze Polymerkettenlänge dieses Materials, die in diesem Anwendungsfall von großer Bedeutung ist. Polymere mit unterschiedlichen Molekulargewichten und Hydrophiliegraden können an die spezifischen Anforderungen bohrtechnischer Anwendungen angepasst werden. So können kurzkettige Polymere effektiver sein, um Bohrlösungsverluste zu verhindern, während langkettige Polymere besser zum Verdicken der Flüssigkeit geeignet sind.

Nach der Zugabe in die Bohrlösung drang das Spezialmittel in die Risse des Felsgesteins ein und vergrößerte sein Volumen um ein Vielfaches. Modisorb, das bei der Behebung von Spülflüssigkeitsverlusten eingesetzt wurde, erfüllte seine Aufgabe hervorragend, indem es den erforderlichen Druck für Servicearbeiten aufrechterhielt.

Die vor Ort getroffenen Lösungen, die Auswahl des passenden Systems und der Produkte sowie die Anwendung fundierter praktischer Kenntnisse über die in den durchbohrten Formationen ablaufenden Prozesse trugen dazu bei, die Anforderungen des Auftraggebers zu erfüllen und die während der Arbeiten auftretenden Herausforderungen zu bewältigen. Die richtige Produktwahl und das Engagement des gesamten Teams ermöglichten eine Steigerung der Bohrprozesseffizienz und minimierten potenzielle Probleme im Zusammenhang mit technischen Unterbrechungen – was letztlich zum Erfolg des Projekts beitrug. Wir sind stolz darauf, Teil dieses Vorhabens gewesen zu sein und einen positiven Beitrag in der Geschichte realisierter Projekte geleistet zu haben. |



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

