

Composite Reinforcing Bars for Future Infrastructure

GFRP increases durability of reinforced concrete to meet demands as traffic, urbanization, and extreme weather increase

by Ginger Gardiner



Worldwide, concrete structures are under attack like never before. Not only has traffic increased on roads, bridges, and overpasses, but climate change has increased extreme weather events, including violent storms and torrential rains that result in flash floods and other destructive events. Under such stress, concrete can crack. This allows rapid deterioration in aggressive environments through exposure to elements such as saltwater, which is corrosive to steel reinforcement.

“Cracks create paths for the agents of the aggressive environments to reach the reinforcing and/or prestressing steel

and begin the corrosive oxidation process,” explains the Florida Department of Transportation (FDOT) structures innovation website. “An innovative approach to combat this major issue is to replace traditional steel bar and strand reinforcement with fiber-reinforced polymer (FRP).” FDOT has been a leader in FRP reinforcing bar use and testing, as well as the development of design and use standards, like those issued by the American Concrete Institute. Although composite reinforcing bar is primarily made with glass fiber (glass fiber-reinforced polymer [GFRP]), products have also been developed using basalt (basalt fiber-reinforced polymer [BFRP]) or carbon fiber (carbon fiber-reinforced polymer [CFRP]).

“With a long and costly history of corrosion worldwide, steel is no longer viewed as a cost-effective option in aggressive environments,” says Nick Crofts, CEO of GFRP reinforcing bar manufacturer Mateenbar, based in Dubai, United Arab Emirates (UAE), and Concord, NC, USA. Mateenbar is

Reprinted courtesy of *CompositesWorld*. Originally published at www.compositesworld.com/articles/composite-rebar-for-future-infrastructure-. Photos are reprinted courtesy of Mateenbar and Pultron Composites.

the lead supplier for the largest GFRP reinforcing bar project in the world. This project is the 23 km (14 mile) long and up to 80 m (262 ft) wide flood mitigation channel in Jizan, Saudi Arabia. Although GFRP reinforcing bar has been around for 30 to 40 years, says Crofts, key projects like the Jizan Flood Channel are now propelling it into mainstream infrastructure. This growth is already justifying Mateenbar's new factories in Saudi Arabia and the United States.

Pioneering GFRP Reinforcing Bar Technology

Mateenbar GFRP reinforcing bar was developed by Pultron Composites of Gisborne, New Zealand, a pioneer and specialist in pultrusion technology and product innovation. Mateenbar addresses the unique challenges of the reinforcing bar market, which not only demands high volume and low prices but also requires the product to be specified by project architects and/or engineers. Thus, Mateenbar's first factory in 2008 was built close to potential customers and project engineering firms in Dubai, UAE, a region known for large infrastructure projects and pioneering use of composites in construction. Pultron remains a strategic partner to Mateenbar and a key supplier of bespoke technology and product development.

Mateenbar's factory uses Pultron's advanced technology to produce very consistent pultruded reinforcing bar at high throughput without volatile organic compound (VOC) emissions. "We inject resin and cure inside the engineered steel pultrusion die," says Crofts.

"This rebar is an engineered product with dimensional performance better than $\pm 1\%$," he adds. "There is no excuse to see resin on the floor or dust in the air. The fiber used is corrosion-resistant ECR glass from Owens Corning and the resin is our own variant of an epoxy backbone vinyl ester. It maximizes toughness, strength, and durability, and is far superior to a polyester backbone with epoxy terminations."

The pultruded round rods are then machined to create a spiral profile that enables load-bearing adhesion inside the concrete. "That is also a closed operation," Crofts points out, "using machining booths equipped with air filtration systems by Donaldson of Bloomington, MN, USA. We then apply a resin film on the outside to improve handling." Mateenbar's reinforcing bar is produced in lengths of up to 80 ft (24 m), cut to length as required. "It is typical to see 40 ft (12 m)

lengths for most infrastructure and construction projects," says Crofts.

"Our average straight rebar is 0.75 in. (19 mm) in diameter, with a tensile modulus of 8700 ksi (60 GPa) made from 11,600 ksi (80 GPa) glass fiber; thus, the fiber content is very high—more than 80% by weight. There is no way to bend this, so our bent GFRP rebar is made using a different process and resin, with proprietary technology."

World's Largest GFRP Reinforcing Bar Project

Jizan (also spelled Jazan) is the capital of the Jizan Region, which lies in the southwest corner of Saudi Arabia, north of the border with Yemen. Disastrous flash flooding occurs during periodic heavy rains due to runoff from nearby mountains. The 23 km long reinforced concrete stormwater drainage channel was built to protect a large industrial zone that includes an oil refinery for Saudi Aramco in Dhahran, Saudi Arabia.

Until the COVID-19 pandemic, Saudi Aramco was the world's largest company in terms of revenue. It handles all of the kingdom's oil and derivative products business and also accounts for 10% of all construction in Saudi Arabia. "Saudi Aramco realized that a huge percentage of its annual budget was spent replacing concrete structures," says Crofts. "The high salinity in the region's sand and high delta in temperature from day to night causes faster cracking in the concrete. Saudi Aramco began looking for alternative technologies, and, as members of ACI, they took their strategy from the FRP reinforcing bar standards developed, further adapting and refining them as Saudi Aramco standards. The company then mandated use of GFRP reinforcing bar in certain high-corrosion environments."

Saudi Aramco asked for tenders for the Jizan flood channel project and then selected three GFRP reinforcing bar suppliers. Mateenbar was awarded 50% of the contract. "We waited for several months while the project geared up," Crofts recalls, "and then, suddenly, all of the materials were needed immediately. The Dubai factory went to being flat out within the space of a week and produced almost 6000 km (3730 miles) of GFRP rebar over 7 months."

Once delivered, the reinforcing bar was installed by the project's contractor, Al Yamama Group of Dammam, Saudi Arabia. "We thought we would need to provide a lot of assistance during installation, but it wasn't necessary," says Crofts. "They found it much faster to install than steel rebar." With a weight 25% that of steel reinforcing bar, GFRP reinforcing bar enables handling of longer lengths with fewer people and is easier to move and position. "There are also fewer positioning pipes required," he adds. "These round sections of pipe are used to support the rebar at the right height position within the concrete."

After the reinforcing bar is placed, tied together with stainless steel wires, and inspected, it is ready for concrete to be placed. The reinforcing bar installation team moved so quickly, notes Crofts, they were a kilometer down the 40 to

Errata for ACI Publications Available Online

Under the menu for "Publications" at www.concrete.org, document errata can be searched by document number or keywords.

Call ACI Customer Service at
+1.248.848.3700 for more information.

Manufacturing Steps



Step 1: Glass fiber is fed into the pultrusion die and injected with resin in a closed-molding process



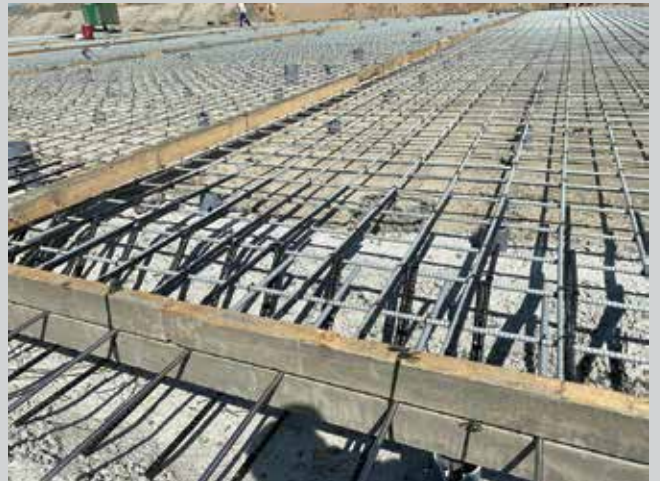
Step 2: The pultrusion process creates glass fiber/vinyl ester composite rods in up to 80 ft (24 m) lengths



Step 3: A spiral is machined into the rods to assist with adhesion in the concrete



Step 4: Straight and bent GFRP reinforcing bar is shipped to the construction site



Step 5: Bars are placed per design drawings, supported at the right height by sections of round pipe and held together with stainless steel ties



Step 6: Concrete is placed on top of the reinforcing bars, then tamped and consolidated



The finished reinforced concrete channel in Jizan will direct flood water away from roads and industrial production facilities (photo courtesy of Al Yamama Group)

80 m (131 to 262 ft) wide channel before they realized the concrete placing operations couldn't keep up. "So, they stopped and let the concrete catch up," he adds. "This is important because if heavy rains come, the flooding fills the channel with sand. This happened on a couple of occasions, causing delays, but also highlighting the importance of this drainage channel."

After placing the concrete, the installation team consolidates it, and then it cures over the following days and weeks. "There is no difference between GFRP and steel rebar for these steps," says Crofts.

Design, Cost, and GFRP Future

Crofts points out that GFRP reinforcing bar is not a direct replacement for steel. "GFRP rebar has different properties to that of steel rebar. These differences must be accommodated in the design. So whereas concrete reinforced with steel would typically be designed to ACI 318, this would not be suitable for GFRP reinforcing bar, which relies on the ACI 440.1R design guide instead. As an example, GFRP reinforcing bar has a higher tensile strength than steel but a lower tensile modulus. It is also elastic to the point of failure." Crofts notes that in a steel design, the quantity of reinforcing bar would typically be determined by the tensile strength. However, for GFRP, the modulus is typically the factor that determines the quantity of reinforcing bar required. Meeting this requirement typically results in a structure that will exceed the ultimate strength requirements. It also ensures a desirable failure mode in the GFRP reinforced structure.

Another consideration is the production of bends and shapes. Crofts notes the ratio of bent to straight reinforcing bar in projects is, on average, roughly 30%. With steel reinforcing bar, this fabrication is often completed on-site. "Mateenbar bent bars are produced in our controlled-environment factory and delivered directly to site without intermediate fabrication steps," he explains. "This can be a challenge from a supply point of view as needs change from

one week to the next. We have found that flexibility and having a factory located in the same region are very important."

"The cost of GFRP rebar is 3 to 4 times higher than steel if calculated in dollars per pound," says Crofts, "because our product is one-fourth the density. The appropriate measure is dollars per foot because rebar is actually specified and bought as a fraction of the concrete volume. When you measure its cost by volume, GFRP rebar is cost-competitive with steel."

"Jizan was the first mega-project not to allow steel," says Crofts. "They had a team to design the required structures with a service life of more than 100 years. Several GFRP rebar producers are looking to locate in Saudi Arabia now as demand grows." Mateenbar is also building a new factory there, as well as one in Concord, NC, to serve North America, which is the second-largest market after the Middle East. Both new factories are modern, 100,000 ft² (9300 m²) facilities, using Pultron's advanced pultrusion technology. For both, equipment was delivered in October 2020, and production is expected to begin by early 2021.

As demand for GFRP reinforcing bar ramps up in the Middle East, the market in North America continues to mature. "Currently, the largest GFRP rebar applications in North America are sea walls and bridges along the coast or where roads are heavily salted," says Crofts. "However, DOTs and asset owners are now looking to improve cost over the lifetime of structures, which includes reducing the need for maintenance and building infrastructure that is both long-lasting and sustainable. Consulting engineers and end-users are seeing the value of GFRP rebar technology and GFRP rebar producers are cooperating on quality and performance standards. There are also leading users, such as FDOT, who are promoting the technology and assisting other DOTs, which has helped to spread knowledge."

Crofts notes that FDOT recently hosted a webinar on GFRP-reinforced concrete design with 200 attendees. In another webinar, Antonio Nanni, FACI, one of the key researchers at the University of Miami working with FDOT, stated, "FRP rebar is ready for prime time." That has been proven, says Crofts: "The job now is for more companies to specify it and contractors to use it."

Selected for reader interest by the editors.

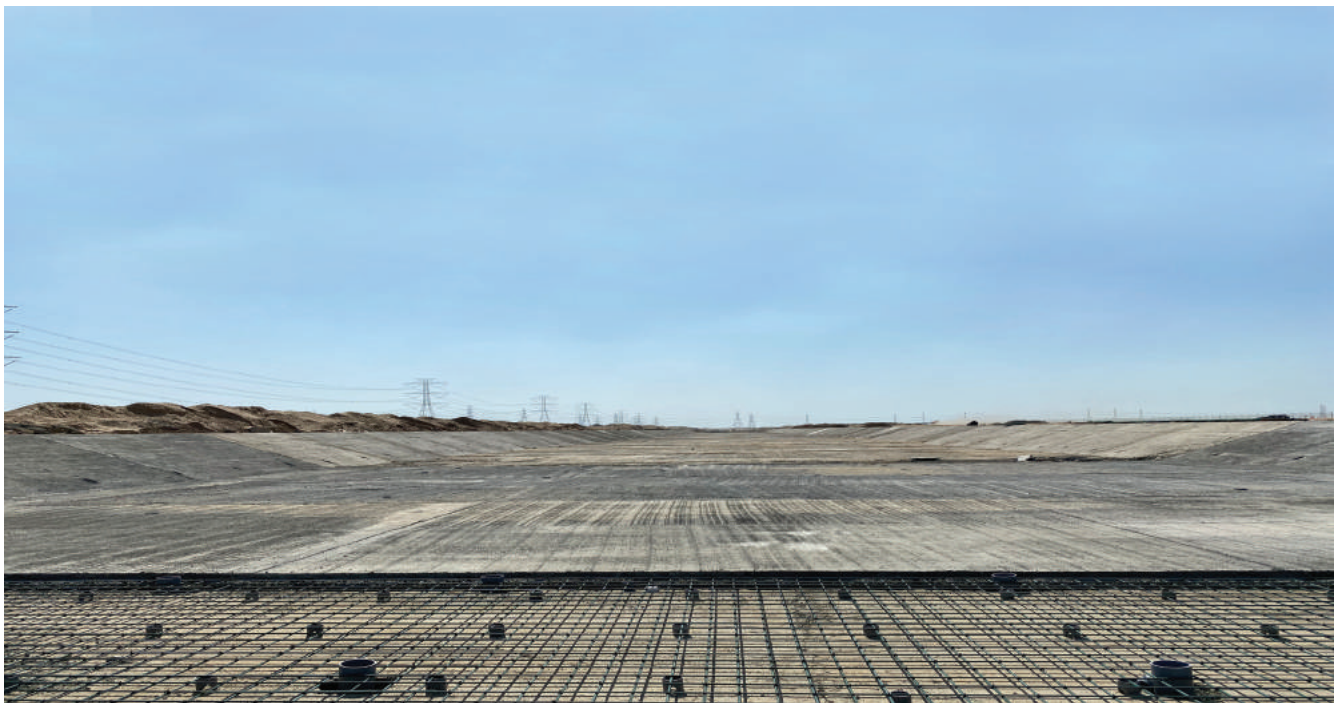


Ginger Gardiner, a Senior Editor at *CompositesWorld*, has an engineering/materials background and more than 20 years of experience in the composites industry. She received her degree in mechanical engineering from Rice University, Houston, TX, USA.

Barras de refuerzo compuestas para la infraestructura del futuro

Los GFRP incrementan la durabilidad del concreto reforzado para satisfacer las demandas del incremento del tráfico, de la urbanización y del clima extremo.

Por Ginger Gardiner



En todo el mundo, las estructuras de concreto están siendo atacadas como nunca. No solo ha aumentado el tráfico en carreteras, puentes y pasos elevados, sino que el cambio climático ha aumentado los eventos climáticos extremos, incluyendo tormentas violentas y lluvias torrenciales que provocan avenidas repentinas y otros eventos destructivos. Bajo estas sollicitaciones, el concreto puede fisurarse. Esto da lugar a un rápido deterioro en ambientes agresivos por exposición a elementos como el agua salada, la cual corroe el acero de refuerzo.

“Las fisuras crean vías para que los agentes de ambientes agresivos alcancen el acero de refuerzo y/o pretensado, y se inicie el proceso de corrosión por oxidación”, explica el sitio web de innovación de estructuras del Departamento De Transporte De La Florida (FDOT). “Un enfoque innovador para combatir este problema es reemplazar las tradicionales barras y cables de acero de refuerzo, por polímeros reforzados con fibras (FRP)”. El FDOT ha sido líder en el uso y el ensayo de barras de refuerzo de FRP, así como

Reimpreso por cortesía de CompositesWorld. Publicado originalmente en www.compositesworld.com/articles/composite-rebar-for-future-infrastructure-. Las fotografías son reimpresas por cortesía de Mateenbar and Pultron Composites.

en el desarrollo de normas de diseño y uso, como las publicadas por el Instituto Americano de Concreto (ACI). Aunque las barras de refuerzo compuestas se fabrican principalmente con fibra de vidrio (polímero reforzado con fibra de vidrio [GFRP]), también se han desarrollado usando fibra de basalto (polímero reforzado con fibra de basalto [BFRP]) o fibra de carbón (polímero reforzado con fibra de carbón [CFRP]). “Con un extenso y costoso historial de corrosión en todo el mundo, el acero ya no se considera una opción rentable en entornos agresivos” dice Nick Crofts, director general de Mateenbar, que es una fábrica de barras de refuerzo de GFRP con sede en Dubái, Emiratos Árabes Unidos (EAU), y Concord (Carolina del Norte). Mateenbar es el principal proveedor del mayor proyecto de barras de refuerzo de GFRP de todo el mundo. Este proyecto consiste en la construcción de un canal de mitigación de inundaciones de 23 km (14 millas) de longitud y hasta 80 m (262 pies) de ancho en Jizán, Arabia Saudita. Aunque las barras de refuerzo de GFRP existen desde hace 30 o 40 años, dice Crofts, proyectos claves como el canal de inundación de Jizán las están impulsando dentro de la infraestructura principal. Este crecimiento ya justifica las nuevas fábricas de Mateenbar en Arabia Saudita y los Estados Unidos.

Tecnología pionera de barras de refuerzo GFRP

La barra de refuerzo GFRP de Mateenbar fue desarrollada por Pultron Composites of Gisborne, Nueva Zelanda, un pionero y especialista en tecnología de pultrusión e innovación de productos. Mateenbar señala que existen desafíos únicos del mercado de barras de refuerzo, que no sólo exige altos volúmenes y bajos precios, sino que también requiere que el producto sea especificado por los arquitectos y/o ingenieros del proyecto. Así, la primera fábrica de Mateenbar en 2008 se construyó cerca de los clientes potenciales y las grandes firmas de ingeniería de Dubái, EAU, que es una región conocida por sus grandes proyectos de infraestructura y el uso pionero de materiales compuestos en construcción. Pultron continúa siendo un socio estratégico de Mateenbar y un proveedor clave de la tecnología y el desarrollo de productos.

La fábrica de Mateenbar utiliza la tecnología avanzada de Pultron para producir barras de refuerzo pultruidas muy consistentes con un alto rendimiento y sin emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV). “Inyectamos la resina y la curamos dentro de la matriz de pultrusión de acero”, dice Crofts. “Esta barra de refuerzo es un producto de ingeniería con un desempeño dimensional mejor que $\pm 1\%$ ”, añade. “No hay excusa para ver resina en el suelo o polvo en el aire. La fibra utilizada es vidrio ECR resistente a la corrosión de Owens Corning y la resina es una propia variante de un éster de vinilo con soporte epoxi. Esto maximiza la tenacidad, la resistencia y la durabilidad, y es muy superior a una cadena principal de poliéster con terminaciones epoxi”. Las barras redondas pultruidas se mecanizan para crear un perfil en espiral que permita la adherencia dentro del concreto. “También se trata de una operación cerrada”, señala Crofts, “en la que se utilizan cabinas de mecanizado equipadas con el sistema de filtración de aire suministrado por Donaldson, que se ubican en Bloomington, MN, USA. Luego aplicamos una película de resina en el exterior para mejorar su manipulación”. La barra de refuerzo de Mateenbar se produce en longitudes de hasta 24 m (80 pies), cortada en longitudes requeridas. “Es típico ver longitudes de 12 m (40 pies) para la mayoría de los proyectos de infraestructura y construcción”, dice Crofts. “Nuestra barra de refuerzo promedio es de 19 mm (0.75 pulgadas) de diámetro, con un módulo a tensión de 60 GPa (8700 ksi) hecha de fibra de vidrio con módulo de 80 GPa (11600 ksi); por tanto, el contenido de fibra es muy alto, de más del 80% en peso. No hay forma de doblarlas, por lo que nuestras barras de refuerzo de GFRP dobladas se fabrican con un proceso y una resina diferente, con una tecnología propia”.

El proyecto de barras de refuerzo de GFRP más grande del mundo

Jizán (también escrito Jazán) es la capital de la región de Jizán, que se encuentra en el extremo suroeste de Arabia Saudita, al norte de la frontera con Yemen. Durante las fuertes lluvias periódicas se producen inundaciones repentinas desastrosas debido a

la escorrentía de las montañas cercanas. El canal de drenaje de aguas pluviales de concreto reforzado de 23 km de longitud fue construido para proteger una gran zona industrial que incluye una refinería de petróleo de Saudi Aramco en Dhahran, Arabia Saudita. Hasta la pandemia de COVID-19, Saudi Aramco era la mayor empresa del mundo en términos de ingresos. Maneja todo el negocio del petróleo y sus productos derivados, así como también representa el 10% de toda la construcción en Arabia Saudita. “Saudi Aramco se enteró de que un enorme porcentaje de su presupuesto anual se empleaba en sustituir estructuras de concreto reforzado”, dice Crofts. “La alta salinidad de la arena de la región y la elevada variación de temperatura del día a la noche provocan una fisuración más rápida en el concreto. Saudi Aramco empezó a buscar tecnologías alternativas y, como miembros del ACI, ellos tomaron su estrategia de las normas existentes de barras de refuerzo FRP, adaptándolas y ajustándolas como normas de Saudi Aramco. La empresa entonces exigió el uso de barras de refuerzo GFRP en determinados ambientes de alta corrosión”. Saudi Aramco solicitó ofertas para el proyecto del canal de inundación de Jizán y seleccionó a tres proveedores de barras de refuerzo de GFRP. A Mateenbar se le adjudicó el 50% del contrato. “Esperamos varios meses mientras se preparaba el proyecto”, recuerda Crofts, “y luego, de repente, se necesitaron inmediatamente todos los materiales. La fábrica de Dubái paso a estar a pleno rendimiento en una semana y produjo casi 6000

km (3730 millas) de refuerzo de GFRP en 7 meses.” Una vez entregada, la barra de refuerzo era instalada por el contratista del proyecto, Al Yamama Group de Dammam, Arabia Saudita. “Pensábamos que dar una gran cantidad de soporte técnico durante la instalación, pero no fue necesario”, dice Crofts. “Les resulto mucho más rápido Con un peso del 25% de las barras de refuerzo de acero, la barra de refuerzo de GFRP puede ser manipulada en tramos más largos con menos personal y es más fácil de mover y posicionar. “También se necesitan menos tubos de posicionamiento,” añade. “Estas secciones de tubos redondos son utilizadas para sostener las barras de refuerzo a la altura correcta dentro del concreto.” Una vez colocada la barra de refuerzo, atada con alambres de acero inoxidable, esta se inspecciona, y todo está listo para el vaciado del concreto. El equipo de instalación de las barras de refuerzo trabajó tan rápido, que ya habían recorrido un kilómetro por el canal de 40 a 80 m (131 a 262 pies) de ancho antes de enterarse de que las operaciones de colocación del concreto no podían mantener su paso” agregó. “Esto es importante, porque si llueve mucho, la inundación llena el canal con arena. Esto ocurrió en un par de ocasiones, causando retrasos, pero también resaltando la importancia de este canal de drenaje. Después de colocar el concreto, el equipo de instalación lo consolida y luego se cura durante las siguientes semanas. “No hay diferencia entre las barras de refuerzo de GFRP y acero en estos pasos,” dice Crofts.



El canal de concreto reforzado terminado en Jizan dirigirá el agua de escorrentía lejos de las carreteras y las instalaciones de producción industrial (foto cortesía de Al Yamama Group)

Pasos de producción



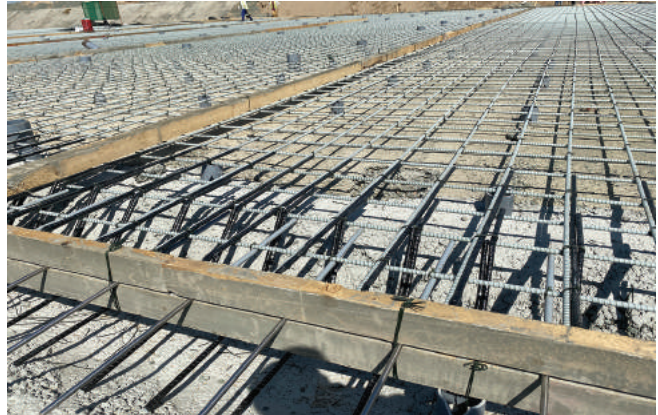
Paso 1: la fibra de vidrio se introduce en la matriz pultruida y se inyecta con resina en un proceso de moldeo cerrado.



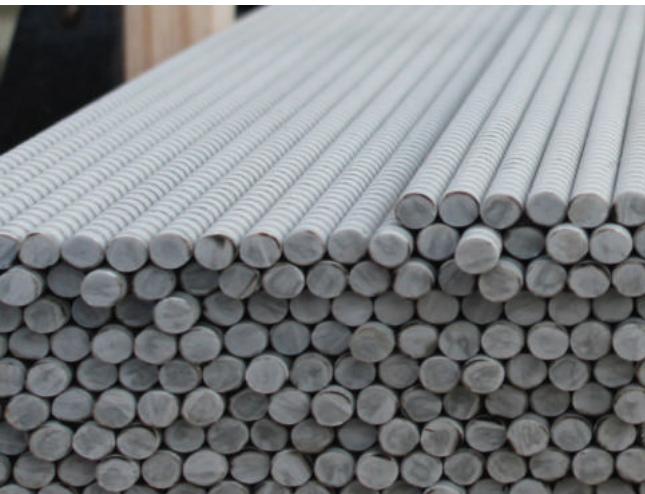
Paso 4: las barras de refuerzo rectas y dobladas se envían a obra



Paso 2: el proceso de pultrusión crea barras compuestas de fibra de vidrio/éster de vinilo en longitudes de hasta 24 m (80 pies).



Paso 5: las barras se colocan según los planos de diseño, apoyadas a la altura correcta por secciones de tubo circulares y sujetas con amarres de acero inoxidable



Paso 3: se maquina una espiral en las varillas para ayudar a la adhesión dentro del concreto



Paso 6: el concreto se coloca sobre las barras de refuerzo, se apisona y se consolida

Diseño, costos y futuro del GFRP

Crofts señala que la barra de refuerzo de GFRP no es un sustituto directo del acero. “Las barras de GFRP tienen propiedades diferentes que las barras de acero. Estas diferencias deben tenerse en cuenta en el diseño. Así, mientras que el concreto reforzado con acero se diseña de acuerdo con la norma ACI 318, esto no es adecuado para las barras de refuerzo de GFRP, que se basan en la guía de diseño ACI 440.1R. Por ejemplo, la barra de refuerzo de GFRP tiene una mayor resistencia a la tracción que el acero, pero un menor módulo a tensión. Además, es elástica hasta el punto de falla.” Señala Crofts que, en el diseño de acero, la cantidad de barras de refuerzo se determina normalmente por la resistencia a la tracción. Sin embargo, en el caso del GFRP, el módulo suele ser el factor que determina la cantidad de barras de refuerzo requeridas. El cumplimiento de este requisito suele dar lugar a una estructura que supera los requisitos de resistencia última. También garantiza un modo de fallo designado en la estructura reforzada con GFRP.

Otra consideración es la producción de dobleces y formas. Crofts señala que, en proyectos, la proporción de barras de refuerzo dobladas con respecto a las rectas es, en promedio, de aproximadamente el 30%. En el caso de las barras de refuerzo de acero, esta fabricación suele completarse in situ. “Las barras dobladas de Mateenbar se producen en nuestra fábrica de ambiente controlado y se entregan directamente en la obra sin pasos intermedios de fabricación”, explica. “Esto puede ser un reto desde el punto de vista del suministro, ya que las necesidades cambian de una semana a otra. Hemos comprobado que la flexibilidad y el hecho de tener una fábrica situada en la misma región son muy importantes”.

“El costo de las barras de refuerzo de GFRP es de 3 a 4 veces mayor que el del acero, si se calcula en dólares por libra”, dice Crofts, “porque nuestro producto tiene una cuarta parte de la densidad. La medida adecuada es el dólar por pie, porque las barras de refuerzo se especifican y se compran como una fracción del volumen del concreto. Cuando se mide su costo por volumen, las barras de refuerzo de GFRP son competitivas en costos con el acero”.

“Jizán fue el primer megaproyecto que no permitía el acero”, dice Crofts. “Tenían un equipo para diseñar las estructuras que requerían una vida útil de más de 100 años. Varios fabricantes de barras de refuerzo están buscando instalarse en Arabia Saudita a medida que crece la demanda”. Mateenbar también está construyendo una nueva fábrica allí, así como una en Concord, Carolina del Norte, para atender a Norteamérica, que es el segundo mayor mercado después de Oriente Medio. Ambas fábricas son modernas, de 9300 m² (100.000 pies²), que utilizan la avanzada tecnología de pultrusión de Pultron. Para ambas se entregó el equipo en octubre de 2020, y se espera que la producción comience a principios de 2021.

Mientras la demanda de barras de refuerzo de GFRP aumenta en Oriente Medio, el mercado de Norteamérica sigue madurando. “Actualmente, las mayores aplicaciones de barras de refuerzo de GFRP en Norte América son los muros marinos y los puentes a lo largo de la costa o donde las carreteras se encuentran en ambientes altamente salinos”, dice Crofts. “Sin embargo, los departamentos de transporte (DOT) y los propietarios de las estructuras, están revisando como reducir los costos a lo largo de la vida útil de las estructuras, lo que incluye reducir la necesidad de mantenimiento y la construcción de infraestructura duradera y sostenible. Los ingenieros consultores y los usuarios finales están viendo el valor de la tecnología de las barras de GFRP y los productores de barras de GFRP están cooperando en las normas de calidad y desempeño. También hay usuarios líderes, como el FDOT, que promueven la tecnología y ayudan a otros DOT, lo que ha ayudado a difundir el conocimiento”.

Crofts señala que el FDOT organizó recientemente un seminario web sobre el diseño de concreto reforzado con GFRP, que tuvo 200 asistentes. En otro seminario web, Antonio Nanni, FACI, uno de los principales investigadores de la Universidad de Miami que trabaja con el FDOT, declaró: “Las barras de refuerzo de FRP están listas para la hora estelar”. Esto se ha demostrado, dice Crofts: “El trabajo ahora es que más empresas las especifiquen y los contratistas las utilicen”.



Ginger Gardiner, redactora jefe de CompositesWorld, tiene formación en ingeniería/materiales y más de 20 años de experiencia en el sector de los materiales compuestos. Se graduó en ingeniería mecánica en la Universidad de Rice, Houston, TX, EE. UU

La traducción de este artículo correspondió a la Sección Colombia

Título: Barras de refuerzo compuestas para la infraestructura del futuro



Traductor: Dra. Nancy Torres Castellanos



Revisor Técnico: Dr. Fabián Lamus Báez

¿Cómo obtener una Certificación ACI?



Si usted es técnico, operario o inspector de construcción, obtener una Certificación oficial ACI le ofrece los conocimientos y prácticas que le permitirán construir las mejores estructuras de concreto del mundo. Si usted es propietario de una obra o quien especifica las características de las obras, sabe que muchos reglamentos requieren de personal certificado por ACI en las operaciones diarias. Para más información visite: concrete.org/certification.

Centros de ensayo y entrenamiento



El ACI hace equipo con organizaciones que persiguen fines similares en todo el mundo para entrenar a candidatos a certificación y aplicar los exámenes escritos y de desempeño.

Los capítulos del ACI de Latinoamérica tienen estas competencias y ofrecen los cursos y material necesario para que usted pueda obtener la certificación, además de tener la posibilidad de presentar con ellos los exámenes escritos y de desempeño con equipo e instalaciones adecuadas.

Acércate al Capítulo ACI de tu país para más información y conseguir las certificaciones que necesitas.