



INNOVATIONS FOR LIVING®

Guía de resistencia química de los refuerzos de fibra de vidrio

**Para la selección de refuerzos de fibra de vidrio en polímeros
reforzados con fibra (FRP) para ambientes corrosivos**



OCV® Reinforcements



OCV® Technical Fabrics



OCV® Non-Woven Technologies

Publicado en marzo de 2011

Para la última edición, visite el sitio web de vidrios Owens Corning Advantex®:
www.owenscorning.com/composites/aboutAdvantex.asp

Para obtener información adicional, recomendaciones o asistencia técnica, comuníquese con:

Continente americano

advantex.americas@owenscorning.com | 614.777.1384

Asia y el Pacífico

advantex.asiap@owenscorning.com | +66.81.940.2997

Europa

advantex.europe@owenscorning.com | +46.346.85807

AVISO LEGAL: La información y los datos aquí contenidos se ofrecen sólo como una guía para la selección de refuerzos. La información contenida en esta publicación se basa en datos reales de laboratorio y en la experiencia en pruebas de campo. Creemos que esta información es fiable, pero no garantizamos su aplicabilidad al proceso del usuario, ni asumimos ninguna responsabilidad u obligación que surja de su uso o rendimiento. El usuario acepta ser el responsable de probar completamente cualquier aplicación para determinar su adecuación antes de comprometerse con la producción. Es importante que el usuario determine las propiedades de sus propios compuestos comerciales cuando use éste o cualquier otro refuerzo. Debido a que numerosos factores afectan los resultados, no otorgamos garantía de ninguna clase, expresa o implícita, incluyendo aquellas de comerciabilidad y adecuación para un propósito particular. Las afirmaciones contenidas en esta publicación no deben ser interpretadas como representaciones o garantías, ni como incentivos para infringir alguna patente o violar algún código de seguridad legal o regulación de seguros. Owens Corning se reserva el derecho de modificar este documento sin aviso previo.

Prólogo:

Es un placer presentar esta primera guía de resistencia a la corrosión para fibras de vidrios, desarrollada para ayudar a que los usuarios finales, ingenieros y fabricantes seleccionen el refuerzo óptimo para usar en una aplicación de polímeros reforzados con fibra de vidrio (FRP) expuestos a ambientes corrosivos.



Los refuerzos de fibra de vidrio juegan un papel muy importante en el rendimiento de una aplicación FRP en ambientes corrosivos. Como consecuencia, la elección del refuerzo de vidrio es un factor clave para el rendimiento corrosivo y la reducción de fallos.

Owens Corning se encuentra en una posición única para presentar esta guía debido a nuestras capacidades en las ciencias de los materiales, corrosión y química del vidrio y superficies. Estas capacidades permitieron que Owens Corning inventara la mayoría de los tipos de fibra de vidrio que se usan en la actualidad en FRP. Ahora estamos proporcionando esta herramienta (basada en pruebas de laboratorios y ciencias y trabajo de campo) para ayudarle a encontrar un equilibrio entre costo y rendimiento en la selección de fibra de vidrio que presente mejor rendimiento en entornos corrosivos.

Con más de 50 años de experiencia de campo, el polímero reforzado con fibra (FRP) es una tecnología comprobada para evitar la corrosión. Los tanques y tuberías construidos con composites resistentes a la corrosión proporcionan consistentemente vida útil extendida por sobre los tanques y tuberías que están elaborados con metales, y los FRP ahora se usan de manera regular para reemplazar el costoso acero inoxidable y las aleaciones con alto contenido de níquel.

A partir de este éxito sin precedentes, se espera que los composites FRP tengan un mejor rendimiento en ambientes más hostiles. Existe una proliferación de aplicaciones donde se requieren propiedades anticorrosivas como equipos para el control de contaminación, minería, procesos químicos, plantas centrales eléctricas y una variedad de aplicaciones marítimas que incluyen instalaciones de energía mareomotriz.

Puede esperar actualizaciones de esta guía a medida que se desarrollen y analicen más datos y Owens Corning continúe con sus avances en ciencias de compuestos de FRP y transforme el mundo de los materiales con soluciones avanzadas.



Dr. Ashish Diwanji
Vicepresidente,
Grupo de innovación en composites

ÍNDICE

| | | |
|---|---|--------------|
| Prólogo del Dr. Ashish Diwanji – VP de innovaciones, Owens Corning | 3 | |
| Tipos de fibra de vidrio, Atributos, Comparación de precio y resistencia..... | | 5 |
| Rol de la fibra de vidrio en piezas de FRP | | 5 |
| Normas de la industria ASTM D 578 4.2.4 e ISO 2078; Recomendaciones del uso del tipo de vidrio en ambientes corrosivos | | 6 |
| ¿Por qué la selección del tipo de vidrio es tan importante en los ambientes corrosivos? | | 6 |
| Procesos de fabricación típicos donde se usan fibras de vidrio..... | | 7 |
| La solución anticorrosiva de Owens Corning: Elimine los riesgos... Coloque vidrio Advantex® | | 7 |
| Tipos de productos de vidrio Advantex® | | 8-9 |
| Cómo escribir una especificación para las estructuras de FRP usadas en ambientes corrosivos..... | | 10 |
| Formulario de recomendación de corrosión..... | | 11 |
| Descripción del uso de la guía de corrosión | | 12-13 |
| Resumen de resultados de pruebas y recomendaciones generales..... | | 14 |
| Guía de corrosión de fibra de vidrio Resultados de pruebas químicas..... | | 15-29 |
| Apéndice A: Descripción de los métodos de prueba..... | | 30-31 |

INTRODUCCIÓN

Seleccionar el tipo de fibra de vidrio apropiado (composición) es muy importante para proporcionar una vida útil más prolongada y reducir el riesgo de fallos en las aplicaciones de polímeros reforzados con fibra de vidrio (FRP). En este momento hay muchos tipos de refuerzos de fibra de vidrio en el mercado. Owens Corning proporciona esta herramienta para ayudarle a seleccionar la fibra de vidrio de mejor rendimiento para su uso en ambientes corrosivos considerando los costos y el rendimiento.

Desde el principio, Owens Corning ha sido el principal creador de innovaciones en fibra de vidrio del mercado. La siguiente tabla describe la evolución histórica de la composición de fibra de vidrio.

Los tipos de fibra de vidrio que se usan actualmente en composites incluyen

| Tipo de vidrio | Año de invención | Atributo clave | Resistencia | Precio | Inventor |
|------------------------------|------------------|---------------------------|-------------|--------|---------------------------|
| Vidrio A | 1938 | Aislamiento | Baja | \$ | Owens Corning |
| Vidrio E | 1939 | Grado eléctrico | Moderada | \$ | Owens Corning |
| Vidrio C | 1943 | Resistente a la corrosión | Baja | \$ | Owens Corning |
| Vidrio R | 1965 | Alta resistencia | Alta | \$\$ | Saint-Gobain ¹ |
| Vidrio S | 1965 | Alta resistencia | Muy alta | \$\$\$ | Owens Corning |
| Vidrio AR | 1974 | Resistente a alcalinidad | Baja | \$\$ | Owens Corning |
| Vidrio E-CR | 1980 | Resistente a la corrosión | Moderada | \$ | Owens Corning |
| Vidrio Advantex [®] | 1996 | Resistente a la corrosión | Moderada | \$ | Owens Corning |
| Vidrio H | 2004 | Alta rigidez | Moderada | \$\$ | Saint-Gobain ¹ |
| HPG ² | 2004 | Alta resistencia | Alta | \$\$ | Owens Corning |
| Fundición directa S | 2008 | Alta resistencia/rigidez | Muy alta | \$\$\$ | Owens Corning |

1 – Owens Corning adquirió las operaciones comerciales de refuerzos de fibra de vidrio y tejidos técnicos de Saint-Gobain en noviembre de 2007.

2 – HPG es un acrónimo para fibras de vidrio de alto rendimiento.

ROL DE LOS REFUERZOS DE FIBRA DE VIDRIO EN APLICACIONES DE FRP

- Proporciona la estructura mecánica (resistencia y rigidez) requerida en la aplicación de FRP
- El tipo de vidrio optimiza el rendimiento contra la corrosión

Una práctica generalizada es utilizar la fibra de vidrio en una barrera anticorrosiva y en la parte estructural. Para optimizar el diseño FRP y reducir el riesgo, se debe especificar el tipo de fibra de vidrio correcto.

NORMAS INDUSTRIALES PARA LA RECOMENDACIÓN DE TIPOS DE VIDRIO PARA FRP EN AMBIENTES CORROSIVOS

A. Designación ASTM

Norma de especificación D 578 para hebras de fibra de vidrio, sección 4.2.4: “Se usa la nomenclatura ‘Vidrio E-CR’ para composiciones de vidrio E modificadas y **libres de boro** para **resistencia anticorrosiva mejorada** para la mayoría de los ácidos.”

B. Norma internacional

ISO 2078 – Designación: Sección 4.1.1 Vidrio usado: “Una o varias letras para especificar el vidrio usado por el fabricante (ver tabla a la derecha).”

- El vidrio E es bueno para aplicaciones de “uso general” donde las condiciones ambientales no son una preocupación.
- El vidrio E-CR está diseñado para el uso en ambientes ácidos/corrosivos.

| Tipo | Indicaciones generales |
|------|---|
| E | Para uso general; buenas propiedades eléctricas |
| D | Buenas propiedades dieléctricas |
| A | Alto contenido alcalino |
| C | Resistencia química |
| S | Alta resistencia mecánica |
| R | Alta resistencia mecánica |
| AR | Resistente a alcalinidad |
| E-CR | Para uso en ambientes ácidos |

(Fuente: ISO 2078)

¿POR QUÉ LA SELECCIÓN DEL TIPO DE VIDRIO ES TAN IMPORTANTE EN LOS AMBIENTES CORROSIVOS?

Cuando un químico corrosivo entra en contacto con una fibra de vidrio, si se selecciona el tipo de fibra de vidrio equivocado, puede degradar la fibra y destruir la unión de resina, lo que significará una reducción importante en las propiedades estructurales. En un entorno corrosivo, los químicos gaseosos o líquidos pueden alcanzar las fibras de vidrio en la parte estructural de una aplicación de FRP completada y ocasionar fallas prematuras por múltiples motivos como:

- Escasa curación
- Difusión
- Osmosis
- Tensión aplicada
- Fragilidad
- Microagrietamiento
- Hinchazón
- Impacto
- Gradientes térmicos
- Gradientes de presión
- Tiempo

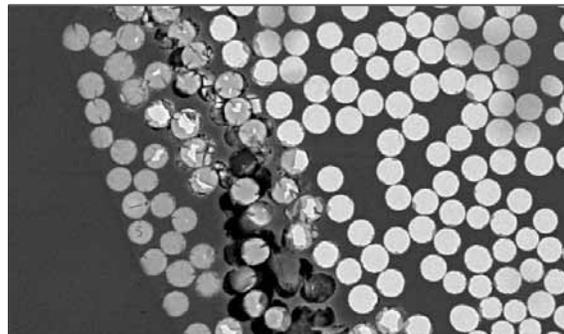


Figura 1 – Imagen microscópica de fibras de **vidrio E** por pultrusión atacadas en una varilla de FRP expuesta a ácido sulfúrico después de un mes. El ácido penetró el laminado de composite. Los círculos blancos son cada una de las fibras de vidrio E y el área oscura es resina. En un estudio similar usando vidrio Advantex®, el vidrio no se deterioró ante el ataque después de seis meses de exposición.

NOTA: Para obtener información detallada acerca de este asunto, visite nuestro sitio Web de Advantex® y descargue el artículo llamado “An Inside Look at Corrosion in Composite Laminates” [Una mirada detallada a la corrosión en laminados de composites] de Kevin Spoo, publicado en marzo de 2010. www.owenscorning.com/composites/aboutAdvantex.asp También consulte el libro llamado “Ageing of Composites” [Envejecimiento de composites] editado por Rod Martin, 2008, sección 17.4 – Types of degradation in fiber reinforced plastic [Tipos de degradación en plásticos reforzados con fibra].

PROCESOS DE FABRICACIÓN DONDE SE USAN FIBRAS DE VIDRIO

Fotografía: Strongwell Corporation



Varios tipos de productos de fibra de vidrio como tejidos, fibras tejidas, fieltros y velos se usan para construir piezas de FRP. La mayoría de las aplicaciones de FRP se usan en entornos corrosivos (tuberías, tanques, trabajos de ductos y revestimientos de pilares). Se elaboran usando el bobinado de filamentos y procesos de pultrusión y contienen entre 60% y 70% de refuerzos de fibra de vidrio por peso.

Seleccionar el producto de fibra de vidrio adecuado depende del proceso que se va a usar; las propiedades mecánicas requeridas, la elección de la resina y el ambiente químico al que estará expuesto. La fotografía muestra un proceso de pultrusión e ilustra el importante rol que la fibra de vidrio juega en la estructura.

SOLUCIÓN ANTICORROSIVA DE OWENS CORNING: ELIMINE LOS RIESGOS. COLOQUE VIDRIO ADVANTEX®

Descripción de los refuerzos de fibra de vidrio Advantex®

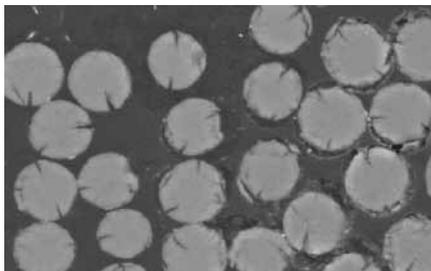
El vidrio Advantex® es una formulación de vidrio patentada **libre de boro** que es tanto un vidrio E-CR resistente a la corrosión y también un refuerzo de fibra de vidrio E que cumple con las normas ASTM D 578 4.2.4 y está desarrollado con los siguientes atributos:

- Propiedades mecánicas mejoradas en comparación a los vidrios E y E-CR estándar
- Resistencia a la corrosión mejorada en comparación al vidrio E estándar. El vidrio Advantex® cumple con las normas ASTM D 578 4.2.4 e ISO 2078.

Vidrio Advantex®: Rendimiento comprobado en ambientes corrosivos

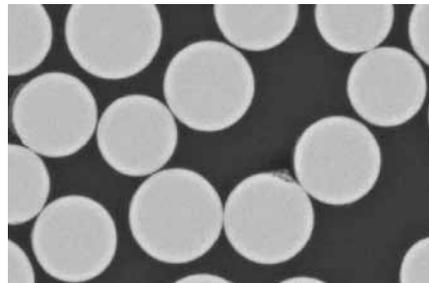
El rendimiento en entornos corrosivos depende del tipo de vidrio seleccionado. Las fotografías SEM (microscopio electrónico de barrido) que se muestran abajo muestran cómo las varillas de composite responden al 10% de ácido sulfúrico después de tres meses. Como se muestra, el vidrio E colapsa y se desune de la matriz de resina; por lo tanto, es un vidrio especificado incorrectamente para el uso en este ambiente corrosivo. En comparación, el vidrio Advantex® no muestra signos de deterioro y mantiene toda su resistencia.

Varilla de vidrio E de FRP



La varilla de vidrio E comienza a colapsar, con lixiviación y agrietamiento, lo que causa la desunión de la resina que puede producir una falla potencial de la aplicación.

Varilla Advantex® de FRP



El vidrio Advantex® continúa operando después de tres meses sin lixiviación, agrietamiento o debilitamiento. Mantiene su fortaleza en un entorno corrosivo.

OWENS CORNING OFRECE UNA LÍNEA COMPLETA DE PRODUCTOS DE REFUERZO DE FIBRA DE VIDRIO

Cuando una solución de FRP está seleccionada como el material de elección para un entorno corrosivo, Owens Corning ofrece todos los productos necesarios para proporcionar soluciones de alto rendimiento y larga duración. Consulte la información a continuación para obtener detalles acerca de nuestro rango completo de productos.

Producto ofrecido por tipo de refuerzo de vidrio

| Tipo de vidrio | Vidrio E | Vidrio C | Advantex® | Vidrio Cem-FIL® AR | Vidrio HPG ³ (S, H, R) |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------------|
| Atributo clave | Uso general | Resistente a la corrosión | Resistente a la corrosión | Resistente a la alcalinidad | Alta resistencia |
| Productos disponibles | Tejidos | Velo | Fibra continua directa | Fibra continua directa | Fibra continua directa |
| | Fibra montada ¹ | | Fibra montada | Velo ² | Tejidos |
| | Fibra continua directa ¹ | | Tejidos | Fibra montada | |
| | Hebras trituradas ¹ | | Velo CSM CFM Hebras trituradas Fibra molida | | |

1. No disponible en todas las regiones

2. Actualmente disponible sólo para aplicaciones especializadas

3. Fibras de vidrio de alto rendimiento

PRODUCTOS HECHOS CON VIDRIO ADVANTEX® Y SU FUNCIÓN

Fibra de vidrio continua Advantex®/Fibra simple/Fibra T30®

La fibra de vidrio continua directa proporciona resistencia en la mayoría de las aplicaciones de FRP en filamentos bobinados y procesos de pultrusión para aplicaciones como tuberías, tanques, vigas estructurales en doble T, soporte, rejillas y otras aplicaciones expuestas a la corrosión. Al especificar el vidrio Advantex® se reduce el riesgo de fallos estructurales debido a su estabilidad en entornos corrosivos.

Fibra de vidrio montada Advantex®/Fibras de vidrio múltiples

Las fibras montadas pueden triturarse y usarse en la barrera anticorrosiva en lugar de un fieltro de hebras trituradas. También pueden usarse en procesos de rociado para moldear ciertos laminados que se usan en ambientes corrosivos.

Fieltro de hebras de vidrio triturado Advantex® (CSM)

El CSM a menudo se usa como parte de la barrera anticorrosiva en las aplicaciones de FRP. El CSM proporciona la resistencia requerida para un rendimiento extraordinario en una variedad de aplicaciones de moldeo manual.

Fieltro de filamentos continuos de fibra de vidrio Advantex® (CFM) – Fieltro Unifilo®

El fieltro de filamentos continuos que se usa en procesos de pultrusión proporciona resistencia transversal con propiedades mecánicas altas necesarias para resistir ambientes corrosivos.

Velo de vidrio Advantex®, vidrio C y vidrio AR*

Los velos no tejidos fortalecen la barrera anticorrosiva rica en resina en muchas aplicaciones y crean una unión resistente al laminado subyacente. Los velos de revestimiento también aíslan las fibras estructurales de la exposición a abrasión y corrosión, contribuyendo a la integridad estructural de todo el composite. El vidrio de velo correspondiente debe seleccionarse según el tipo de ambiente corrosivo.

*Actualmente disponible para ciertas aplicaciones.



Tejidos técnicos de vidrio Advantex®

Los tejidos técnicos OCV™ proporcionan tejidos de alta calidad diseñados para cumplir sus requisitos de rendimiento en ambientes corrosivos. Cuando se necesitan fibras tejidas, multiteje, unidireccionales o combinadas, los tejidos técnicos OCV™ pueden proporcionarle la solución en vidrio Advantex®. Owens Corning fabrica tejidos usando muchos tipos de vidrio como materia prima. Si la aplicación es para un entorno corrosivo, especifique las fibras de vidrio Advantex® como la materia prima.

Refuerzos de fibra de vidrio de alto rendimiento de Owens Corning (S, H, R)

La plataforma de refuerzo de alto rendimiento de OCV™ presenta productos de refuerzo de alta resistencia ShieldStrand®, XStrand®, FliteStrand® y WindStrand® para el mercado industrial, balístico, aeroespacial y de energía eólica. Estos productos proporcionan resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas superiores y deben considerarse para aplicaciones de FRP expuestos a condiciones de altas exigencias. Comuníquese con Owens Corning para obtener información adicional seleccionando la dirección de correo electrónico o número de teléfono correspondiente.

Refuerzos de fibra de vidrio Cem-FIL® AR de Owens Corning

Las fibras de vidrio Cem-FIL® resistentes a la alcalinidad (AR) están en uso desde hace más de 40 años en más de 100 países para crear algunos de los más impactantes desarrollos arquitectónicos ofreciendo resistencia y rendimiento duraderos en una variada gama de aplicaciones en base a cemento y mortero. El vidrio Cem-FIL® AR proporciona resistencia superior a la corrosión de ciertos químicos y ambientes altamente alcalinos. Comuníquese con Owens Corning para obtener información adicional seleccionando la dirección de correo electrónico o número de teléfono correspondiente.

NOTA: Comuníquese con Owens Corning para obtener información adicional seleccionando la dirección de correo electrónico apropiada o el número de teléfono de su región.

Continente americano

advantex.americas@owenscorning.com

614.777.1384

Asia y el Pacífico

advantex.asiap@owenscorning.com

+66.81.940.2997

Europa

advantex.europe@owenscorning.com

+46.346.85807

CÓMO ESCRIBIR UNA ESPECIFICACIÓN PARA LAS ESTRUCTURAS DE FRP USADAS EN AMBIENTES CORROSIVOS

Cuando usa refuerzos de fibra de vidrio es necesario que especifique las fibras de vidrio apropiadas para la **parte estructural** y la **barrera de corrosión**.

Sección estructural de una aplicación de FRP

La parte estructural proporciona la mayoría de los elementos mecánicos (resistencia y rigidez) de una pieza de FRP. Los resultados de las pruebas químicas de esta guía indican que el vidrio Advantex® muestra el más alto rendimiento general y por lo tanto está recomendado para la especificación en las partes estructurales. Esto es un ejemplo de una especificación que se puede usar para una parte estructural.

“Los refuerzos de fibra de vidrio deben ser de vidrio Advantex® o equivalente que cumpla con la norma ASTM D 578-00, sección 4.2.4. Este vidrio tendrá un aglutinante compatible con la resina especificada.”

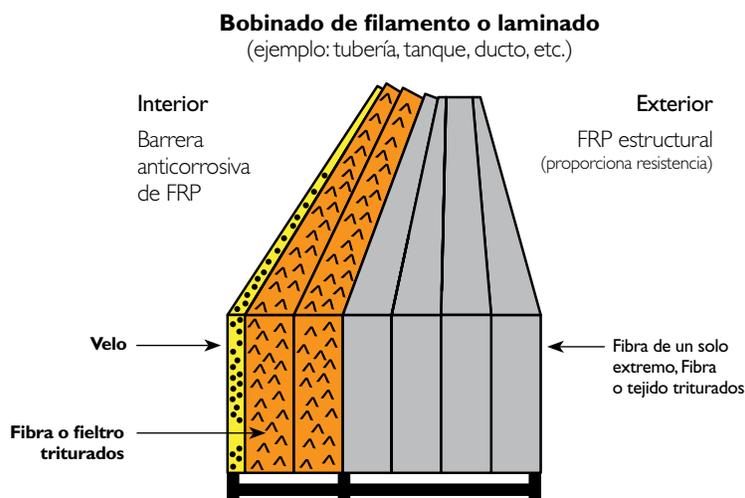
Barrera anticorrosiva para una aplicación de FRP

La barrera anticorrosiva normalmente no suministra resistencia estructural y se usa para ayudar a disminuir la difusión de medios corrosivos a través del laminado. Esta sección del laminado de FRP normalmente está compuesta de un velo de superficie interna y el resto consiste de un fieltro (hecho de un fieltro de hebras trituradas o de fibra triturada). Es importante especificar el velo apropiado, independiente de la especificación del fieltro para asegurar el nivel más alto de resistencia a la corrosión. La ilustración muestra un ejemplo de una pieza de FRP que presenta la barrera anticorrosiva y la parte estructural.

La parte del velo es la superficie interna de la barrera anticorrosiva y puede requerir otro material como vidrio, carbono o poliéster; según el ambiente químico corrosivo. Cuando seleccione un velo de vidrio, use esta guía para identificar el tipo de vidrio apropiado para el entorno químico específico o comuníquese con Owens Corning para obtener una recomendación.

Cuando la sección de un fieltro también está incluida en el diseño de una barrera anticorrosiva en base a los resultados que se encuentran en esta guía, es probable que el vidrio Advantex® sea el refuerzo especificado. La especificación que se muestra abajo se puede usar para el segmento de la barrera anticorrosiva.

“Los refuerzos de fibra de vidrio deben ser de vidrio Advantex® o equivalente que cumpla con la norma ASTM D 578-00, sección 4.2.4. Este vidrio tendrá un aglutinante compatible con la resina especificada.”





FORMULARIO DE SOLICITUD DE ESPECIFICACIÓN DE TIPO DE FIBRA DE VIDRIO DE OWENS CORNING

Si tiene preguntas que no se responden en esta guía, o si desea recibir una recomendación acerca del tipo de vidrio que debe usar en una situación específica, puede comunicarse con Owens Corning de dos maneras:

1. Complete y envíe el formulario por internet:
www.owenscorning.com/composites/aboutAdvantex.asp
2. Haga una copia de este formulario y envíelo usando el número de fax regional correspondiente de la lista que aparece abajo.

Envíe por fax el formulario completo

Fax – Continente americano: 1.740.321.4607

Nombre del proyecto: _____

Fax – Europa, Medio Oriente y África: +46.346.83733

Fax – Asia y el Pacífico: +66.2.745.6961

Fecha: _____

Información de contacto

Compañía: _____ País: _____

Nombre: _____

Dirección de e-mail: _____ Teléfono: _____

Información de la pieza de FRP

Tipo de pieza (tanque, tubería, depurador, ducto, etc.): _____

Dimensiones: _____ Capacidad: _____

Industria (minería, química, eléctrica, etc.): _____

Condiciones de funcionamiento:

Tipo de químico o ambiente

Concentraciones normales

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

pH: Típico: _____ Mínimo: _____ Máximo: _____

DESCRIPCIÓN DE LA GUÍA

La sección final de esta guía lo ayudará a identificar el mejor tipo de fibra de vidrio para especificar en varios entornos corrosivos según las pruebas de laboratorio, mostrando el impacto que varios químicos tienen sobre distintos tipos de fibra de vidrio.

Según el químico, la guía proporciona un análisis simple de pérdida de peso del vidrio esencial expuesto a determinadas soluciones químicas. La prueba del vidrio esencial requiere mayor explicación. En estas situaciones proporcionaremos información de respaldo para la selección del tipo de fibra de vidrio con mejor rendimiento.

Owens Corning intenta actualizar esta guía a medida que continuamos probando otros químicos y efectos sobre los refuerzos de fibra de vidrio. Visite la página de internet de vidrio Advantex® para ver nuevas versiones y obtener información adicional. www.owenscorning.com/composites/aboutAdvantex.asp

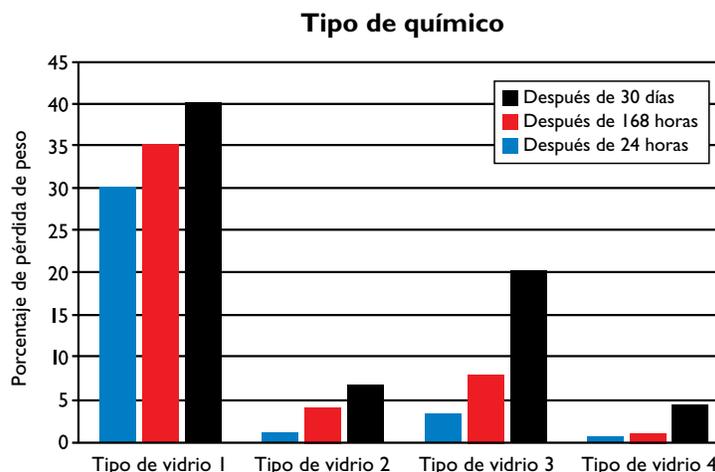
MÉTODOS DE PRUEBA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Owens Corning usa varios métodos de prueba para determinar de qué manera se desempeñan varias formas de fibra de vidrio en entornos corrosivos. Estos métodos incluyen:

I. Prueba de pérdida de peso del vidrio esencial

Esta es una prueba que compara la resistencia a la corrosión de diferentes tipos de vidrio en un medio corrosivo. El eje Y muestra el porcentaje de elementos en lixiviación de la fibra de vidrio. Una barra más alta indica una mayor cantidad de pérdida de peso y es un indicador negativo. Una barra más corta indica una mejor resistencia a la corrosión. El eje X enumera varios tipos de composiciones de fibra de vidrio.

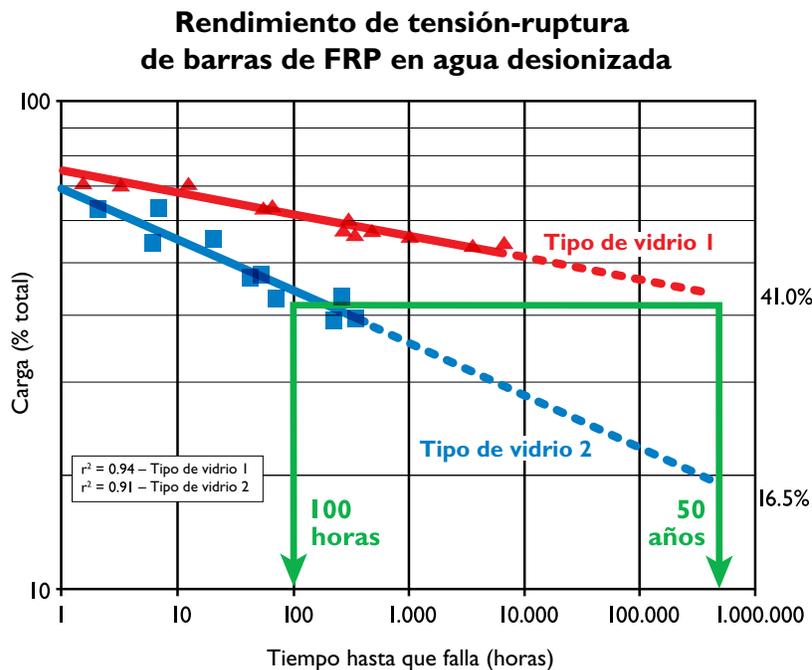
Hay múltiples barras que se muestran encima de las composiciones de vidrio y se refieren al tiempo en el que el vidrio estuvo expuesto al medio químico. Se muestran varias duraciones de tiempo porque la tasa de corrosión entre las composiciones de vidrio es ampliamente diferente en ciertos tipos de medios corrosivos. Aunque la prueba de pérdida de peso es rápida, en ciertas circunstancias es posible subestimar las diferencias entre tipos de fibra de vidrio debido a la formación de sales insolubles o a la resedimentación en las fibras de vidrio. Esto se ve en fibras de vidrio con alta lixiviación que parecen no perder tanto peso como el que realmente se lixivió de la fibra. En situaciones reales, el volumen del medio corrosivo es mucho más grande en comparación a la cantidad de vidrio. Por lo tanto, hemos incluido en este documento otras técnicas/análisis en profundidad para evaluar el impacto de la corrosión.



2. Prueba de corrosión bajo tensión y ruptura por tensión en varillas de FRP

La prueba de corrosión de ruptura por tensión es la que más cerca está a incorporar varios de los problemas (tensión y corrosión) a los que se expone una estructura. En base a ASTM D2992 y ASTM D3681, este método demandante de tiempo y costoso es realmente la “regla de oro” para comprender cómo los diferentes tipos de vidrios se desempeñan en un medio corrosivo independiente del tipo de resina o de la construcción del composite. Los niveles de tensión, ya sean en porcentajes de tensión máxima o absoluta en MPa, están representados en el eje Y de un gráfico bidimensional. El eje X representa el tiempo de exposición en horas. La varilla de fibra de vidrio con FRP con la caída más plana es la menos afectada por el medio corrosivo.

Para comparar fácilmente las diferencias entre los tipos de vidrio, busque la intercepción de Y en 50 años en la línea más plana y siga el nivel de tensión (por ejemplo, 41.0%) retrocediendo de manera horizontal hasta la línea que representa otros tipos de vidrio en el gráfico. Cuando el nivel de tensión (41.0% en el eje Y) intercepta la otra línea (100 horas), se estima la longitud del tiempo (leer en el eje X) que la estructura de FRP puede resistir el 41.0% de tensión. En este ejemplo, el tipo de vidrio 1 puede mantener el 41% de su tensión total original por 50 años, mientras que el tipo de vidrio 2 se degradó a ese nivel en 100 horas.



3. Microscopio electrónico de barrido (SEM)

El SEM permite ver en escala microscópica lo que le sucede al FRP, incluyendo la fibra de vidrio. Aquí vemos los efectos como la resedimentación, corrosión por picadura, agrietamiento, crecimiento de cristales o lixiviación cuando se combinan con rayos X por energía dispersiva. SEM se usa cuando surgen inconsistencias entre los gráficos de pérdida de peso y la literatura anteriormente publicada, el rendimiento en medios corrosivos pero no idénticos o en experiencias en el mundo real. El SEM nos ayuda a comprender mejor por qué las diferencias pueden existir o no.

Para obtener una descripción más detallada acerca de cada método, consulte el **Apéndice A** de esta guía.

RESUMEN DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES GENERALES

Debajo se encuentra un resumen que muestra qué tipos de fibras de vidrio presentan mejores resultados en las categorías químicas generales. Los detalles de rendimiento para los resultados específicos de las pruebas químicas se proporcionan en la siguiente sección. Los tipos de vidrio probados incluyen: vidrio E, vidrio C, vidrio Advantex® y vidrio AR. Las piezas de FRP (como tanques, tuberías, etc.) expuestas a un ambiente corrosivo generalmente tienen una barrera anticorrosiva y una parte estructural. Si se selecciona el vidrio como refuerzo para la barrera anticorrosiva o para la parte estructural, este resumen muestra qué tipo de fibra de vidrio es la que mejor se adapta a cada área.

Resumen de la guía de refuerzos de fibra de vidrio con mejor rendimiento por ambiente corrosivo

| Sección de laminado de composite | Ácidos minerales | Ácidos orgánicos | Agua desionizada | Alcalino | Sales |
|---|--|--------------------|------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Barrera anticorrosiva Velo de superficie interna recomendado* | Vidrio AR o vidrio C | Advantex® | Advantex® | Vidrio AR o Advantex® | Vidrio AR o Advantex® |
| Barrera anticorrosiva Fieltro/ parte triturada recomendados** | Advantex® | Advantex® | Advantex® | Advantex® | Advantex® |
| Parte estructural Tipo de fibra de vidrio recomendado | Advantex® | Advantex® | Advantex® | Advantex® | Advantex® |
| Químicos probados | Sulfúrico Clorhídrico Nítrico Fosfórico Agua regia | Acético Cítrico | Agua desionizada Agua corriente | Hidróxido de amonio Hidróxido de sodio Clorito de sodio Hipoclorito de sodio | Cloruro de sodio Cloruro de hierro |

* Cuando la fibra de vidrio es el material seleccionado como producto de velo. Asegúrese de buscar el tipo de vidrio especificado en páginas químicas individuales.

** Cuando la fibra de vidrio es el material seleccionado como el producto de fieltro de fibras trituradas o el producto de fibras montadas trituradas.

NOTA: El vidrio AR (vidrio Cem-FIL®) sólo está disponible en ciertos tipos de velo para aplicaciones especiales.

Para obtener información adicional, recomendaciones o asistencia técnica, comuníquese con:

Continente americano

advantex.americas@owenscorning.com | 614.777.1384

Asia y el Pacífico

advantex.asiap@owenscorning.com | +66.81.940.2997

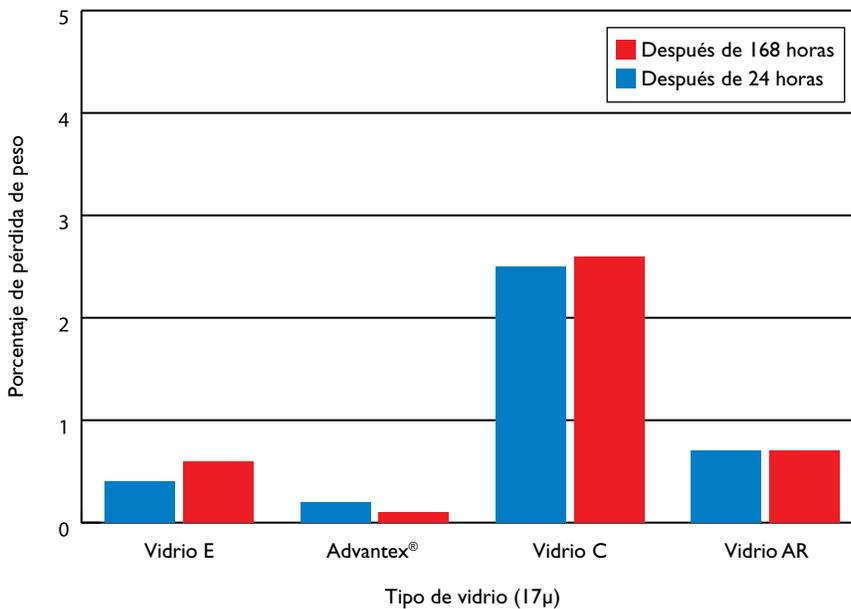
Europa

advantex.europe@owenscorning.com | +46.346.85807

Prueba de pérdida de peso del vidrio esencial: La prueba de pérdida de peso en ácido acético parece ser mínima pero estas cifras son engañosas. Después de más investigación, concluimos que el vidrio Advantex® tuvo mejor rendimiento global y sería la mejor elección para toda la barrera anticorrosiva (como velo y fieltro) al igual que la parte estructural de una pieza de FRP para asegurarse el más alto rendimiento.

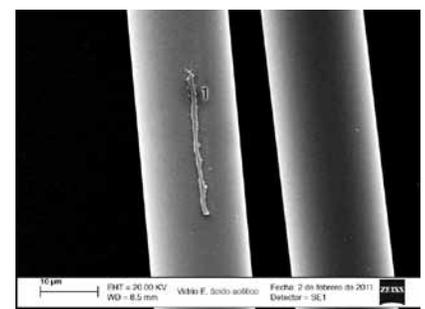
Las fotos de SEM del vidrio E de abajo muestran fibras de vidrio relativamente no afectadas. Sin embargo, un análisis EDX (rayos x por energía dispersiva) de las superficies de todas las fibras muestra un revestimiento muy uniforme de carbono con contenidos de sales de varios elementos lixiviados del vidrio. Este revestimiento aparece en todas las fibras y agrega peso a la fibra. El peso perdido de los elementos lixiviados en el vidrio excede la ganancia de peso del revestimiento orgánico, lo que genera una pérdida de peso neta para todas las fibras, con el vidrio C mayormente afectado. Aunque el rendimiento relativo de las fibras de vidrio en este estudio es probablemente un indicio de su rendimiento relativo, en el gráfico no debe interpretarse que el ácido acético ataque débilmente a la fibra.

80% de ácido acético a 50°C



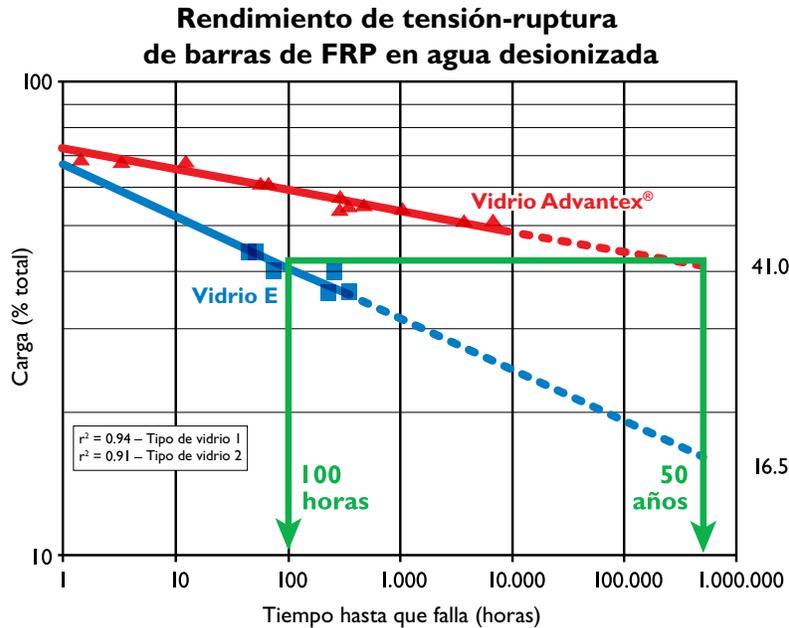
Fotografías de microscopio electrónico de barrido (SEM) del vidrio E:

La foto del vidrio E muestra el área donde dos fibras están en contacto una con otra (Área I en la fotografía SEM) y el lixiviado se acumula entre ellas. Este peso agregado de revestimiento y lixiviado sobre estas fibras hace que la prueba de pérdida de peso de vidrio esencial parezca menos nociva de lo que realmente es.

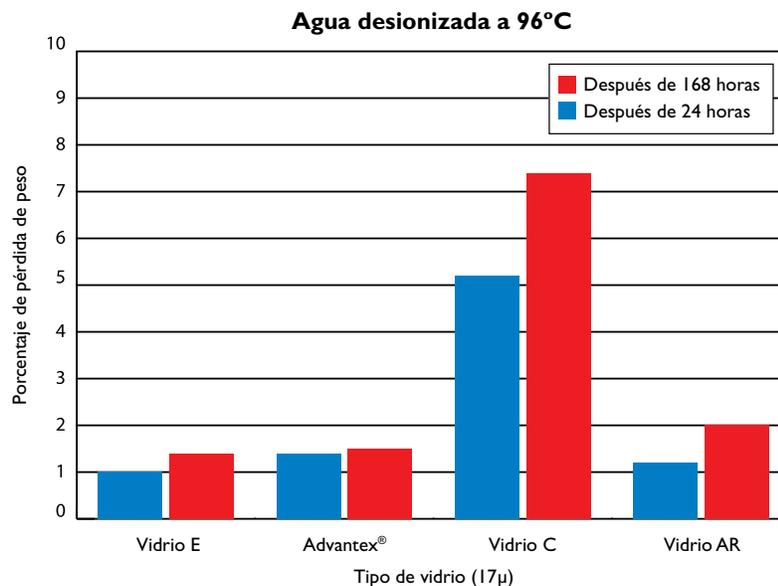


La fotografía SEM del vidrio E muestra la acumulación de lixiviado en la fibra de vidrio.

Prueba de tensión-corrosión: La prueba de tensión-corrosión a largo plazo en varillas de composite muestra que el vidrio Advantex® presenta mayor durabilidad que el vidrio E en agua desionizada a 25°C. El vidrio Advantex® conserva el 41.0% de su resistencia original después de 50 años. El vidrio E puede mantener la misma tensión por sólo 100 horas. El vidrio Advantex® presenta mejor rendimiento en este entorno y es la opción preferida tanto como barrera anticorrosiva (velo y fieltro) y también como capas estructurales de una pieza de FRP.



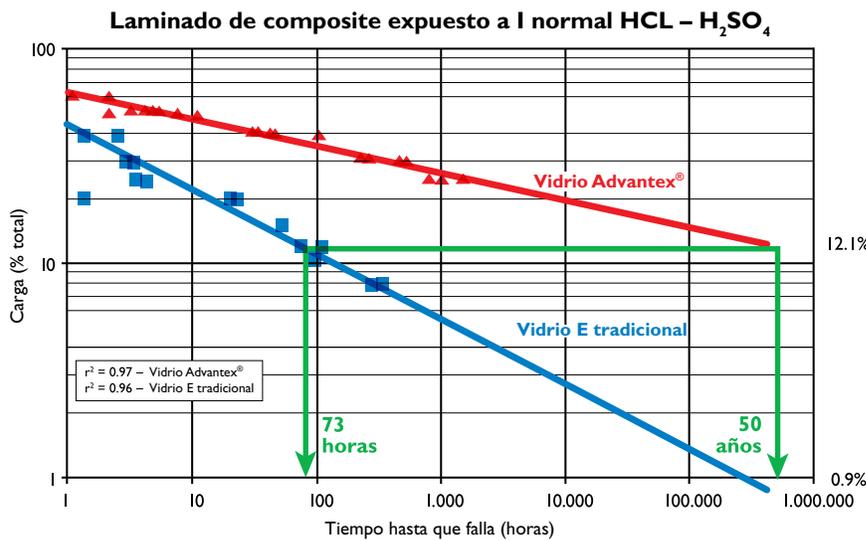
Pérdida de peso del vidrio esencial: La diferencia que se observa en la prueba de tensión-corrosión entre el vidrio Advantex® y vidrio E no se refleja en la prueba de pérdida de peso del vidrio esencial. La prueba de pérdida de peso en el agua desionizada no presenta tantos resultados detallados como en otras pruebas de tensión-corrosión más costosas. Sin embargo, la prueba de pérdida de peso muestra que el velo de vidrio C es una mala elección como barrera anticorrosiva.



Resistencia química de la fibra de vidrio

ÁCIDO CLORHÍDRICO

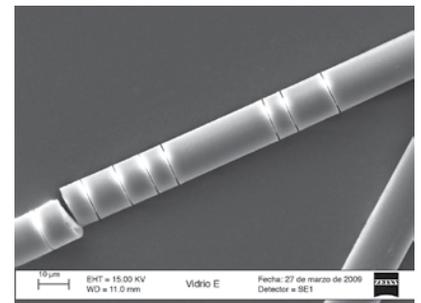
Prueba de tensión-corrosión: Cuando las varillas de FRP están expuestas a efectos combinados de tensión y ácido clorhídrico, el vidrio Advantex® presenta un rendimiento considerablemente mejor que el vidrio E. Mirando detenidamente la prueba de tensión-corrosión, las varillas de FRP de vidrio E pierden resistencia a un ritmo considerablemente más rápido que las varillas de FRP de vidrio Advantex®. Después de 50 años, la varilla de FRP de vidrio Advantex® puede mantener 12.1% de su carga original, mientras que la varilla de FRP de vidrio E sólo puede mantener esa carga por 73 horas. Las fotos SEM de abajo muestran las razones. La lixiviación de la fibra de vidrio E produce un exterior poroso y agrietamiento helicoidal. El vidrio Advantex® no resulta afectado.



Examen de microscopio electrónico de barrido (SEM):

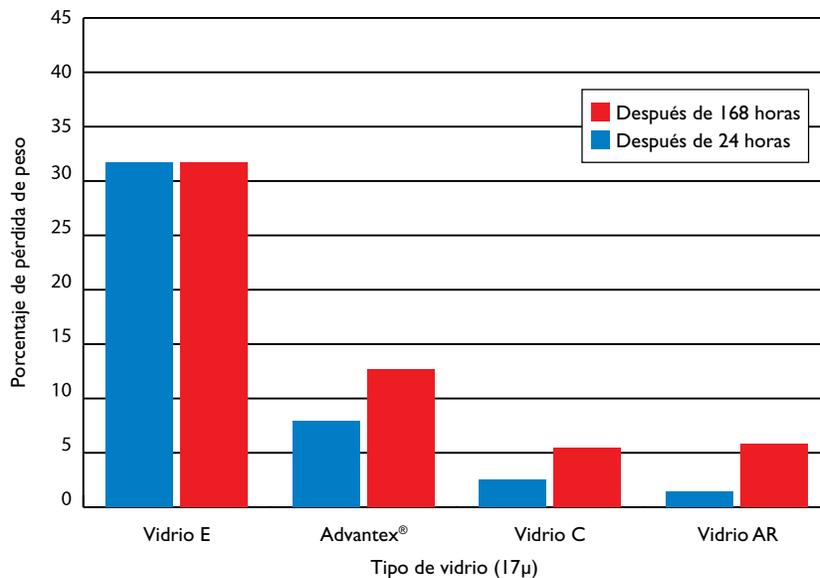
La primera imagen muestra el clásico agrietamiento helicoidal de las fibras de vidrio E después de la exposición a 5% de HCl por cuatro horas sin exponerse a tensión. Este agrietamiento es predecesor al fallo prematuro de piezas de FRP combinando tensión y líquidos corrosivos.

Vidrio E después de cuatro horas en 5% de HCL a 96°C

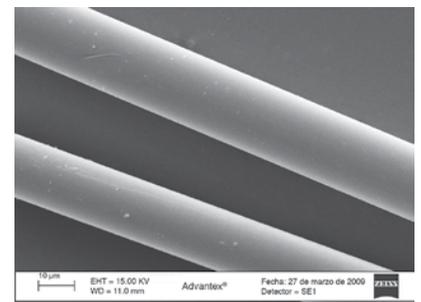


Prueba de pérdida de peso del vidrio esencial: Esta prueba respalda en mayor medida el uso de vidrio Advantex® para la parte estructural de la pieza de FRP. El vidrio C o vidrio AR pueden usarse como barrera anticorrosiva. El vidrio E resulta atacado rápidamente por los ácidos potentes y no debe tenerse en cuenta.

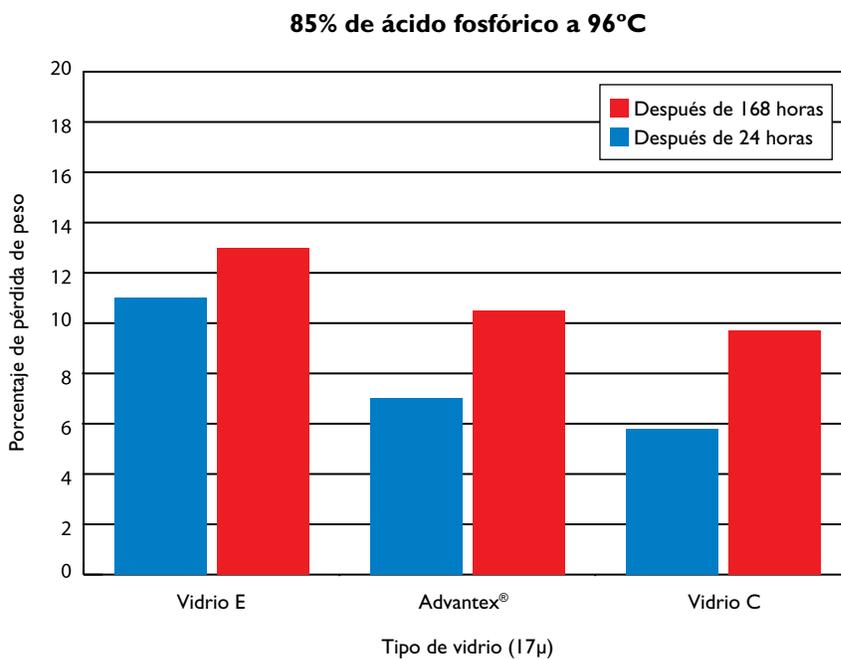
Inmersión en 10% de ácido clorhídrico a 96°C



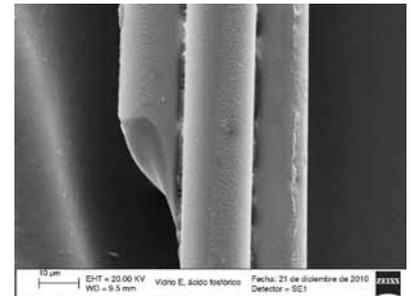
Vidrio Advantex® después de cuatro horas en 5% de HCL a 96°C



Prueba de pérdida de peso del vidrio esencial: Los resultados muestran que el vidrio Advantex® debe considerarse para las partes estructurales y de fieltro de la barrera anticorrosiva. El vidrio C debe considerarse para la porción del velo de la superficie interna de la barrera anticorrosiva. Las fotos SEM muestran que el ácido fosfórico es otro medio corrosivo que produce mayor lixiviación de elementos en ciertos tipos de fibra de vidrio más que en otros, y resedimenta esos elementos (que incorporan fósforo) en las fibras de vidrio. Las fibras no lixiviadas muestran escasa resedimentación de material. El material resedimentado agrega peso a las fibras y hace que la pérdida de peso parezca menor que la cantidad de material verdaderamente lixiviado de la fibra. Las fibras lixiviadas son estructuralmente deficientes.

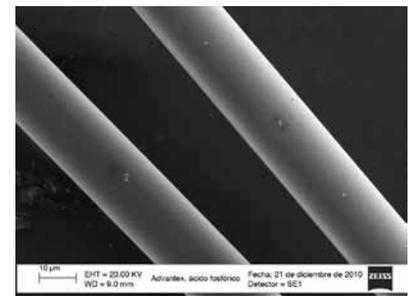


Vidrio E
Fotografía SEM
en ácido fosfórico



El vidrio E muestra la lixiviación que ocurre con la resedimentación de fosfato de calcio en la superficie de la fibra, lo que posiblemente debilite la resistencia de la fibra y la unión a la resina.

Vidrio Advantex®
Fotografía SEM
en ácido fosfórico

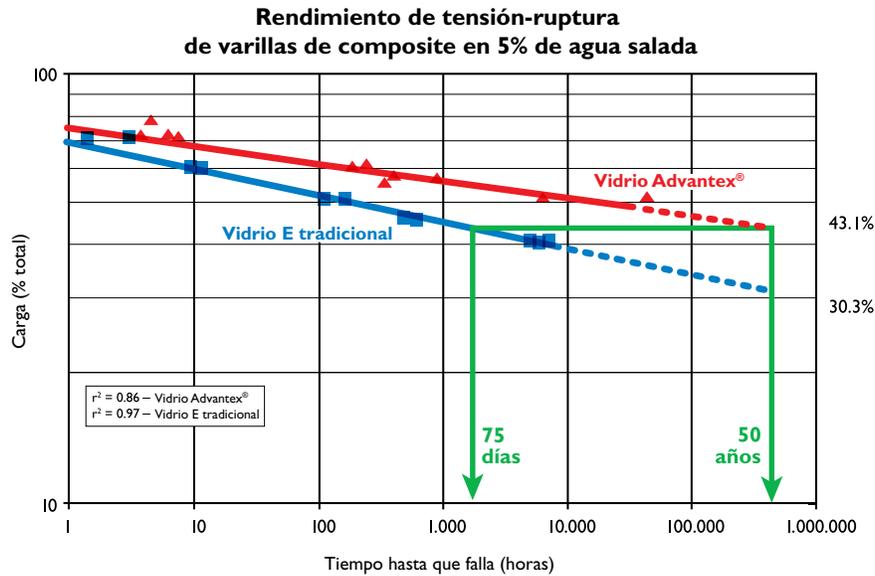


El vidrio Advantex® no muestra signos importantes de lixiviación o debilitamiento en ácido fosfórico.

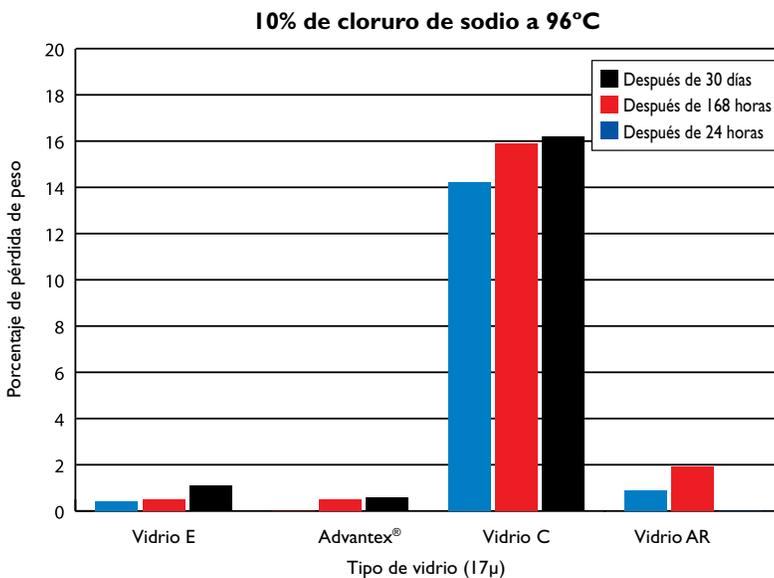
CLORURO DE SODIO

Resistencia química de la fibra de vidrio

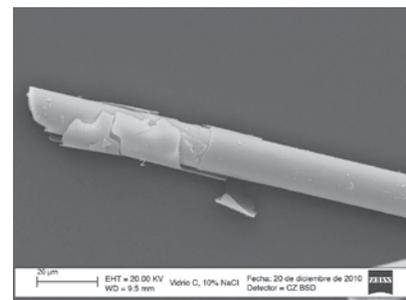
Prueba de tensión-corrosión: Las pruebas de tensión-corrosión muestran que el vidrio Advantex® presenta ventajas sobre el vidrio E en agua salada y debe tenerse en cuenta para la barrera anticorrosiva (como el velo y fieltro) y parte estructural de una pieza de FRP. Los resultados de la prueba muestran que después de 50 años de inmersión en agua salada la varilla de FRP que contiene vidrio Advantex® puede retener 43.1% de su capacidad de carga mientras que el vidrio E sólo puede soportar esa carga por 75 días.



Prueba de pérdida de peso del vidrio esencial: La prueba de pérdida de peso a corto plazo no muestra diferencias importantes en el rendimiento entre el vidrio E y el vidrio Advantex® en comparación a las pruebas de tensión-corrosión mencionadas anteriormente. Sin embargo, muestra claramente que el velo de vidrio C es una pobre elección para usar en agua salada. Este resultado fue bastante inesperado pero la fotografía SEM a la derecha muestra el efecto real.

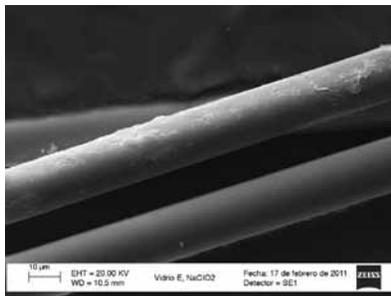


SEM de vidrio C

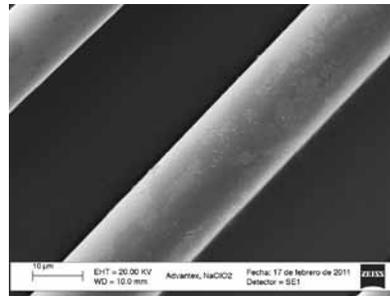


Fotografía SEM del vidrio C después de su exposición al cloruro de sodio. La velocidad y nivel de deterioro del vidrio C en agua salada es importante.

Microscopio electrónico de barrido: Los resultados muestran que el vidrio Advantex® es el menos afectado y debe tenerse en cuenta para la barrera anticorrosiva (como el velo y filtro) y parte estructural de una pieza de FRP. La prueba de pérdida de peso puede sugerir que existe sólo una diferencia menor entre el vidrio E y Advantex®. Sin embargo, las fotografías SEM muestran que éste es otro caso en el que el material lixiviado se resedimenta en las fibras de vidrio y también forma sedimentos que son difíciles de quitar de las fibras de vidrio filtradas. La espectroscopia EDX descubrió que muchos son sedimentos que contienen magnesio. Este peso agregado significa que todas las fibras son lixiviadas y realmente pierden más peso del que se refleja en el gráfico de pérdida de peso. El efecto es menos pronunciado en el vidrio Advantex® debido a la disminución del nivel de lixiviación.



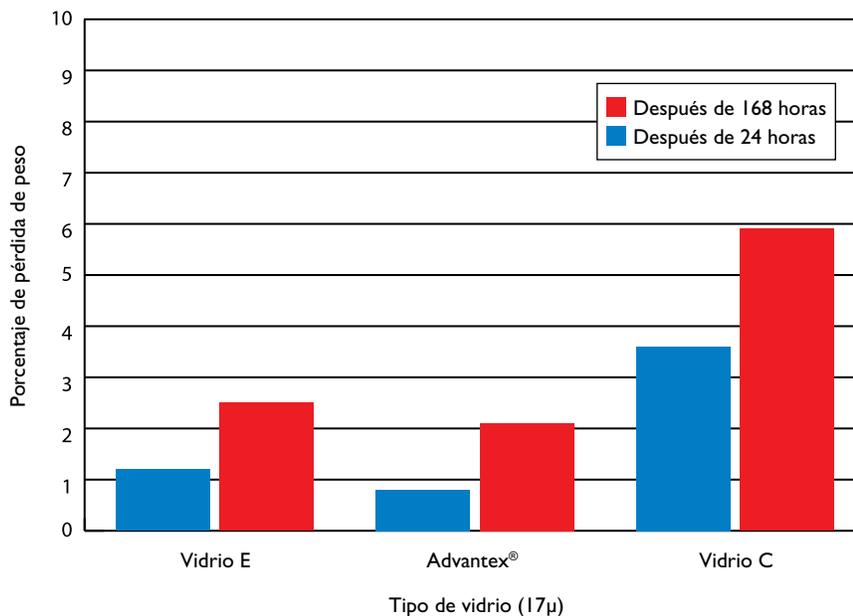
La fotografía SEM del **vidrio E** muestra el material lixiviado resedimentado en el vidrio.



La fotografía SEM del vidrio **Advantex®** muestra la mínima lixiviación y resedimentación.

Prueba de pérdida de peso del vidrio esencial: El efecto de resedimentación también afecta al vidrio C, pero el vidrio C también es lixiviado de manera más eficiente que el vidrio E o el vidrio Advantex®. El vidrio C no se recomienda como parte de la barrera anticorrosiva.

10% de cloruro de sodio a 30°C – pH = 12/4

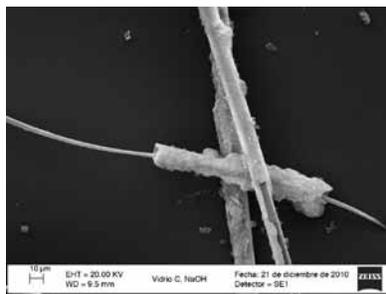
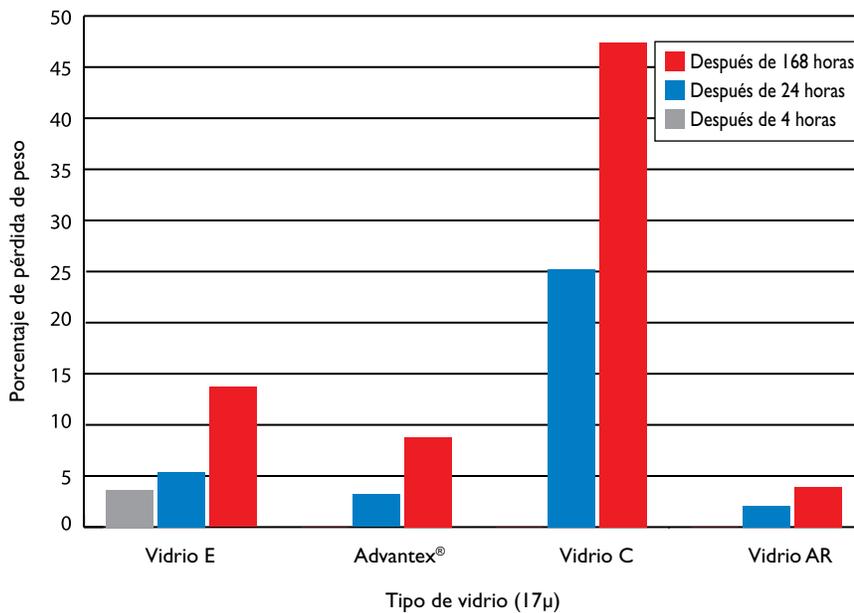


HIDRÓXIDO DE SODIO

Resistencia química de la fibra de vidrio

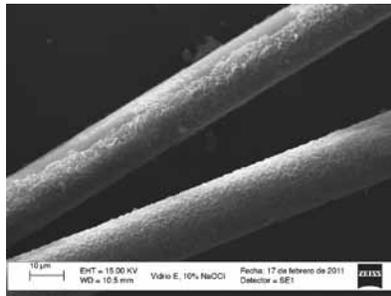
Prueba de pérdida de peso del vidrio esencial: La corrosión en un ambiente alcalino ocurre a través de mecanismos muy diferentes a los de la corrosión en un ambiente ácido. Los resultados muestran que el vidrio Advantex® resulta afectado en menor medida y debe tenerse en cuenta para la parte estructural de una pieza de FRP. El vidrio AR o vidrio Advantex® posiblemente tenga mejor rendimiento para la barrera anticorrosiva (como velo y fieltro). Las fotografías SEM muestran el daño a todos los tipos de fibras de vidrio y los análisis de EDX (rayos X por energía dispersiva) identifican calcio, silicio y sodio lixiviados de la fibra y resedimentados en la fibra como sedimentos cristalinos (se muestra el ejemplo en la foto más abajo). En consecuencia, la prueba de pérdida de peso de vidrio esencial subestima el daño en las fibras pero proporciona una evaluación justa del rendimiento entre los diferentes tipos de fibra.

Hidróxido de sodio – pH = 12.88 a 96°C

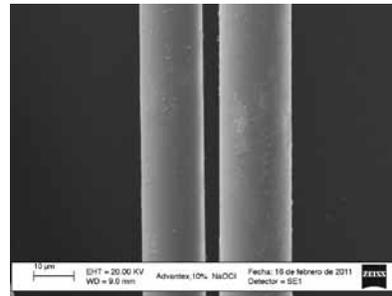


El SEM del vidrio C muestra lixiviación significativa y resedimentación de depósitos cristalinos.

Microscopio electrónico de barrido: Los resultados muestran que el vidrio Advantex® es el menos afectado; debe considerarse para la parte estructural de una pieza de FRP. El vidrio AR o vidrio Advantex® posiblemente tengan mejor rendimiento para el velo de la superficie interna y el vidrio Advantex® para la parte de fieltro de la barrera. Sin embargo, la pérdida de peso (gráfico inferior) puede sugerir que existe sólo una diferencia menor entre el vidrio E y Advantex®. Sin embargo, las imágenes del microscopio electrónico de barrido muestran que éste es otro caso en el que el vidrio E es lixiviado en mayor nivel que el vidrio Advantex®. El material se resedimenta en las fibras de vidrio E en mayor cantidad y también forma sedimentos. Los rayos X por energía dispersiva (EDX) descubrieron que gran parte de esta resedimentación está compuesta por sedimentos que contienen calcio. Este peso agregado significa que todas las fibras son lixiviadas y realmente pierden más peso del que se refleja en el gráfico de pérdida de peso. El efecto es mucho menos pronunciado en el vidrio Advantex®.



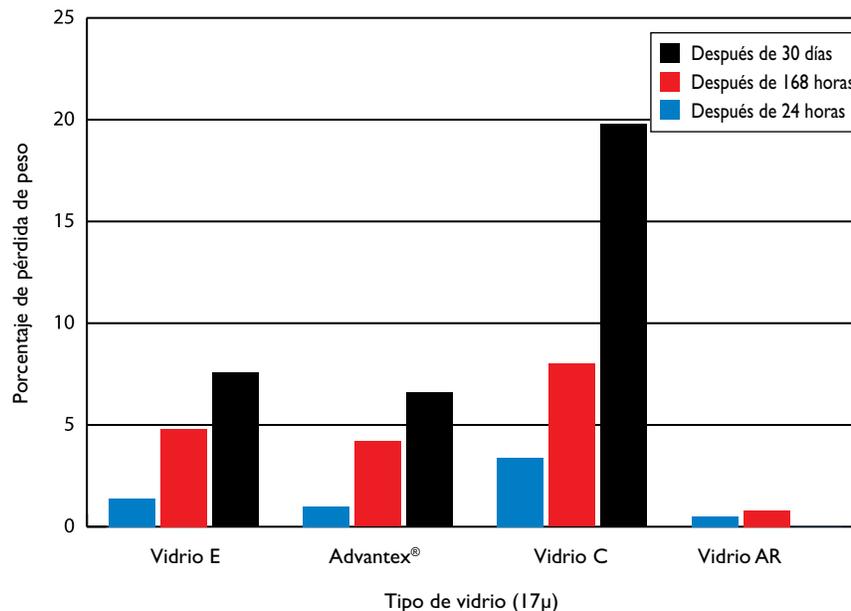
La fotografía SEM del **vidrio E** muestra el material lixiviado resedimentado en el vidrio.



La fotografía SEM del vidrio **Advantex®** muestra niveles mínimos de lixiviado y resedimentación.

Prueba de pérdida de peso del vidrio esencial: El efecto de resedimentación también afecta al vidrio C, pero el vidrio C también es lixiviado de manera más eficiente que el vidrio E o el vidrio Advantex®. El vidrio C no se recomienda como parte de la barrera anticorrosiva.

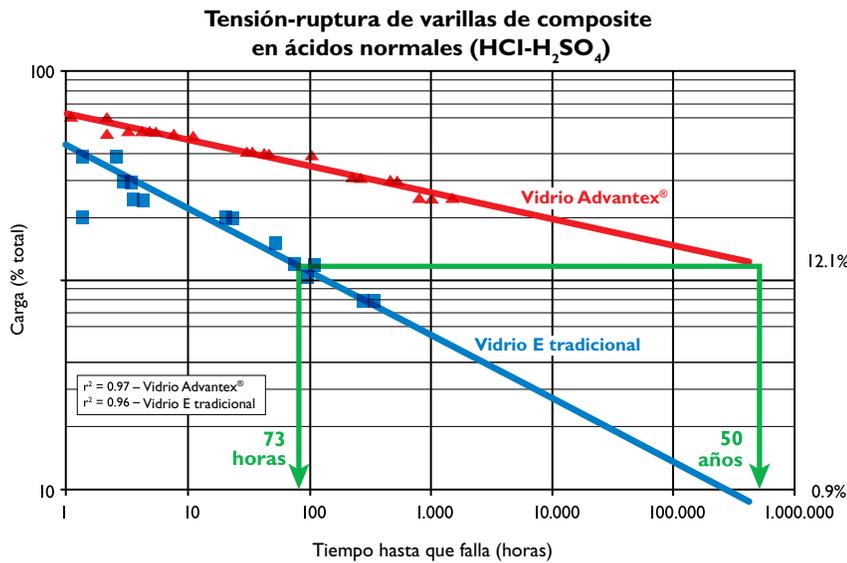
10% de hipoclorito de sodio a 30°C



ÁCIDO SULFÚRICO

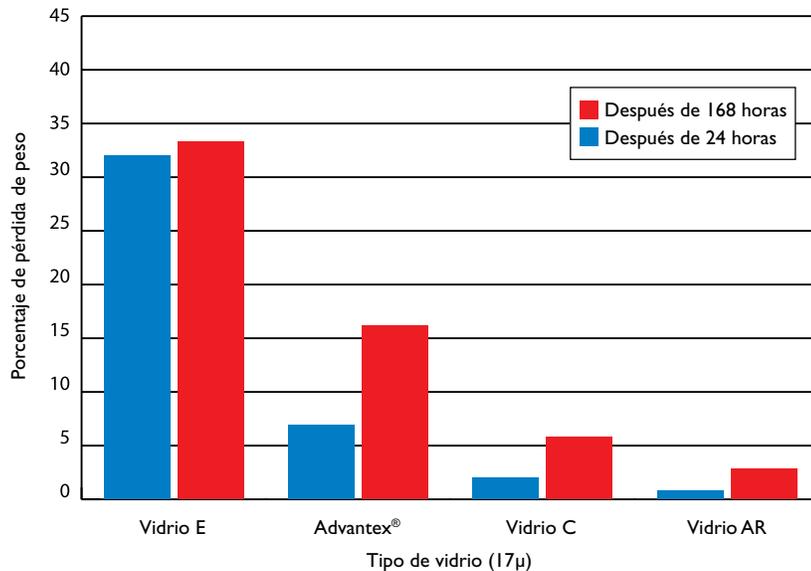
Resistencia química de la fibra de vidrio

Todos los métodos de prueba: La prueba de vidrio esencial muestra que el vidrio E es atacado rápidamente por el ácido sulfúrico y que el vidrio Advantex® es el refuerzo preferido para la parte estructural de la pieza de FRP. El vidrio C o vidrio AR es preferido para el velo de la superficie interna de la barrera anticorrosiva y el vidrio Advantex® para la porción de fieltro de la barrera. La prueba de tensión-corrosión confirma esta gran diferencia de rendimiento entre el vidrio E y el vidrio Advantex®. Las fotografías SEM de las varillas de composite que se usaron en las pruebas de tensión-corrosión muestran la lixiviación de las fibras de vidrio E, lo que explica la rápida pérdida de resistencia del vidrio E y el mayor rendimiento del vidrio Advantex®.



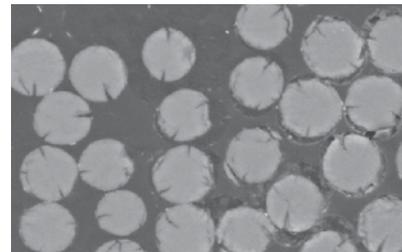
Los resultados de la prueba de tensión-ruptura muestran que el vidrio Advantex® ofrece una tensión útil 12 veces mayor a la de un laminado hecho con vidrio E tradicional en aplicaciones de ácido sulfúrico y clorhídrico. Otra manera de mirar las diferencias de rendimiento es observar que el laminado tradicional de vidrio E fallaría en aproximadamente cuatro días cuando se lo expone al límite de tensión de 50 años para el laminado de vidrio Advantex®.

Inmersión en 10% de ácido sulfúrico a 96°C



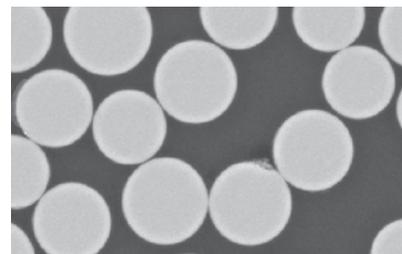
Examen de microscopio electrónico de barrido (SEM) después de la exposición al ácido sulfúrico

Varilla de FRP de vidrio E después de 3 meses



El vidrio E comienza a colapsar, se desune de la resina y se debilita significativamente.

Varilla de FRP de vidrio Advantex® después de 3 meses



El vidrio Advantex® continúa su desempeño sin lixiviación, manteniendo su resistencia.

1. Prueba de pérdida de peso del vidrio esencial

La prueba de vidrio esencial se realiza primero eliminando el aglutinante orgánico protector del vidrio de manera que el vidrio no se caliente hasta su punto de recocido. Al calentar algunos tipos de vidrio hasta el punto de recocido, en especial el vidrio E, se puede mejorar notablemente la resistencia a la corrosión y no se reflejaría la manera en la que se usa el producto. Una cantidad especificada de fibra de vidrio se pesa y coloca en un medio corrosivo por un período de tiempo predeterminado. En ese momento, el vidrio y el medio corrosivo se filtran y pesan nuevamente. El filtrado se examina detenidamente para asegurar que los contenidos sean fibras de vidrio o restos de fibra de vidrio. Si se descubre sedimento, debe quitarse y sólo se debe volver a pesar el peso restante. La diferencia entre el peso anterior y el peso posterior se informa como pérdida de peso. En este estudio, todas las fibras son fibras de 17 micrones salvo en el caso del vidrio C que sólo está disponible en una fibra de 12 micrones. Esto casi duplica el área de superficie de vidrio C respecto a otros vidrios y podría desviar los datos en bajos niveles de corrosión. El cloruro de hierro es el único medio donde la diferencia puede malinterpretarse.

2. Microscopio electrónico de barrido (SEM) combinado con espectrometría de rayos X por energía dispersiva (EDX)

Las fotos SEM se tomaron en modo retrodispersado. Una función interesante de SEM es que los electrones dispersados desde la superficie de la pieza examinada reflejan mayor cantidad de electrones desde las superficies densas, como fibras de vidrio sólidas y elementos con número atómico elevado. Las superficies más blandas o porosas como la resina o la fibra de vidrio lixiviada reflejan menos electrones y los vacíos no reflejan nada. Los elementos de número atómico bajo tales como el carbono y el hidrógeno también reflejan menos electrones. En las fotografías SEM, el vidrio sólido se muestra de color blanco o gris suave, el vidrio poroso se ve gris, la resina es de color gris oscuro y los vacíos son negros.

El vidrio corroído puede examinarse en una vista plana o transversal. En la vista plana, las fibras se dispersan suavemente y de la manera más pareja posible sobre un adhesivo de soporte de carbono, revestido con carbono u oro, y luego examinado en fotografías SEM. Para una vista transversal, las fibras se cubren en resina epoxi, se cortan en forma perpendicular a la longitud de la fibra y se pulen. La muestra pulida recibe un revestimiento de carbón u oro y después se examina en el SEM. El examen SEM puede incluir poco aumento para ver la morfología de las fibras o aumentos de hasta 1000 veces o más para identificar grietas, corrosión por picadura, etc. La espectrometría de rayos por energía dispersiva también puede usarse para identificar diferencias químicas de las fibras por la lixiviación.

TRANSFORMANDO EL MUNDO CON SOLUCIONES AVANZADAS



Para la última edición, visite el sitio web de vidrios Owens Corning Advantex®:

www.owenscorning.com/composites/aboutAdvantex.asp

Para obtener información o asistencia adicional, comuníquese con:

Continente americano | advantex.americas@owenscorning.com | 614.777.1384

Asia y el Pacífico | advantex.asiap@owenscorning.com | +66.81.940.2997

Europa | advantex.europe@owenscorning.com | +46.346.85807



OCV™ Reinforcements

**OWENS CORNING
COMPOSITE MATERIALS, LLC**
ONE OWENS CORNING PARKWAY
TOLEDO, OHIO 43659
1.800.GET.PINK™
www.owenscorning.com
www.ocvreinforcements.com

**EUROPEAN OWENS CORNING
FIBERGLAS, SPRL.**
166, CHAUSSEE DE LA HULPE
B-1170 BRUSSELS
BELGIUM
322.674.8211

**OWENS CORNING
SHANGHAI COMPOSITES CO. LTD.**
OLIVE L.V.O. MANSION, 2ND FLOOR
620 HUASHAN ROAD
SHANGHAI 200122
CHINA
86.21.62489922

La información y los datos aquí contenidos se ofrecen sólo como una guía para la selección de un refuerzo. La información contenida en esta publicación se basa en datos reales de laboratorio y en la experiencia en pruebas de campo. Creemos que esta información es fiable, pero no garantizamos su aplicabilidad al proceso del usuario, ni asumimos ninguna responsabilidad u obligación que surja de su uso o rendimiento. El usuario acepta ser el responsable de probar completamente cualquier aplicación para determinar su adecuación antes de comprometerse con la producción. Es importante que el usuario determine las propiedades de sus propios compuestos comerciales cuando use éste o cualquier otro refuerzo. Debido a que numerosos factores afectan los resultados, no otorgamos garantía de ninguna clase, expresa o implícita, incluyendo aquellas de comerciabilidad y adecuación para un propósito particular. Las afirmaciones contenidas en esta publicación no deben ser interpretadas como representaciones o garantías, ni como incentivos para infringir alguna patente o violar algún código de seguridad legal o regulación de seguros. Owens Corning se reserva el derecho de modificar este documento sin aviso previo.

Advantex, Cem-FIL, T30, ShieldStrand, XStrand, FliteStrand y WindStrand son marcas registradas de Owens Corning.
OCV es una marca registrada de Owens Corning.
© 2011 Owens Corning.