

Schlüsselbauer Technology GmbH & Co KG, 4673 Gaspolthshofen, Autriche

Lancement de la production de tuyaux précontraints PCCP (Prestressed Concrete Cylinder Pipes) pour un approvisionnement d'eau à long terme dans le golfe d'Oman

Dans l'État d'Oman la question de la gestion durable de l'eau compte parmi les thèmes stratégiques les plus importants en économie politique. D'une part ce projet implique la création d'infrastructures pour maîtriser les épisodes de pluie, rares mais intenses. En effet les exigences croissantes en matière de mobilité quotidienne des biens et des personnes ne permettent plus l'arrêt de toute vie publique et ce plusieurs fois par an à cause de fortes précipitations. D'autre part dans un pays très exposé aux variations climatiques, avec des agglomérations urbaines en pleine expansion comme à Oman, assurer un bon approvisionnement en eau potable représente une tâche exigeante d'un point de vue économique, technique mais aussi et surtout politique. La rentabilité des tuyaux pression en béton pour le transport de l'eau potable par rapport à des tuyaux en acier ou en fonte a été, outre un acte législatif, un élément décisif pour la mise en route d'un investissement pilote dans une toute nouvelle production de tuyaux pression en béton. En plus des tuyaux béton conventionnels pour la conduite des eaux de surface, il s'agissait de fabriquer, dans une nouvelle usine, des tuyaux pression en béton pouvant tenir une pression allant jusqu'à 25 bars pour de futurs projets concernant l'eau potable.

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

Dans le cadre de cette planification stratégique orientée sur le long terme, il a été décidé par la société Amiantit, basée au sultanat d'Oman, de mettre en place une production de tuyaux en béton, en plus des autres produits déjà fabriqués pour la production de tuyaux en béton. Cette décision a été prise après que l'interdiction d'utiliser des tuyaux de ciment en fibres d'amiante est entrée en vigueur. Outre les pièces traditionnelles en béton préfabriqué comme les tuyaux en béton armé et les cadres, ce sont surtout des tuyaux pression en béton qui devraient être fabriqués. Ceux-ci se distinguent d'autres tuyaux, comme des tuyaux en acier pour des conduites d'eau sous pression, par un coût réduit des matériaux et une plus grande résistance à la corro-

sion. En outre il est plus facile de réaliser des emboitements épais avec des tuyaux pression en béton. L'analyse et la définition du concept de produit ainsi que le choix de la technique de fabrication ont été confiés à une équipe internationale de conseillers, dirigée par M. John Munro, propriétaire de la société Munro Ltd. basée en Ontario, au Canada. Des produits et des méthodes ont été testés dans le monde entier avant de décider d'attribuer le marché. Après avoir sélectionné des sociétés équipées qui permettraient une production la plus économique possible et répondant aux exigences spécifiques, les experts de Munro continuent à assister le fabricant pendant la mise en service des outils techniques de production et lors du début de la production.

Le secteur de la fabrication d'éléments préfabriqués en béton est nouveau pour le fabricant. Jusqu'à présent ils avaient une



En plus des tuyaux pression en béton, la société fabrique également des tuyaux en béton armé de diamètre nominal 300 à 1800 ainsi que des tuyaux de fonçage en béton.



La société Amiantit Oman, fondée en 1974, compte parmi les plus grandes sociétés productrices de l'état d'Oman.



Pour fabriquer les noyaux de tôle en acier utilisés pour l'étanchéité du tuyau pression en béton, un cylindre est soudé automatiquement et coupé en fonction de la longueur du tuyau avant d'être contrôlé.



Pour la fabrication du revêtement intérieur du cylindre en béton humide, le cylindre en acier est automatiquement placé sur une embase remplie et bétonnée une fois le moule équipé.

longue expérience avec le PVC, le PE et le GFK et les tuyaux de ciment en fibres d'amiante qui, entretemps, ne sont plus autorisés. La nouvelle société Amiantit Oman Concrete Products LLC fabrique dans un premier temps des tuyaux de béton pour les conduites gravitaires d'un diamètre nominal de 300 à 1800 mm, ainsi que des cadres de 2000 x 1500 mm à 2500 x 2500 mm. Les cadres et les gros tuyaux de 1200 à 1800 sont fabriqués sur une presse à vibrations de type Exact XL tandis que les tuyaux de plus petite dimension sont produits sur une presse radiale. Cette division en deux processus de fabrication se justifie

par le fait que, pour la production de tuyaux pression en béton (deuxième étape décrite ci-dessous dans l'organisation de la production de tuyaux en béton), le choix s'est porté sur ce type de machine pour le revêtement intérieur des cylindres en acier.

Avant, pour développer un concept servant à la production de tuyaux pression en

béton, on analysait les processus de fabrication appliqués. La variété de méthodes, telles que le procédé de fabrication à une, deux ou trois couches, la prétension de l'anneau et/ou la prétension verticale, les raccords de tuyaux en acier avec joint en caoutchouc glissant ou roulant et les différentes caractéristiques de produits qui en résultent, a motivé les décideurs dans leur



Le fil d'acier nécessaire pour la prétension est également mis en bobine sur le dispositif où il est traité avec une vitesse d'enroulement pouvant atteindre 6 m/s.



La machine de précontrainte développée par Schlüsselbauer fonctionne à une vitesse d'enroulement pouvant atteindre 6 m/s.



L'épaisseur du fil, la prétension et la déclivité du bobinage peuvent être déterminées conformément à la pression de service requise pour les conduites pression en béton.

Dans l'étape de fabrication finale, une couche protectrice externe de béton centrifugé est appliquée sur le tuyau.

choix de mettre en place une équipe de conseillers sous la coordination d'un fabricant renommé de tuyaux pression en béton. Après avoir clarifié les exigences relatives à la construction des conduites dans le sultanat d'Oman et s'être adapté aux méthodes de production disponibles, l'équipe a choisi un tuyau bétonné à deux couches avec noyau en tôle d'acier et armature de prétension de l'anneau, revêtue d'une couche de protection extérieure en béton centrifugé. Les tuyaux pression devraient être fabriqués dans les diamètres nominaux de 600, 800, 1000, 1200 et 1400 mm conformément aux standards AWWA C301 et C303. Les dispositifs pour la production du cylindre en acier, des anneaux d'extrémité en acier et de la prétension du fil doivent être tout aussi flexibles. Tout comme les systèmes de manutention globale doivent, eux

aussi, être flexibles pour pouvoir effectuer toutes les tâches de manutention critiques de manière entièrement automatique et avec un minimum d'effort pour changer les outillages.

Les tuyaux pression en béton ont fait leurs preuves depuis des décennies dans les canalisations d'eau potable. Ainsi l'examen d'une section d'essai d'un tuyau pression comptant au total quatre types différents de tuyaux pression en béton de diamètre 600 pour une pression de 10 bars dans le Bade-Wurtemberg, en Allemagne, a montré que les conduites étaient restées dans un état impeccable après un fonctionnement continu pendant plusieurs décennies. Ce tronçon d'essai a été construit entre 1954 et 1956 sur une ligne géodésique très chargée pour obtenir des résultats pour la

construction future d'une conduite d'alimentation en eau. Plus d'un demi-siècle plus tard cette ligne devrait être utilisée pour la production d'énergie en raison de sa déclivité et la pression devrait être augmentée jusqu'à 13 bars. Initialement quatre types de tuyaux pression disponibles à l'époque avaient été placés. Les trois tuyaux concernés par le changement d'utilisation prévu ont été testés avec une pression d'essai de 14 bars. Le premier résultat était positif. En effet les tuyaux étaient encore opérationnels et dans un très bon état. Le deuxième essai s'est lui aussi avéré concluant. Les tuyaux testés résistaient aussi sans problème à la pression accrue. Sur la base de ces résultats on peut dire en se basant sur le principe des tuyaux pression en béton que, même au 21^e siècle, on peut créer des ouvrages d'une durée de vie de plus de 100 ans.



Les tuyaux pression en béton peuvent être fabriqués avec différents emboîtements. Concrètement, les embases et les extrémités en pointe sont formées à l'aide d'anneaux en acier.



Le haut degré d'automatisation de l'ensemble du dispositif contribue de manière significative à protéger les travailleurs et les produits. Cela permet d'optimiser les temps de cycle et de réduire le taux de rebut.



Les cylindres d'acier recouverts de béton durcissent en général pendant un jour dans les fours. Vient ensuite l'étape d'achèvement avec l'installation de la prétension du fil et du coating extérieur.

Depuis la réalisation du projet décrit ci-dessus, c'est avant tout la technique de fabrication qui a considérablement changé. Les différentes étapes ont été modernisées, le processus de production complet a été automatisé et même les différents composants du tuyau peuvent désormais être fabriqués et traités plus rapidement et avec une plus grande précision. Par le passé l'intégration de la prétension représentait souvent un goulot d'étranglement dans la production en série. Avec une vitesse actuelle de traitement de 6 m/s, le fil métallique est désormais encastré si rapidement que les processus en amont et en aval ne sont plus retardés. Le concept de base d'une production de tuyaux pression est cependant resté presque identique et comprend trois secteurs principaux : la fabrication de cylindres en acier, la prétension du fil et le bétonnage. À cela s'ajoute, dans une production moderne de tuyaux pression en béton, la manipulation ou la manutention des différents composants, des produits semi-finis et, enfin, du produit final.

Dans la production de cylindres en acier, il faut aussi fabriquer les anneaux d'extrémité massifs qui représenteront plus tard les embases des tuyaux finis. Pour ce faire, il faut plier, souder et étirer l'acier résistant aux anneaux. Le noyau interne du tuyau est soudé dans la tôle d'acier, selon l'utilisation, dans des épaisseurs et largeurs de parois différentes. Chez Amiantit Oman Concrete Products LLC, on peut travailler de la tôle d'acier d'une épaisseur de 1,5 à 6,5 mm jusqu'à des cylindres de près de 6 mètres de long. Le poids maximal des bobines



Une série de manipulateurs entièrement automatiques déplacent les tuyaux en béton semi-finis au sein de l'installation de production. Sur cette photo, un aperçu du revêtement en béton de conduites pression en béton.

d'acier utilisées est de 20 tonnes. Après la découpe des cylindres en acier, ceux-ci sont soudés avec les anneaux d'extrémité en acier. L'étanchéité de tous les cylindres en acier a été entièrement testée. Un test de la pression d'eau avec une pression d'essai de 4 bars sur une période de plusieurs minutes détecte de petites fuites qui peuvent être réparées facilement et directement sur l'appareil d'essai. Contrairement aux anciennes machines, il n'est plus nécessaire de sortir le cylindre en acier de la station d'essai. Après un contrôle de qualité réussi, le cylindre est placé sur une embase inférieure et est prêt à être revêtu de béton.

Le bétonnage de tuyaux pression est tout aussi varié que les types de conduites pression en béton. Pour le simple revêtement en béton de Lined Cylinder Pipes (LCP), on peut utiliser soit du béton humide, soit du béton coulé. Pour un revêtement en béton à plusieurs couches à l'intérieur et à l'extérieur, comme c'est nécessaire pour les Embedded Cylinder Pipes (ECP), les deux processus de bétonnage peuvent être combinés et l'ensemble du tuyau est fabriqué à base de béton coulé. Habituellement on revêt le tuyau d'une couche protectrice extérieure, appelée coating, avec du béton centrifugé. Concrètement, il a été décidé, en raison des diamètres nominaux des tuyaux et de la grande productivité souhaitée, de fabriquer seulement des Lined Cylinder Pipes dans un premier temps et d'utiliser du béton humide pour le revêtement intérieur des cylindres d'acier. Une fois que le revêtement intérieur a séché dans des chambres de séchage, les cylin-

dres d'acier peuvent être munis du fil de bobinage.

Machine de prétension à haute vitesse comme un élément clé d'une production efficace de tuyaux pression en béton

L'une des machines de prétension du fil développée par Schlüsselbauer, le partenaire technologique d'Amiantit Oman Concrete Products LLC, équipe désormais le cylindre d'acier à l'extérieur avec une prétension radiale du fil, après qu'une couche à base d'eau et de ciment ait été appliquée sur le cylindre. La force de prétension possible pour ce type de machine est deux fois élevée que celle actuellement nécessaire dans l'usine (20 kN). Pour le fabricant, cela est synonyme de flexibilité si, à l'avenir, un client a des exigences plus élevées pour un projet. De plus il est possible de satisfaire des exigences plus élevées grâce à un multi-enroulement avec du fil de tension. Mais cette machine de prétension se distingue avant tout par sa vitesse de travail. Elle permet d'envelopper jusqu'à 6 mètres de fil de prétension par seconde sur le cylindre en acier dans une pente définie.

En plus de ces trois éléments de base d'une production de tuyaux pression en béton, cette nouvelle usine se distingue par son niveau élevé d'automatisation. Pour l'instant, il n'y a pas de pénurie de main-d'œuvre sur place. Pour une production efficace le recours aux tâches manuelles doit être réduit, en particulier pour les tuyaux pression en béton, aux domaines dans lesquels, d'une part, il n'y a pas de danger pour les

personnes et où, d'autre part, les produits de haute qualité ne sont pas affectés par des erreurs humaines. Un facteur de risque pour les travailleurs par rapport aux opérations classiques de fabrication serait les dimensions et les masses qui sont déplacées ici. Déjà les produits semi-finis, comme les cylindres d'acier ou les cylindres d'acier et de béton présentent un poids considérable et, dans ce cas, une longueur totale d'environ 6 m. De ce fait, ils ne peuvent être manœuvrés que mécaniquement en toute sécurité. L'automatisation intelligente doit ici contribuer à ce que la sécurité du travail ne soit remise en question à aucune étape par la manipulation partiellement ou entièrement automatisée et que les dégâts soient évités sur les produits.

Le principal facteur à risque pour le matériau, c'est l'homme. La valeur de l'ébauche du tuyau augmente à chaque étape jusqu'à l'obtention d'un élément entièrement fini. Grâce à une disposition intelligente des différents processus et une série d'équipements de manutention automatisée, Schlüsselbauer a parfaitement tenu compte des exigences du fabricant. Pour la manutention des matières premières et des cylindres en acier, on utilise le pont roulant. Ici aussi, le travailleur a une grande responsabilité. L'équipement du moule pour recouvrir le cylindre en acier avec du béton, l'enlèvement du moule rempli et l'entreposage et le retrait dans les chambres de séchage sont également réalisés avec le pont roulant. La mise en place des cylindres d'acier sur l'embase inférieure se fait déjà de manière entièrement automatique. Pour effectuer les étapes suivantes de manière entièrement automatique et pour éviter des erreurs humaines, plusieurs manipulateurs automatiques ont été installés. Ceux-ci placent le cylindre d'acier revêtu en position pour l'envelopper avec du fil de tension, conduisent la pièce semi-finie pour l'enrobage extérieur (coating) avant de la transférer à l'aide de la grue automatique Transexact. Celle-ci transporte le tuyau fini dans la chambre de séchage et le place ensuite sur le convoyeur qui le transporte dans l'entrepôt extérieur. En outre, la grue automatique ouvre et ferme les couvercles des étuves.

En plus du partenaire technologique Schlüsselbauer, qui à côté de l'équipement de manutention complet, est également responsable de l'équipement de production et de contrôle des cylindres en acier, de l'enveloppement du fil de pré-tension, du revêtement ainsi que des installations pour la production de gros tuyaux et de composants de cadres, un certain nombre d'autres

fabricants d'équipements renommés sont aussi impliqués dans ce projet. Ainsi, Putzmeister a par exemple livré une pompe à béton pour la production locale de composants individuels ou en série tels que les éléments de séparation pour routes. Les machines utilisées pour la fabrication du coffrage des tuyaux de béton conventionnels ont été commandées à MBK Maschinenbau et la technique de malaxage et de transport de béton a été fournie par Skako. Outre les convoyeurs à bennes, trois mélangeurs ont été utilisés, chacun d'une capacité de 1,2 m³. Ils ont été utilisés pour toute la production de béton. Pour une utilisation idéale des halls de production spacieux, Demag a installé une série de ponts roulants de 5 à 50 tonnes.

En résumé, on pourrait avoir l'impression que le haut degré d'automatisation dans le traitement des produits répond uniquement aux exigences de sécurité et qu'on n'y a pas recours pour réduire les coûts, en particulier les coûts du personnel. À cet égard, il faut souligner qu'on ne prévoit pas un manque de personnel dans un avenir proche, notamment en raison d'un nombre élevé de travailleurs immigrés présents à Oman. Une production de ce type peut se faire malgré une pression des coûts si des dommages aux produits semi-finis ou aux produits finis arrivaient par une intervention manuelle. Un tuyau fait pour le rebut détruirait une source irremplaçable de revenus et causerait en outre des frais de recyclage. Cet aspect a également fait l'objet d'une grande attention lors du concept d'automatisation. Le résultat est une installation de production pour tuyaux pression en béton unique au monde de par sa forme et son efficacité.

La société Amiantit Oman a été fondée en 1974 et compte aujourd'hui parmi les plus grandes entreprises productrices du pays. Elle propose un large éventail de produits. Près de 900 personnes travaillent chez Amiantit Oman dont environ 80 chez Amiantit Oman Concrete Products LLC. La société est née d'une joint venture des plus grands groupes industriels du sultanat d'Oman : le groupe Omzest, le groupe Suhail Bahwan et le groupe Saud Bahwan. Le groupe Omzest comprend actuellement plus de 75 entreprises en propriété complète et partielle, près de deux tiers du chiffre d'affaires est réalisé dans les sociétés de production. Le groupe Suhail Bahwan Group compte plus de 40 entreprises et le groupe Saud Bahwan commercialise entre autres des produits pour de nombreux fabricants automobiles connus comme Ford,



La grue automatique Transexact de Schlüsselbauer apporte les produits finis dans les étuves et ensuite sur le convoyeur. Elle assure également l'ouverture et la fermeture des couvercles des étuves.

Toyota ou MAN. Outre la palette de produits d'Amiantit Oman, qui est avant tout destinée au secteur de la construction, le groupement de sociétés propose aussi les prestations les plus diverses de sorte que presque toute la population du pays est intégrée dans le processus de création de valeur.

AUTRES INFORMATIONS

SCHLUSSELBAUER 

SCHLUSSELBAUER TECHNOLOGY GmbH & Co KG
Hörbach 4
4673 Gaspoltshofen, Autriche
T +43 7735 7144 0
F +43 7735 7144 56
sbm@sbm.at
www.sbm.at
www.perfectsystem.eu