

Maszyny wiertnicze i budowlane w technologiach bezwykopowych

dr inż. Waldemar Wiejak

MARPOL Technologie Bezwykopowe i Maszyny Budowlane

05-830 Nadarzyn, Stara Wieś, ul. Grodziska 7, tel. /fax (022) 739 92 29

w.wiejak@marpol.com.pl www.marpol.com.pl

Wstęp

W literaturze zagranicznej i polskiej można spotkać wiele prób i propozycji klasyfikacji metod bezwykopowej budowy i wymiany instalacji podziemnych. Opracowania takie służą porządkowaniu aktualnego stanu wiedzy w tej dziedzinie, ułatwiają dobór maszyn oraz właściwej metody pracy. Pod pojęciem maszyn kryje się najczęściej zespół urządzeń ze sobą współpracujących, osprzęt oraz instrumenty pomiarowe. Trafny dobór urządzeń, zastosowanie odpowiedniej metodyki pracy oraz postępowanie zgodne z zasadami sztuki inżynierskiej stwarzają rzeczywiste warunki do pomyślnego ukończenia zadań realizowanych w technice bezwykopowej. Charakteryzując typy maszyn i urządzeń można je przedstawić jako część konkretnej techniki bezwykopowej. W opisie pominięto niektóre metody bezwykopowe, które są w kraju słabo rozwinięte lub nie występują wcale.

Budowa instalacji podziemnych

1. Horyzontalne przewiertki sterowane

Technologia przewiertów sterowanych należy do tych, które w kraju rozwijały się w okresie ostatnich 10 lat najszybciej. Pierwsze doświadczenia to przejścia pod rzekami na duże odległości dla potrzeb przemysłu paliwowo-energetycznego, potem nastąpił okres intensywnego wykorzystywania wiertnic sterowanych w budownictwie telekomunikacyjnym a obecnie jesteśmy świadkami upowszechniania się tej technologii w branży wodno-kanalizacyjnej. Ponad 100 urządzeń i kilkadziesiąt firm wiertniczych na rynku oraz kilkaset kilometrów przewiertów – taki jest dorobek polskiego środowiska wiertniczego. Rynek krajowy zdominowany jest przez producentów amerykańskich, co odzwierciedla sytuację na świecie. Można u nas spotkać urządzenia pochodzące od 10-ciu różnych producentów (około 1/3 wszystkich producentów wiertnic). Ponad połowa wiertnic to urządzenia, które trafiły do kraju jako maszyny używane. Coraz więcej maszyn pojawia się obecnie we wtórnym obiegu; również z udziałem dostawców krajowych.

Urządzenia wiertnicze klasyfikuje się najczęściej według siły ciągu i pchania, momentu obrotowego oraz wydajności pompy płuczkowej. Doświadczeni wiertacze odnoszą się bardziej do potencjału wykonawczego urządzenia wiertniczego, który jest silnie związany z wartością momentu obrotowego, wydajnością pompy oraz minimalnym dopuszczalnym promieniem gięcia żerdzi wiertniczych. Przyjmuje się, że wiertnice reprezentują podobną klasę, jeśli można nimi wykonać podobnej wielkości zadanie wiertnicze. W przeciwnym razie może się zdarzyć, że wiertnica do małych zadań figuruje obok urządzenia do bardzo dużych zadań; tylko dlatego, że ma podobną siłę ciągu. Siła ciągu wiertnicy sterowanej ma duże znaczenie przy wciąganiu rur o dużej masie własnej. Stosunek masy rury do siły ciągu maszyny ma wpływ na wybór wiertnicy, która zapewni maksimum bezpieczeństwa.

Obecnie, uwzględniając strukturę robót na polskim rynku, najszersze zastosowanie pod względem liczby przewiertów mają wiertnice klasy średniej. Te maszyny dysponują momentem obrotowym rzędu 4000 ÷ 8000 Nm, pompą bentonitową rzędu 150 ÷ 400 l/min oraz siłą pchania rzędu 10 ÷ 20 ton (siła ciągu jest zawsze nie mniejsza od siły ciągu). Przejścia \varnothing 250 mm / 300 m, \varnothing 400 mm / 100 m, 16 x \varnothing 110 mm / 50 m, kanaliza grawitacyjna \varnothing 315 / 150 m, rura stalowa \varnothing 219 mm / 100 m to przykłady zadań wiertniczych, które mieszczą się w tej klasie wiertnic. Większe wiertnice w Polsce to około 10% wszystkich wiertnic. Ich liczba odzwierciedla zapotrzebowanie krajowego rynku na większe urządzenia wiertnicze.

2. Mikrotuneling

Mikrotuneling należy zaliczyć do najbardziej zaawansowanych technik w budownictwie podziemnym. Jest kilka definicji mikrotunelingu. Uwzględniając poglądy, które przeważają można przyjąć, że jest to w pełni zautomatyzowana i bardzo dokładna technika budowy rurociągów podziemnych, w której występuje czynność drażenia tunelu za pomocą tarcz wiertniczych, rurociąg jest budowany metodą pchania kolejnych odcinków rur a sam proces budowy rurociągu może być realizowany nawet po łuku. Istnieje kilka odmian mikrotunelingu, głównie ze względu na sposób stabilizacji przodka oraz metodę transportu urobku (na sucho za pomocą przenośników ślimakowych a nawet wagoników albo na mokro z pomocą zamkniętego obiegu wody). Zakres stosowania tak zdefiniowanej metody mikrotunelowej obejmuje średnice od około 250 mm do około 3000 mm. A zatem, odnosząc się do poglądów, które w tej sprawie przeważają, można powiedzieć, że nie średnica, ale metoda pracy decyduje o tym, czy zadanie jest realizowane w technice mikrotunelowej, czy w innej. Typowe odcinki rurociągu, które daje się realizować jeszcze bez potrzeby stosowania hydraulicznych stacji pośrednich, osiągają długość rzędu 50 ÷ 200 m w zależności od zastosowanej metody, konfiguracji sprzętu, średnicy, rodzaju rury oraz rodzaju gruntów. W sprzyjających warunkach gruntowych, stosując smarowanie ciągle lub wielopunktowe, osiągnięto odległości większe, rzędu 500 metrów [3]. Wielką zaletą mikrotunelingu jest to, że korzystając z hydraulicznych stacji pośrednich można budować rurociąg o znacznie większej długości, do jakich można zaliczyć np. przekroczenia pod dnem dużych rzek. W Polsce pracuje obecnie kilka systemów mikrotunelowych, z których największy umożliwia budowę kolektora \varnothing 2400 mm. Wydajność procesu budowy rurociągu przyjmuje się zwykle na poziomie kilku do kilkunastu metrów na dzień.

3. Przeciski hydrauliczne sterowane

Zwane czasami przeciskami teleoptycznymi stanowią odrębną metodę budowy rurociągów, głównie pod kanalizację grawitacyjną. Metoda polega na wykonaniu pilota za pomocą żerdzi lub wiertła ślimakowego a następnie przecięciu rur przewodowych (z udziałem lub bez rur osłonowych na etapie pośrednim) z komory startowej do komory końcowej. Długości odcinków sięgają 60 ÷ 80 m a średnice dochodzą do 800 mm (aktualnie w Warszawie - marzec 2003 - prowadzona jest budowa kolektora metodą przecisku hydraulicznego sterowanego \varnothing 1000 mm. Tradycyjne rozwiązania wymagają zastosowania rur przeciskowych kamionkowych, żelbetowych, z betonu polimerowego lub żywic poliestrowych. Niektórzy producenci mają w ofercie osprzęt, który umożliwia wciąganie rur PE lub PVC. Istotnym ograniczeniem metody jest wrażliwość na przeszkody leżące na trasie przecisku, dużą zaletą niższa cena urządzeń w porównaniu do maszyn mikrotunelowych. Wydajność metody ocenia się w granicach jednego odcinka tygodniowo, uwzględniając czas potrzebny na przygotowanie komór. Na polskim rynku funkcjonuje obecnie kilkanaście urządzeń, z których większość jest stosowana do średnic około 400 ÷ 500 mm.

4. Przepychy pneumatyczne

Termin „przepychy” jest często używany przez wykonawców przejść pod przeszkodami, którzy stosują metodę wbijania rur stalowych za pomocą młotów pneumatycznych poziomych. Ta wybitnie udarowa metoda jest prawdopodobnie na tyle tania i skuteczna, że będzie nadal powszechnie stosowana. Szacuje się, że typowa dokładność jest na poziomie 1 ÷ 2% długości wykonywanych odcinków; w rzeczywistości można otrzymać większą dokładność – poniżej 1% (przy spełnieniu dodatkowych warunków, dla pewnej klasy zadań). Znakomite efekty daje smarowanie rur na całej długości za pomocą płuczek polimerowych, zwiększających zasięg i wydajność metody. Ocenia się, że umiejętne stosowanie płynów zmniejszających współczynnik tarcia może powiększyć potencjał wykonawczy młotów pneumatycznych nawet o kilkadziesiąt procent. Typowe odległości to około 10 ÷ 40 metrów, ale znane są projekty, w których osiągnięto większe odległości, sięgające 120 m. Zakres wykonywanych średnic to 100 ÷ 2000 mm.

5. Przeciski pneumatyczne

Popularna metoda wykonywania przejść pod przeszkodami za pomocą przebijaaków pneumatycznych, zwanych powszechnie kretami. Polska nauka i technika ma swój własny, niepowtarzalny wkład w rozwój tej techniki, głównie w latach 60-tych ubiegłego wieku. W polskich warunków przyjmuje się, że ta metoda znajduje zastosowanie do wciągania rur polietylenowych do \varnothing 160 mm (sporadycznie do większych średnic, po zastosowaniu poszerzaczy). Uwzględniając 20-procentowy nadatek otrzymujemy górną granicę średnicy narzędzia, które kieruje się do ziemi – około 190 mm. W celu zapobieżenia unoszeniu się powierzchni drogi należy dążyć do tego, aby głębokość, na jakiej pracuje kret była równa co najmniej 10-krotności średnicy narzędzia. W praktyce ta głębokość jest czasem mniejsza, co jest dopuszczalne przy uwzględnieniu lokalnych warunków gruntu oraz charakterystyki pracy narzędzia. Przeciski pneumatyczne nie są zalecane w gruntach nawodnionych, ponieważ narzędzie traci wtedy przyczepność – wejdzie do ziemi chętnie, ale wyjść nie chce ...

6. Przeciski hydrauliczne niesterowane

Równie popularna, jak krety metoda wykonywania przejść pod przeszkodami, która ma tę przewagę, że nadaje się również do gruntów nawodnionych. Przewiert realizowany jest wewnątrz rur stalowych osłonowych za pomocą wiertła ślimakowych, przy jednoczesnym przeciskaniu rury stalowej z pomocą siłowników hydraulicznych. Do wad tej metody zalicza się potrzebę przygotowania dłuższej komory startowej a do zalet duży zakres średnic od 100 do 1800 mm. Metoda znajduje zastosowanie do odległości rzędu kilkudziesięciu metrów. Jakkolwiek nasz rodzimy przemysł ma bardzo duże tradycje w projektowaniu i konstrukcji tego rodzaju urządzeń, to oferta producentów amerykańskich w tej dziedzinie jest szczególnie bogata.

Wymiana instalacji podziemnych

Podstawową metodą wymiany instalacji podziemnych metodami bezwykopowymi jest kraking. Metoda polega na rozbiciu lub rozdarciu starego przewodu celem wprowadzenia na jego miejsce nowego, zazwyczaj o większej średnicy. Możliwość wymiany starego przewodu na nowy o tej samej lub większej średnicy jest bardzo ważną zaletą tej metody. Narodziny krakingu to początek lat 80-tych ubiegłego wieku, kiedy w Wielkiej Brytanii zajęto się problematyką wymiany starych żeliwnych rur gazowych z pomocą technik bezwykopowych. Od tamtej pory pojawiło się wiele odmian krakingu, z których niektóre znalazły zastosowanie również w Polsce. Jedno z kryteriów, jakie stosuje się dla celów klasyfikacji metod krakingu wiąże się z oceną przewagi zjawisk dynamicznych (udar), statycznych (występowanie dużych sił wzdłużnych) bądź ich kombinacji. Taki podział jest spójny wewnątrz z obszarem zastosowania poszczególnych metod krakingu: krakingu z przewagą udaru – tylko do materiałów kruchych, krakingu z przewagą sił statycznych – z możliwością wykorzystania (po spełnieniu pewnych dodatkowych warunków) do wymiany rur stalowych i z żeliwa sferoidalnego. I tak, można wyróżnić:

1. Kraking dynamiczny (pneumatyczny i wiertniczo-pneumatyczny).

Cechą charakterystyczną jest występowanie udaru, którego źródłem jest młot pneumatyczny poziomy. W tradycyjnej odmianie krakingu dynamicznego (kraking pneumatyczny) młot wykonuje operację kruszenia za pośrednictwem głowic kruszących, przy jednoczesnej asyście wciągarki hydraulicznej, która ciągnie za główkę młota pneumatycznego za pomocą liny stalowej przeciągniętej przez stary rurociąg. Metoda znajduje zastosowanie do około \varnothing 600 mm. Możliwości powiększenia średnicy zależą od wielu czynników, w tym głównie od stopnia zagęszczenia gruntu, rodzaju materiału i odległości. Przyjmuje się, że średniej klasy zestaw do krakingu dynamicznego poradzi sobie np. z wymianą \varnothing 225 mm \rightarrow \varnothing 315 mm. Metoda charakteryzuje się dużym potencjałem wykonawczym i jest stosowana do odległości rzędu 100 ÷ 150 m w jednym odcinku. Młoty pneumatyczne do krakingu mają zazwyczaj jednakową średnicę korpusu na całej długości, ich masa waha się w granicach od 100 kg do kilku ton w zależności od wielkości zadania.

Istotną różnicę w stosunku do krakingu pneumatycznego stanowi kraking pneumatyczno-wiertniczy, w którym wszystkie trzy elementy systemu są różne: młot pneumatyczny poziomy został zastąpiony pneumatyczną głowicą krakingową, miejsce wciągarki hydraulicznej zajęła wiertnica do horyzontalnych przewiertów sterowanych a rolę liny stalowej spełniają żerdzie wiertnicze. Głowica krakingowa jest zasilana ze sprężarki zewnętrznej poprzez żerdzie wiertnicze, które – jak wiadomo – mają w środku otwór przelotowy. Nie ma, zatem wątpliwości, że mamy do czynienia z krakingiem dynamicznym. Największą różnicę i zarazem zaletą tej metody stanowi możliwość wykonania większych zadań (głowica krakingowa może pracować na 2 razy większym ciśnieniu, niż młot pneumatyczny poziomy) oraz pominięcia wykopów – całość zadania może być wykonana z powierzchni ziemi! Typowa wiertnica do tego rodzaju zadań posiada siłę ciągu około 15 ton. Duże znaczenie ma odpowiednia średnica wewnętrzna żerdzi wiertniczych, co gwarantuje dopływ wystarczającej ilości sprężonego powietrza.

2. Kraking statyczny (żerdziowy, linowy, hydrauliczny oraz ciągnąco-pchający)

Posiada dwie zalety, dość istotne z punktu widzenia użytkownika. Po pierwsze, ze względu na brak udaru nie stwarza niebezpieczeństwa uszkodzenia innych instalacji podziemnych, które znajdują się w sąsiedztwie starego przewodu. Po drugie, w przypadku krakingu żerdziowego daje realną możliwość wymiany rurociągów wykonanych również ze stali, żeliwa sferoidalnego czy PCV.

System krakingu żerdziowego składa się z ramy hydraulicznej, żerdzi pociągowych o długości około 1 metra każda oraz zespołu narzędzi tnąco-rozpychających, do których mocuje się nową rurę. Na rynku można spotkać systemy żerdziowe o sile ciągu 30÷120 ton. Najbardziej popularne są systemy w zakresie 30÷60 ton. Maszyny o większej sile ciągu posiadają niestety grube żerdzie, które ograniczają zastosowanie urządzenia do wymiany przewodów o małej średnicy wewnętrznej. Niektórzy producenci oferują kilka zestawów żerdzi o różnych średnicach, co poszerza zakres wykorzystania tej technologii. System krakingu żerdziowego jest wybierany do wymiany rur gazowych stalowych oraz wodociągów, gdzie wielkość ramy hydraulicznej nie jest przeszkodą w korzystaniu z tego systemu. Zakres średnic – do około 150 mm dla rur stalowych i około 300 mm dla przewodów z materiałów kruchych.

Odmianą systemu statycznego jest układ, w którym zamiast żerdzi występuje linowa stalowa. Wciągarka ma wtedy formę na tyle zwartą, że mieści się do studzienki kanalizacyjnej, bez konieczności jej rozkopywania. System krakingu linowego znajduje zastosowanie w wymianie przewodów kanalizacyjnych z materiałów kruchych dla mniejszych średnic; najczęściej do \varnothing 300 mm.

Kraking hydrauliczny należy do rodziny metod statycznych. Jest to swego rodzaju rozkruszanie hydrauliczne, z zastosowaniem segmentowej głowicy rozszerzającej, w której segmenty otwierają się i zamykają pod wpływem ciśnienia hydraulicznego [4]. Budowa nowego przewodu jest wykonywana z rur segmentowych. Zakres stosowania tej metody jest bardzo szeroki: od 150 mm do 1000 mm. Jakkolwiek głowica rozszerzająca też jest przeciągana za pośrednictwem liny stalowej, to w rozwiązaniu standardowym główną pracę wykonuje właśnie ta głowica. Odmianą krakingu hydraulicznego jest system, w którym rola głowicy rozszerzającej jest mniejsza a miejsce liny stalowej zajmuje układ ciężkich żerdzi, mogących przenieść siłę 20÷230 ton w zależności od wielkości zadania.

Ostatnią odmianą krakingu statycznego jest kraking ciągnąco-pchający. Nowy przewód jest wprowadzany bezpośrednio za głowicą krakingową statyczną a dodatkowo rura jest pchana z dużą siłą w celu intensyfikacji procesu krakingu.