

Schlüsselbauer Technology GmbH & Co KG, 4673 Gaspolthofen, Austria

Uruchomienie produkcji rur PCCP (Prestressed Concrete Cylinder Pipes – cylindrycznych strunobetonowych rur) na potrzeby długoterminowych dostaw wody w Zatoce Omańskiej

Perspektywiczna gospodarka zasobami wodnymi należy w Omanie do najistotniejszych kwestii natury strategicznej. Stworzenie odpowiedniej infrastruktury ma zredukować negatywny wpływ rzadkich, aczkolwiek bardzo intensywnych opadów na gospodarkę i życie społeczne. W szczególności w dobie coraz bardziej intensywnego przemieszczania się ludzi i wszelkiego rodzaju dóbr, nie można dopuścić do sytuacji, w której komunikacja zostaje sparaliżowana. Oman to kraj o bardzo ciepłym klimacie, kraj szybko rozwijający oraz urbanizujący się. Te warunki powodują, iż zapewnienie wszystkim gospodarstwom dostępu do bieżącej wody staje się ekonomicznym, technicznym oraz politycznym wyzwaniem. Omawiana inwestycja ma na celu wyeliminowanie powyższych problemów. Poza finalną ceną betonowej rury ciśnieniowej do transportu wody (w porównaniu z rurami stalowymi oraz żeliwnymi) wpływ na decyzję o flagowej inwestycji w produkcję tychże rur miały aspekty procedury legislacyjnej. Nowy zakład produkcyjny umożliwi wytwarzanie zarówno konwencjonalnych rur betonowych przeznaczonych do gospodarki wodami opadowymi i powierzchniowymi, jak i betonowe rury ciśnieniowe o ciśnieniu roboczym do 25 bar na potrzeby przyszłych projektów dla wody pitnej.

■ Christian Weinberger,
Schlüsselbauer Technology GmbH & Co KG,
Austria ■

Sułtanat Omanu, poprzez lokalnego inwestora – firmę Amiantit, w ramach długoterminowej strategii rozwoju zawierającej także zakaz stosowania rur cementowo-azbestowych, zdecydował się na budowę zakładu produkującego rury betonowe. Powstanie on równoległe z innymi inwestycjami w rozwój wszelkiego rodzaju rurociągów. Poza konwencjonalnymi prefabrykatami betonowymi, takimi jak rury zbrojone oraz wielkogabarytowe elementy o przekroju prostokątnym, będą wytwarzane przede wszystkim betonowe rury ciśnieniowe. W przypadku zastosowania do transportu wody pod ciśnieniem, betonowe rury ciśnieniowe różnią się od tradycyjnych zbrojonych rur

betonowych głównie mniejszym zużyciem materiału (redukcją kosztów produkcji) oraz wyższą odpornością na korozję. Dodatkowo w przypadku sieci z rur ciśnieniowych wykonanie szczelnych połączeń jest dużo łatwiejsze. W kwestiach szeroko pojętego know-how, tzn. wszelkich analiz oraz dostosowania i implementacji technologii, doradza międzynarodowa grupa ekspertów kierowana przez Johna Munro, właściciela Munro Ltd. (Ontario, Kanada). Umożliwia to wykorzystanie przy tym projekcie sprawdzonych doświadczeń oraz istniejących rozwiązań z całego świata, a także ułatwia podejmowanie strategicznych decyzji. Dokonano wyboru dostawcy technologii według rekomendacji zespołu doradczego – zagwarantuje ona najbardziej efektywną produkcję, zgodną z wytycznymi inwestora. Doradcy z Munro asystowali



Poza betonowymi rurami ciśnieniowymi będą także produkowane rury zbrojone od DN 300 do DN 1800 oraz rury przeciskowe.



Amiantit Oman, założona w 1974 roku, należy do największych przedsiębiorstw przemysłowych w Zatoce Omańskiej.



Dla zapewnienia szczelności ciśnieniowej rury betonowej stalowy cylinder jest automatycznie zwinany, spawany i kontrolowany. Jego długość jest odpowiednia dla każdego typu rury.



Stalowy cylinder zostaje umieszczony automatycznie na pierścieniu formującym i po uzbrojeniu formy zasypany betonem o niskiej wilgotności. Tak powstaje warstwa wewnętrzna rury.

także w czasie całego procesu instalacji oraz uruchomienia parku maszynowego, konsultując wszystkie aspekty inżynierskie.

Segment prefabrykatów betonowych jest całkowicie nowy dla tego inwestora. Do tej pory głównie stosowane były rury PCV, PE oraz GFK, a także wycofane już z użytku rury cementowo-azbestowe. W pierwszej fazie nowo utworzone przedsiębiorstwo – Amiantit Oman Concrete Products LLC – będzie produkować rury na potrzeby kanalizacji w średnicach od DN 300 do DN 1800 oraz elementy o przekroju prostokątnym od 2000 x 1500 mm do 2500 x

2500 mm. Te elementy oraz duże rury (od DN 1200 do DN 1800) będą wytwarzane na prasie wibracyjnej Schlüsselbauer Exact XL, rury o mniejszej średnicy powstawać będą na prasie radialnej. Podział na dwie osobne linie produkcyjne spowodowany jest faktem, iż dla produkcji rur ciśnieniowych – opisaną poniżej, a powstającej

w drugiej fazie wyposażania zakładu – tego typu maszyny nadają się doskonale. Dla przygotowania odpowiedniej koncepcji produkcji rur ciśnieniowych, została przeprowadzona dogłębna analiza dostępnych i sprawdzonych już technologii. Różnorodność metod produkcji jest bardzo szeroka, przykładowo jedno-, dwu- oraz trzykrotne



Używany do sprężonego zbrojenia drut zostaje dostarczany do maszyny w zwojach.



Skonstruowana i dostarczona przez firmę Schlüsselbauer maszyna do naciągu drutu zbrojeniowego pracuje z prędkością do 6 m/s.



Parametry wytrzymałościowe danej rury ciśnieniowej i przewidywane warunki jej pracy definiują grubość, wstępne naprężenie i skok zwoju drutu.



W ostatniej fazie produkcji na rurę zostaje nałożona zewnętrzna warstwa ochronna z betonu metodą wirowania.

warstwowanie, produkcja z wykorzystaniem wstępnego naprężania zbrojenia promieniowego i/lub wzdłużnego, z zastosowaniem uszczelki klinowej lub o przekroju okrągłym. Każdy szczegół ma wpływ na produkt końcowy oraz jego charakterystykę. Analizę wszystkich aspektów przeprowadzali decydenci po stronie inwestora pod przewodnictwem doświadczonych producentów takich rur oraz przy współdziałaniu zespołu doradczego. Po konsultacjach dotyczących rurociągu w Sultanacie Omanu zdecydowano się na produkcję dwuwarstwowych rur strunobetonowych ze stalowym cylindrem i ze wstępnie sprężonym zbrojeniem promieniowym, które będą pokryte betonową warstwą ochronną wykonaną metodą wirowania. Rury ciśnieniowe będą produkowane w średnicach DN

600, 800, 1000, 1200 oraz 1400 w standardach AWWA C301 oraz C303. W związku z tym urządzenia do produkcji stalowych cylindrów, stalowych pierścieni formujących mufy oraz maszyny do wstępnego naciągu drutów zbrojeniowych muszą być przystosowane do zmian parametrów. Co za tym idzie, do całego wachlarza rozmiarów przystosowany musi być również system gospodarki komponentami w zakładzie produkcyjnym (handling). Musi on umożliwić efektywną produkcję przy możliwie największym skróceniu czasu zmiany oprzyrządowania i wymiany form.

Betonowe rury ciśnieniowe udowadniają swoją niezawodność w systemach gospodarki zasobami wodnymi już od dziesięcioleci. Ich jakość wykazują także testy odcinków systemów rur ciśnieniowych w Badenii-

Wirtembergii (Niemcy), gdzie sprawdzono cztery różne typy betonowych rur ciśnieniowych o średnicy DN 600 pod ciśnieniem 10 bar. Potwierdziły one dobitnie, iż mimo kilkudziesięciu lat użytkowania były nadal w wymiennym stanie. Sprawdzana instalacja zbudowana została w okresie od 1954 do 1956 roku na bardzo obciążonym geodezyjnie terenie, aby otrzymać niezbędne dane dla późniejszej budowy sieci gospodarki wodnej. Ponad pół wieku później, po dokonanej kontroli stanu technicznego, podniesiono ciśnienie robocze do 13 bar, a dzięki dużym spadom w sieci można było zaimplementować w nim system odzyskiwania energii. Testy przeprowadzone zostały także dla trzech oryginalnych rur ciśnieniowych. W czasie tych testów użyto ciśnienia o wartości 14 bar. Po pierwszych pozytywnych



Betonowe rury ciśnieniowe mogą być produkowane z różnymi systemami połączeń. W przypadku tego projektu do formowania mufy i bosego końca używa się stalowych pierścieni.



Wysoki stopień automatyzacji gwarantuje bezpieczeństwo ludzi oraz produktów. Pozwala także zoptymalizować czas cyklu produkcyjnego oraz zminimalizować ilość wybraków.



Stalowy cylinder z warstwą betonową pozostaje w komorach dojrzewania z reguły 1 dzień. Następnie wykonywane jest zbrojenie ze wstępnie naprężonego drutu oraz zewnętrzna betonowa warstwa ochronna („Coating”).

wynikach, które potwierdziły bardzo dobry stan rur i ich gotowość do użytku, drugi pozytywny wynik nie pozostawił wątpliwości – sprawdzane rury wytrzymały bezproblemowo wyższe ciśnienie. Na podstawie tych wyników można stwierdzić, że zastosowanie betonowych rur ciśnieniowych gwarantuje ich żywotność także w 21 wieku – czyli ponad 100 lat.

Oczywiście na uwadze należy mieć fakt, iż technologia produkcji ciśnieniowych rur betonowych została od czasu opisywanego projektu znacząco ulepszona. Poszczególne etapy produkcji zostały zmodernizowane, cały proces został w wysokim stopniu zautomatyzowany, a wszystkie dodatkowe komponenty mogą zostać teraz wyprodukowane szybko i dokładnie. Szczególnie montaż wstępnie sprężonego zbrojenia stanowił w przeszłości wąskie gardło. Dzięki najnowszemu rozwiązaniu, zbrojenie to można produkować teraz z prędkością 6 m/s, dzięki czemu poprzedzające oraz następujące procesy nie mają opóźnień. Koncepcja produkcji rur ciśnieniowych obejmuje trzy główne obszary: produkcja stalowego cylindra, wykonanie wstępnie sprężonego zbrojenia oraz betonowanie. Jeśli mówimy o nowoczesnym zakładzie produkcyjnym, to nie może zabraknąć automatycznego systemu gospodarki komponentami oraz produktami (handling).

Proces produkcji stalowych cylindrów zaczyna się od wykonania solidnych pierścieni, które formują mufę rury. Niezbędna do tego procesu jest specjalna, wytrzymała stal, która jest zwijana w pierścień, spawana oraz obrabiana. Kolejny element, cylinder



Szereg zautomatyzowanych manipulatorów transportuje półwyroby przez cały cykl produkcyjny. Na zdjęciu betonowa warstwa rury ciśnieniowej.

wewnętrzny, wykonany jest ze stalowej blachy o różnej szerokości oraz grubości (w zależności od przeznaczenia). W Amiantit Oman Concrete Products LLC blacha stalowa może posiadać grubość od 1,5 do 6,5 mm oraz do ok. 6 m długości. Maksymalna waga takiego cylindra wynosi 20 t. Po odcięciu odcinka o pożądanej długości jest on zwijany, miejsce styku krawędzi spawane, a całość zespawana ze stalowym pierścieniem. Szczelność wszystkich spoin jest dokładnie sprawdzana. Test polega na wprowadzaniu wody pod ciśnieniem 4 bar i utrzymaniem tego ciśnienia przez kilka minut. Ta próba pozwala wykryć nawet najmniejszy przeciek, który w takim rzadkim przypadku może zostać naprawiony bez konieczności wyjęcia go z tej samej testującej maszyny. Nie jest już niezbędne, tak jak w przypadku starszych maszyn, wyciągnięcie cylindra ze stacji testującej celem dokonania naprawy. Po pozytywnym przejściu wszystkich jakościowych inspekcji, cylinder umieszczany jest na pierścieniu dolnym i jest gotowy do wykonania wewnętrznej warstwy betonu.

Tyle, ile znamy różnych rodzajów rur ciśnieniowych, tyle istnieje również rodzajów ich betonowania. Dla pojedynczej betonowej warstwy ochronnej rur LCP (Lined Cylind Pipes) stosuje się beton o niskiej wilgotności lub beton odlewniczy. W przypadku większej ilości warstw (zewnętrznej oraz wewnętrznej) – jak w przypadku rur ECP (Embedded Cylinder Pipes) – do nałożenia warstw betonu można zastosować obie metody betonowania lub wykonać całą rurę z betonu odlewniczego. Ochronną warstwę zewnętrzną, tzw. „Coating”, wykonuje

się z reguły z betonu wirowanego. W opisanym przypadku, z powodu zapotrzebowania na różne średnice oraz wymaganej wysokiej wydajności, zdecydowano się wykonywać początkowo tylko rury LCP (Lined Cylind Pipes) z wewnętrzną warstwą z betonu o niskiej wilgotności. Po utwardzeniu tej warstwy w komorach dojrzewania, rura składająca się z stalowego cylindra i wewnętrznej wykładziny betonowej jest przygotowana do założenia wstępnie naprężonego zbrojenia obwodowego.

Wydajna maszyna do wstępnie sprężonych elementów zbrojeniowych jako kluczowy element produkcji betonowych rur ciśnieniowych.

Opracowana przez firmę Schlüsselbauer dla partnera technologicznego – firmy Amiantit Oman Concrete Products LLC – maszyna do nakładania sprężonego zbrojenia opasuje zagruntowany uprzednio mieszanką wodno-cementową cylinder stalowy wstępnie sprężonym drutem. Maszyna ta może wstępnie sprężyć drut z siłą 20 kN, czyli do dwukrotnej wartości wymaganej obecnie. Nadwyżka ta pozwala inwestorowi na wykorzystanie jej w przyszłych projektach zakładających podwyższone wymagania wytrzymałościowe rur ciśnieniowych. Co więcej, wytrzymałość na naprężenie może zostać jeszcze bardziej zwiększona poprzez zastosowanie mniejszego skoku a także zwojów w kilku warstwach. Jednak to, co wyróżnia tę maszynę najbardziej, to prędkość pracy: szybkość nawoju na stalowy cylinder wynosi 6 metrów drutu na sekundę z określonym skokiem.

Poza tymi trzema kluczowymi aspektami produkcji betonowych rur ciśnieniowych, zakład produkcyjny w Omanie cechować się będzie najwyższym stopniem automatyzacji. W regionie nie ma obecnie problemów z siłą roboczą. Niemniej jednak ręczna praca musi być ograniczona do takich czynności, które nie zagrażają zdrowiu personelu i nie mają wpływu – wskutek błędów ludzkich – na ewentualne uszkodzenie drogich produktów. Zmechanizowanie i zautomatyzowanie tego typu prac zapewnia najwyższą jakość wszystkich wyrobów. Gwarantuje to także wydajną i stabilną produkcję. Podwyższony czynnik ryzyka spowodowany jest koniecznością transportowania większych i cięższych elementów niż w konwencjonalnym zakładzie produkcji rur. Nawet komponenty, takie jak betonowo-stalowy cylinder, mają już ogromną masę i długość ok. 6m, więc bezpiecznie transportować je można tylko mechanicznie. Inteligentna automatyzacja gwarantuje w tym przypadku dwie rzeczy: niekwestionowane bezpieczeństwo obsługi oraz zabezpieczenie wyrobów i półwyrobów przed wszelkimi uszkodzeniami podczas transportu.

Głównym zagrożeniem dla wyrobu jest sam człowiek, a wartość produkowanego elementu z każdym etapem jego produkcji wzrasta. Schlüsselbauer dzięki przemysłowemu zarządzaniu procesami technologicznymi oraz w pełni zautomatyzowanemu wyposażeniu spełnia wszystkie wytyczne inwestora pod względem zabezpieczenia człowieka i wyrobu. Do transportu surowego materiału oraz stalowych elementów używa się suwnic z chwytakami sterowanymi przez człowieka, dlatego w tym momencie bierze on pełną odpowiedzialność za ten etap procesu produkcji. Przygotowanie formy do zasypania betonem, jej transport do i z komór dojrzewania również wykonywane są z użyciem ręcznie sterowanej suwnicy. Jednak bardziej narażone na ryzyko czynności wykonywane są już w pełni automatycznie, dzięki czemu ludzki błąd jest praktycznie wykluczony. Czynności takie jak nasadzenie cylindra na pierścieniu dolny, manipulacja półwyrobem podczas nawijania sprężonego drutu zbrojeniowego, wykonanie warstwy zewnętrznej z betonu („Coating”), a następnie odbiór rury przez automatyczną suwnicę transportową Transexact są w pełni zautomatyzowane. Transexact umieszcza element w komorach dojrzewania, a następnie na przenośniku taśmowym, który odwozi gotową betonową rurę ciśnieniową do centralnego magazynu zewnętrznego. Dodać jeszcze należy, że otwieranie oraz zamykanie pokryw komory dojrzewania odbywa się także bez udziału obsługi, odpowiedzialny za te czynności jest także zautomatyzowany Transexact.

Poza firmą Schlüsselbauer, dostawcą wyposażenia do wykonania oraz kontroli jakości stalowych cylindrów, maszyn przygotowujących wstępnie sprężony drut zbrojeniowy oraz technologii produkcji betonowych wielkogabarytowych rur i elementów betonowych o przekroju prostokątnym, w projekcie bierze udział jeszcze szereg innych partnerów. Firma Putzmaster dostarcza zestaw pomp do betonu dla indywidualnej oraz seryjnej produkcji dodatkowych komponentów, na przykład barier ulicznych. Maszyny do produkcji zbrojenia przeznaczonego dla rur konwencjonalnych pochodzą z firmy MBK Maschinenbau, a za węzły betoniarskie i transport betonu odpowiadała firma Skako. Poza przenośnikami kubetkowymi, dostarczyła ona trzy mieszalniki, każdy po 1,2 m³ pojemności. Nad tym imponującym parkiem maszynowym góruje zestaw suwnic o udźwigu od 5 do 50 ton dostarczony przez firmę Demag.

Wydawać się może, iż tak wysoki stopień automatyzacji spowodowany jest tylko i wyłącznie kwestiami bezpieczeństwa, a koszty, które mogłyby zostać znacząco obniżone poprzez zastąpienie niektórych elementów automatyzacji ludzką siłą roboczą, nie miały wpływu na ten aspekt. Tym bardziej, iż brak potencjalnych pracowników w najbliższym czasie nie stanowi zagrożenia, głównie z powodu dużej ilości ludności napływowej w Omanie. Jednak tak naprawdę jest wręcz odwrotnie. Produkt końcowy ma wielką wartość i każdy uszkodzony lub zniszczony wyrób lub półprodukt ma kluczowy wpływ na przychód firmy. Każde uszkodzenie jest nieodwracalne, więc ubytek nawet jednej rury z powodu ludzkiego błędu implikowałby straty, a także generował dodatkowy koszt niezbędnego recyklingu. Ten aspekt był także brany pod uwagę podczas procesu decyzyjnego. Rezultatem jest unikalny na skalę światową, zoptymalizowany pod kątem efektywności park technologiczny do produkcji betonowych rur ciśnieniowych.

Firma Amiantit Oman została założona w 1974 roku, ma bardzo szeroką ofertę, jest obecnie jednym z największych przedsiębiorstw produkcyjnych w kraju i zatrudnia ok. 900 osób, z czego ok. 80 w swojej spółce Amiantit Oman Concrete Products LLC. Firma należy do podmiotu joint venture, który tworzy największy przemysłowy konglomerat w Omanie i dzieli się na kilka grup: Omzest, Suhail Bahwan oraz Saud Bahwan. Grupa Omzest skupia ponad 75 przedsiębiorstw z częściowym lub całościowym udziałem właścicielskim, przy czym dwie trzecie sprzedaży gwarantują przedsiębiorstwa produkcyjne. Grupa Suhail Bah-



Automatyczna suwnica Transexact dostarczona przez firmę Schlüsselbauer transportuje produkty końcowe do komór dojrzewania i finalnie na przenośnik taśmowy. Obsługuje także pokrywy komór.

wan skupia ponad 40 firm, a grupa Saud Bahwan pełni funkcję przedstawiciela wielu znanych producentów przemysłu samochodowego, m.in. Ford, Toyota, MAN. Tak szeroka struktura organizacyjna zawierająca różne gałęzie przemysłu i usług, nie tylko branży budowlanej, powoduje, iż prawie cała populacja kraju bierze udział w budowaniu wartości tej organizacji.

WIĘCEJ INFORMACJI

SCHLÜSSELBAUER

SCHLÜSSELBAUER TECHNOLOGY GmbH & Co KG

Hörbach 4

4673 Gaspoltshofen, Austria

T +43 7735 7144 0

F +43 7735 7144 56

sbm@sbm.at

www.sbm.at

www.perfectsystem.eu