

Schlüsselbauer Technology GmbH & Co KG, 4673 Gaspoltshofen, Austria

Inicio de la fabricación de PCCP (Prestressed Concrete Cylinder Pipes) para el suministro de agua a largo plazo en el Golfo de Omán

Uno de los ámbitos económicos de mayor importancia estratégica en el Estado del Golfo de Omán es una gestión del agua con visión de futuro. Para ello debe crearse, por una parte, una infraestructura para la gestión de las escasas lluvias intensas muy concentradas. Los retos cada vez mayores de la movilidad diaria de las personas y mercancías no admiten que la vida pública se paralice debido a lluvias torrenciales varias veces al año. Por otra parte, un suministro fiable de agua potable representa, en un país de clima extremo con ciudades cada vez más grandes como Omán, una cuestión económica, técnica y, en último lugar, también política. La rentabilidad de los tubos de presión de hormigón para el transporte del agua potable en comparación con los tubos de acero o fundidos fue, además de una acción legislativa, decisiva para el inicio de una inversión de manera ejemplar en una fabricación de tubos de presión de hormigón totalmente nueva. Además de los tubos de hormigón convencionales para la gestión de las aguas superficiales, ahora se fabricarán también tubos de presión de hormigón en una nueva fábrica, con una presión de trabajo de hasta 25 bares para proyectos futuros de agua potable.

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

Como parte de esta planificación estratégica orientada a largo plazo, se decidió iniciar la fabricación de tubos de hormigón en la empresa Amiantit, con sede en el Sultanato de Omán (además de los productos que ya se fabricaban allí para la construcción de conducciones), tras la prohibición de los tubos de cemento de fibra de asbesto. Además de piezas prefabricadas de hormigón convencionales como los tubos de hormigón reforzado y los componentes marco, se fabricarán sobre todo tubos de presión de hormigón. En comparación con los tubos de acero para las conducciones del agua a presión, los tubos de presión de hormigón se caracterizan por unos menores costes en materiales y una mayor resistencia a la corrosión. Además, con los tubos de presión de hormigón pueden realizarse uniones estancas de forma más sencilla. El análisis y el establecimiento del concepto de producto, precisando el tipo de técnica necesaria para ello, se encargó a un "trust" de cerebros interna-

cional dirigido por el Sr. John Munro (propietario de Munro Ltd., con sede en Ontario, Canadá). Se hicieron pruebas en todo el mundo con productos ya existentes y los procesos disponibles para poder tomar una decisión fundamentada. Tras recomendar una empresa que pudiera suministrar el equipamiento y que permitiera la fabricación más económica cumpliendo unos requisitos concretos, los expertos de Munro acompañaron al fabricante en la puesta en marcha de la extensa técnica de fabricación y en el inicio de la producción.

El segmento de la fabricación de piezas prefabricadas de hormigón es nuevo para el fabricante. Hasta la fecha, contaba con una larga experiencia con los materiales PVC, PE y GFK, y con otro que ha dejado de estar permitido: los tubos de cemento de fibra de asbesto. En la empresa de nueva creación, Amiantit Oman Concrete Products LLC, solo se producen en una primera fase tubos de hormigón para alcantarillado a gravedad en los anchos nominales desde DN 300 hasta DN 1800, así como componentes marco de 2.000 x

1.500 mm hasta 2.500 x 2.500 mm. Los componentes marco y los tubos de gran tamaño desde DN 1200 hasta DN 1800 se fabrican en una planta vibratoria-compresiva del modelo Exact XL; los tubos de



Además de tubos de presión de hormigón, se fabrican también tubos de acero y hormigón de los anchos nominales DN300 hasta DN1800, así como tubos hincas de hormigón.

Amiantit Oman, fundada en 1974, es una de las empresas productoras de mayor envergadura del Estado del Golfo.



Para la fabricación del núcleo de chapa de acero utilizado para la estanqueidad del tubo de presión de hormigón debe soldarse automáticamente un cilindro y cortar el tubo a la longitud adecuada, verificándola.



Para la fabricación del revestimiento interior a base de hormigón húmedo se coloca automáticamente el cilindro de chapa de acero en un manguito y se hormigona tras preparar el molde.

menores dimensiones se fabrican en una prensa radial. Esta división en dos procesos de fabricación es la causa de que se eligiera, para la producción de tubos de presión de hormigón (se describe a continuación la segunda fase de la fabricación de los tubos de hormigón), este modelo de máquina para el revestimiento interior de cilindros de acero.

Para el desarrollo de un concepto de fabricación de tubos de presión de hormigón se analizaron los procesos de fabricación empleados anteriormente. La variedad de métodos como, por ejemplo, los procesos de fabricación de una, dos o tres capas, la

tensión del anillo o la longitudinal, las uniones del tubo de acero con uniones de rodillo o caucho deslizante y las diversas características del producto resultantes convencieron a las personas encargadas de tomar la decisión (un "trust" de cerebros coordinado por un exitoso fabricante) de decantarse por los tubos de presión de hormigón. Tras especificar los requisitos de la cons-

trucción de conducciones del Sultanato de Omán y comparar con los métodos de fabricación disponibles, se eligió un tubo hormigonado de dos capas con núcleo de chapa de acero y refuerzo de tensionado de anillo que se equipa con una capa externa de protección de hormigón centrifugado. Los tubos de presión se fabricarán en los anchos nominales DN 600, 800,



El cable de acero necesario para la pre-tensión se coloca igualmente en bobinas en la planta, donde se procesa con una velocidad de bobina de hasta 6 m/s.



La máquina de pre-tensado desarrollada por Schlüsselbauer trabaja con una velocidad de bobina de hasta 6 m/s.



El grosor del cable, la pre-tensión y la pendiente del enrollado se establecerán conforme a la presión de trabajo necesaria de los tubos de presión de hormigón.



Durante la última etapa de la fabricación, se añade una capa protectora exterior al tubo con hormigón centrífugo.

1.000, 1.200 y 1.400, conforme a las normas AWWA C301 y C303. Los dispositivos para la fabricación del cilindro de acero, los anillos extremos de acero y el pre-tensionado del cable debían planificarse con la misma flexibilidad. Como flexible debía ser también el diseño global de la manipulación para poder realizar todas las manipulaciones críticas de manera totalmente automática y con el menor esfuerzo posible en tareas preparatorias.

Los tubos de presión de hormigón han demostrado su eficacia en las conducciones de agua potable desde hace décadas. Así lo demostró la prueba realizada con un recorrido de ensayo de un tubo de presión con un conjunto de cuatro tipos diferentes de tubos de presión de hormigón de DN 600 para una presión de 10 bares en Baden-Württemberg (Alemania), que tras un uso continuado durante varias décadas

demonstró que las conducciones seguían en perfecto estado. Dicho recorrido de ensayo se colocó entre 1954 y 1956 en una sección de tubería de alta carga geodésica para obtener información y poder construir posteriormente una tubería de agua de larga distancia. Más de medio siglo después esa tubería debía volver a utilizarse debido a su desnivel para la obtención de energía y la presión debía aumentarse hasta 13 bares. Se instalaron entonces inicialmente cuatro tipos disponibles de tubos de presión. Se comprobaron tres con el fin de sopesar la modificación de uso prevista con una presión de ensayo de 14 bares. Tras los primeros datos positivos obtenidos, que demostraban que los tubos estaban en tan buen uso como inicialmente, y listos para su uso, se obtuvo una segunda confirmación. Los tubos sometidos a prueba soportaban también el aumento de presión

sin problema. Gracias a estos hallazgos, puede afirmarse sin atisbo de duda que los tubos de presión de hormigón pueden utilizarse también en el siglo XXI para lograr que las obras tengan una vida útil de más de 100 años.

En esencia, lo que ha cambiado en el mundo de los tubos de presión de hormigón desde que se llevó a cabo el proyecto descrito anteriormente es, fundamentalmente, la técnica de fabricación. Se han modernizado algunas etapas, se ha automatizado todo el proceso de producción en un alto grado y también se han fabricado y procesado algunos componentes de tubo de forma más rápida y precisa. En concreto, la instalación del cable tensor solía suponer un cuello de botella en la producción en serie. Con una velocidad de procesado de 6 m/s se instala ahora ágilmente, gracias a la tecnología más avanzada, el cable ten-



Los tubos de presión de hormigón pueden fabricarse con diversas uniones. En este proyecto concreto, se dio forma a los manguitos y las puntas con anillos tutores de acero.



El alto grado de automatización de toda la planta contribuye de forma significativa a la protección de los trabajadores y los productos. De esta forma puede tanto optimizarse los tiempos de ciclo como minimizarse la tasa de descarte.



Los cilindros de acero recubiertos de hormigón suelen endurecerse en el horno en un día..A continuación se procede con el resto del proceso de fabricación, colocando el pre-tensionado del cable y el revestimiento externo.

sor; de forma que los procesos anteriores y posteriores no se retrasen como solía ser el caso. El concepto básico de la fabricación de tubos de presión, sin embargo, se ha mantenido casi igual, y comprende tres ámbitos esenciales: la fabricación del cilindro de acero, el pre-tensionado del cable y el hormigonado. Además, en una fabricación moderna de tubos de presión de hormigón, se manipulan componentes individuales, piezas semi-prefabricadas y, por último, el producto final.

En la producción de cilindros de acero deben fabricarse, por una parte, enormes refuerzos metálicos que formarán posteriormente los manguitos de los tubos ya fabricados. Para ello se curva acero de la resistencia necesaria hasta formar anillos y luego se extiende una vez soldado. El núcleo del tubo, de chapa de acero, se soldará según el empleo, con el grosor de pared y ancho necesario. En el caso de Amiantit Oman Concrete Products LLC, la chapa de acero puede trabajarse en grosores de pared de 1,5-6,5 mm para convertirse en cilindros de aproximadamente 6 m de largo. El peso máximo de los rollos de acero a procesar es de 20 t. Después de cortar los cilindros de acero, hay que soldarlos con los anillos tutores de acero. Se comprueba la estanqueidad total de todos los cilindros de acero. La comprobación de la presión del agua (presión de prueba de 4 bares durante varios minutos) detecta incluso las fugas más pequeñas. Si se encuentra alguna, puede solucionarse directamente en la instalación de ensayo, lo que resulta muy práctico. Al contrario de lo que sucedía con las máquinas antiguas, ya no es necesario desplazar para ello el cilin-



Una línea de manipuladores totalmente automatizados desplazan los tubos de presión de hormigón a medio fabricar por toda la planta de producción. En la imagen se aprecia el revestimiento de hormigón del tubo de presión.

dro de acero desde la estación de prueba. Una vez finalizada con éxito la comprobación de calidad, el cilindro se coloca en un molde de manguito y ya está listo para el revestimiento interior con hormigón.

El hormigonado de los tubos de presión puede realizarse de forma tan variada como tipos existen de tubos de presión de hormigón. Para un revestimiento de hormigón sencillo de los Lined Cylinder Pipes (LCP), se puede emplear hormigón húmedo u hormigón vertido. Para un revestimiento múltiple de hormigón por dentro y por fuera (como el que se necesita para los Embedded Cylinder Pipes (ECP)), pueden combinarse ambos procedimientos de hormigonado o fabricarse todo el tubo con hormigón vertido. Se aplica una capa protectora externa (denominada "coating") que suele ser de hormigón centrifugado. En este caso concreto se ha decidido, debido a los anchos nominales de tubo necesarios y al deseo de conseguir una mayor productividad, fabricar a partir de ahora únicamente Lined Cylinder Pipes y emplear hormigón húmedo para el revestimiento interior de los cilindros de acero. Una vez endurecido el revestimiento interior en cámaras de secado, los cilindros de hormigón y acero ya están listos para la colocación del alambre en bobinas pretensado.

La máquina pre-tensadora de alta velocidad como elemento básico de una fabricación eficiente de tubos de presión de hormigón

La máquina pre-tensadora de acero diseñada por Schlüsselbauer (el socio tecnoló-

gico de Amiantit Oman Concrete Products LLC) se encarga de proveer a continuación el exterior del cilindro de hormigón y acero con una pre-tensión radial del acero, tras la cual se coloca una capa de fondo de cemento y agua en el cilindro. La fuerza de pre-tensado que puede alcanzar este modelo de máquina es del más del doble de la que se requiere actualmente en esta fábrica (20 kN). Para el fabricante, esto significa una gran flexibilidad que le permitirá asumir en el futuro proyectos con unos requisitos más estrictos. Además pueden satisfacerse también dichos requisitos más estrictos con un enrollado múltiple con acero tensado. Pero, sobre todo, esta máquina de pre-tensado se caracteriza por la velocidad de procesado. Se enrollan hasta un máximo de 6 m de acero pre-tensado por segundo, lo cual supone un aumento considerable, en el cilindro de hormigón y acero.

Además de estos tres elementos básicos para la fabricación de tubos de presión de hormigón, esta nueva fábrica se caracteriza sobre todo por su alto grado de automatización. Y no es porque no haya suficiente personal in situ. La realización de actividades manuales debe reducirse en todos los ámbitos de la fabricación (sobre todo cuando se trata de tubos de presión de hormigón) si se desea que esta sea eficiente; ya que, por una parte, se pone en peligro a las personas y, por otra, se evitan errores humanos que afectan a estos productos de alta calidad. Un factor de riesgo para los trabajadores en comparación con las fábricas convencionales son las dimensiones y masas que se desplazan. Las pie-

zas semi-prefabricadas como los cilindros de acero o de acero y hormigón tienen unas masas considerables y, en este caso, una longitud constructiva de aproximadamente 6 m, que únicamente pueden manipularse de forma segura con ayuda de máquinas. Una automatización inteligente debe contribuir, en este sentido, mediante la manipulación semi-automatizada o totalmente automatizada, a asegurar la seguridad laboral en todas las fases de fabricación y a evitar los daños en el producto.

El principal factor de riesgo para los materiales son las personas. Con cada etapa en la producción aumenta el valor de la pieza en bruto del tubo hasta que se convierte en un componente listo para su utilización. En este sentido, Schlüsselbauer ha tenido en cuenta los requisitos del fabricante y ha preparado una secuencia inteligente de los procesos, así como un orden para los dispositivos de manipulación automáticos. Para el manejo de las materias primas y los cilindros de acero se emplea un puente grúa. En este momento interviene un trabajador, con una gran responsabilidad propia. Los preparativos del molde para el revestimiento del cilindro de acero con hormigón, la retirada del molde una vez lleno y la introducción y extracción de las cámaras de secado se llevan a cabo igualmente con una grúa interior. La colocación del cilindro de acero en el molde del manguito con antelación se realiza ya de forma totalmente automática. Se instalaron varios manipuladores totalmente automáticos para poder llevar a cabo las siguientes etapas de la fabricación de forma igualmente automatizada en su totalidad, descartándose así prácticamente por completo todo error humano. Dichos manipuladores colocan el cilindro de acero con revestimiento en posición para el enrollado con acero tensado, desplazan la pieza semi-fabricada hasta el lugar del revestimiento exterior ("coating") y, a continuación, hasta la transmisión a la grúa automática Transexact. Esta transporta el tubo de presión de hormigón ya listo a la cámara de endurecimiento y, a continuación, a la cinta de transmisión para el transporte de descarga en el almacén exterior. Además, la grúa automática cierra y abre las cubiertas de las cámaras de endurecimiento.

Además del socio tecnológico (Schlüsselbauer), responsable no solo de todo el equipamiento de manejo, sino también del equipamiento para la fabricación y comprobación de los cilindros de acero, del enrollado de cable pre-tensado y del revestimiento, así como de la planta de producción para la fabricación de tubos de gran

formato y componentes marco, han participado en este proyecto una serie de fabricantes de prestigio. Por ejemplo, Putzmeister suministró una bomba de hormigón para la fabricación portátil de componentes de serie o individuales como, por ejemplo, elementos separadores para carreteras. Las máquinas para la fabricación del cesto de refuerzo para los tubos de hormigón convencionales se encargaron a MBK Maschinenbau y toda la maquinaria de mezclado y transporte de hormigón la suministró Skako. Además de los vehículos de cubetas, se pusieron en marcha un total de tres plantas de mezclado de 1,2 m³ cada una que suministran hormigón para toda la fábrica. Demag instaló una serie de grúas de interior de entre 5 y 50 toneladas para aprovechar mejor las amplias naves de producción.

Todo ello podría dar la impresión de que el alto grado de automatización en el manejo de productos se basa exclusivamente en los aspectos de seguridad aquí comentados y no en una presión de costes, sobre todo en términos de personal. En este sentido, debe precisarse que no debe esperarse a corto plazo una escasez de personal en Omán sobre todo teniendo en cuenta el gran número de trabajadores inmigrantes. Sin embargo, en cuanto a la presión de costes, la producción hoy en día no puede permitirse daños continuos en las piezas semi-prefabricadas o productos finales debido a su manipulación manual. Un tubo que debe desecharse destruye una fuente de ingresos irrecuperables que causa, además, gastos de reprocesamiento especializado. Este es un aspecto al que también se le otorgó la debida atención a la hora de diseñar la automatización. El resultado es una planta de producción única en el mundo, en términos de eficiencia y en la realizada forma y manera, para tubos de presión de hormigón revestidos.

Amiantit Oman se fundó en el año 1974 y actualmente es una de las empresas de producción de más envergadura del país, contando con una amplia gama de productos. Amiantit Oman emplea a unas 900 personas, 80 de las cuales trabajan en Amiantit Oman Concrete Products LLC. La empresa surgió a partir de una operación conjunta de los mayores grupos industriales del Sultanato de Omán: el Grupo Omzest, Suhail Bahwan Group y Saud Bahwan Group. El Grupo Omzest integra en la actualidad más de 75 empresas de titularidad parcial o completa y aproximadamente dos tercios del volumen de ventas los generan las empresas de producción. Suhail Bahwan Group comprende más de



La grúa automática Transexact de Schlüsselbauer lleva los productos fabricados a las cámaras de endurecimiento y, a continuación, los transporta en la cinta transportadora de descarga. Además maneja las cubiertas de las cámaras.

40 empresas y Saud Bahwan Group comercializa, entre otros productos, los de numerosos fabricantes de automóviles de prestigio internacional como Ford, Toyota o MAN. Además de la gama de productos de Amiantit Oman, orientada sobre todo al sector de la construcción, el conglomerado de empresas ofrece las prestaciones más diversas, de forma que prácticamente toda la población del país está integrada en el proceso de valor añadido.

MÁS INFORMACIÓN

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