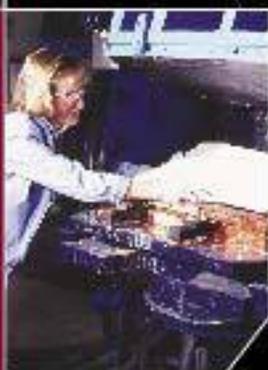


COMPOSITE POLYMERS

GUÍA PARA LA FABRICACIÓN DE COMPUESTOS
CON RESINAS DE HETRON® Y AROPOL™



ASHLAND

Tabla de Contenido

SECCIÓN 1

Descripción del Producto



Descripción de las Resinas HETRON® Y AROPOL™	4
--	---

SECCIÓN 2

Iniciadores, Promotores e Inhibidores

Peróxido de Metiletilcetona	6
Peróxido de Benzoilo	7
Hidroperóxido de Cumeno	7
Peroxibenzoato de T-Butilo	7
Naftenato de Cobalto	7
Dimetilnilina	8
Naftenato de Cobre	8
Inhibidores	8
Seguridad	9

SECCIÓN 3

Tixotropos, Óxidos de Antimonio y Otros Aditivos

Tixotropos	10
Óxidos de Antimonio	10
Trihidrato de Alúmina	11
Otros Complementos	11
Revestimiento Intumesciente	11
Estabilizadores Ultravioleta	11
Agentes Desgasificadores	12
Recubrimiento Final de Cera	12
Aditivos Resistentes a la Abrasión	12

SECCIÓN 4

Refuerzos

Secuencia Estándar de Refuerzo para Equipos Resistentes a la Corrosión	10
Velo de Superficie	11
Mat	12
Woven Roving	12
Roving Continuo	12

SECCIÓN 5

Preparación de Resinas

Cumplimiento de las Normas de la FDA	16
Ajuste de los Niveles de Promotores e Iniciadores para Aplicaciones Prácticas	16
Preparación de la Resina	16
Preparación de un Laminado de Prueba	18
Poscurado del Laminado	19

SECCIÓN 6

Métodos de Fabricación

Normas de Fabricación	20
Laminación por Rodillo	22
Laminación por Aspersión	22
Filament Winding	22
Pultrusión	23
Moldeo por Centrifugación	23
Resin Transfer Molding	23
Forros	24
Fabricación de Secciones Gruesas	24
Procesos de Acabado	25

SECCIÓN 7

Inspección del Laminado

Inspección Visual	26
Dureza Barcol	26
Sensibilidad a Acetona	27

SECCIÓN 8

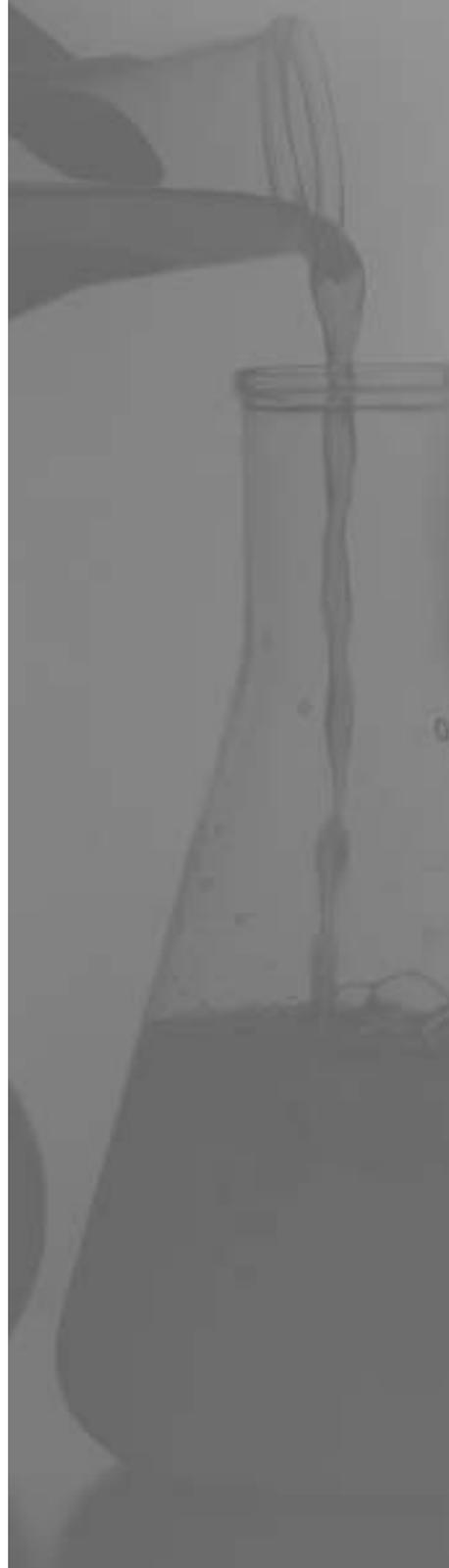
Información Reglamentaria y de Salubridad y Seguridad

Hojas de Datos de Seguridad del Material	28
Estireno	28
Inflamabilidad	28
Asuntos de la Salud	29
Contacto Ocular	29
Inhalación	29
Ingestión	29
Efectos Crónicos en la Salud	29
Derrames de Resina	29
Almacenamiento	29
Eliminación	30

SECCIÓN 9

Apéndices

Apéndice A	31
Apéndice B	43
Apéndice C	44
Apéndice D	45
Apéndice E	46
Apéndice F	47
Apéndice G	48



Descripción del Producto

El desarrollo y la fabricación de las resinas poliéster y viniléster HETRON® y AROPOL™ han constituido un proceso continuo desde 1954. Se han utilizado para fabricar miles de diferentes tipos de equipos PRFV resistentes a la corrosión. Se han desarrollado muchas versiones de las resinas HETRON y AROPOL para facilitar la manipulación durante las técnicas de laminación por rodillo, aspersión, filament winding, pultrusión, moldeo por centrifugación, y la mayoría de otros métodos de fabricación comercial. Ashland ofrece una variedad de resinas termofijas para aplicaciones resistentes a la corrosión. La Tabla 1 resume los diferentes tipos de resinas.

SECCIÓN 1

Tabla 1

Tipo de Resina	Número de Resina	Aplicaciones de Fabricación	Servicio de Gases	Servicio de Gases / Líquidos	Retardo en la Propagación del Fuego (en Base a la Prueba de Túnel ASTM E-84)		Tixotrópico	Promotorizado	
					Clase I	Clase II			
Poliéster Clorédico	HETRON® 72	Resina base de alta viscosidad, moldeo de compuestos a granel (BMC), compuesto de láminas moldeadas (SMC), formulaciones de revestimiento	X	X		X – con trióxido de antimonio al 5%			
	HETRON® 92	Pultrusión, BMC, SMC, moldeo eléctrico de hojas, empaque al vacío, especificación MIL	X		X – con trióxido de antimonio al 3%	X			
	HETRON® 92FR	Laminación por rodillo, aspersión	X		X			X	
	HETRON® 92AT	Laminación por rodillo, aspersión	X		X – con trióxido de antimonio al 3%	X		X	
	HETRON® 197	Laminación por rodillo, aspersión, moldeo a presión, pultrusión, empaque al vacío		X		X – con trióxido de antimonio al 5%			
	HETRON® 197-3	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding		X		X – con trióxido de antimonio al 5%	X		
	HETRON® 197P	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding		X		X – con trióxido de antimonio al 5%	X	X	
Poliéster de Fumarato de Bisfenol A	HETRON® 700	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, moldeo a presión, pultrusión, formulaciones de revestimiento, aplicaciones de FDA		X					
Poliéster Isoftálico	HETRON® 99P	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, retardadores en la reacción al fuego	X		X – con trióxido de antimonio al 3%	X	X	X	
	AROPOL™ 7241T-15* series	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, aplicaciones de FDA		X			X	X	
	AROPOL™ 7334T-15* series	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, aplicaciones de FDA		X			X	X	
Furano	HETRON® 800	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, revestimiento con escamas de vidrio		X					
Viniléster	HETRON® 922	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, revestimientos con escamas de vidrio, aplicaciones de FDA		X					
	HETRON® 922L	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, revestimiento con escamas de vidrio, aplicaciones que requieren una viscosidad más baja que para HETRON 922, aplicaciones de FDA		X					
	HETRON® 942/35	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, revestimiento con escamas de vidrio, menos de 35% de estireno, aplicaciones de FDA		X					
	HETRON® 970/35	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, revestimiento con escamas de vidrio, aplicaciones que requieren una resistencia máxima a disolventes, menos de 35% de estireno		X					
	HETRON® 980	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, revestimiento con escamas de vidrio, resistencia a temperaturas más altas que HETRON 922		X					
	HETRON® 980/35	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, revestimiento con escamas de vidrio, menos de 35% de estireno		X					
	HETRON® FR992	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, revestimiento con escamas de vidrio		X	X – con trióxido de antimonio al 3%				
	HETRON® FR992 Sb	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, revestimiento con escamas de vidrio		X	X				
	HETRON® FR998/35	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding, revestimiento con escamas de vidrio, menos de 35% de estireno		X	X				
Diversos Retardadores en la Reacción al Fuego	HETRON® 604T-20	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding	X		X – con trióxido de antimonio al 3%	X	X	X	
	HETRON® FR620T20	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding	X		X	X	X	X	
	HETRON® 625P	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding	X		X	X	X	X	
	HETRON® 692TP-25	Laminación por rodillo, aspersión, filament winding	X		X	X	X Tecnología Flexible de Catalización	X	
	MODAR® 814a**	RTM, laminación por rodillo, aspersión, filament winding			X – con ATH	X – con ATH			
	MODAR® 816a**	RTM, laminación por rodillo, aspersión, filament winding			X – con ATH	X – con ATH			

Iniciadores, Promotores e Inhibidores

Los iniciadores, denominados también catalizadores, son peróxidos orgánicos que trabajan junto con los promotores para iniciar la reacción química que ocasiona que una resina se convierte en gel y se endurezca. El período de tiempo desde el momento que se agrega el iniciador hasta que la resina comienza a volverse gel se denomina “tiempo de gel”. Los niveles de los iniciadores y los promotores pueden ajustarse, en cierta medida, para reducir o alargar el tiempo de gel y acomodar ambas temperaturas, alta y baja. Por ejemplo, la Figura 1 muestra cómo el tiempo de gel de un sistema de resina promotorizado previamente disminuye con el aumento de temperatura.

Si se requiere mayor tiempo de gel, pueden agregarse los inhibidores a un sistema de resina para alargar el tiempo de gel. Sin embargo, debe tenerse cuidado para no disminuir o aumentar los niveles de los promotores o iniciadores más allá de lo que se recomienda para esa resina en particular. Si el nivel del iniciador es demasiado bajo, puede realizarse un curado incompleto, lo cual podría dar como resultado la disminución de las propiedades físicas y la resistencia química. Por otro lado, los niveles que son demasiado altos podrían ocasionar que los laminados, en especial los gruesos, se deslaminen, se quemem o decoloren durante el curado. Además, si los niveles de los promotores o iniciadores son demasiado altos, el resultado puede ser un curado insuficiente. Los niveles de los promotores, iniciadores e inhibidores para resinas específicas figuran en el Apéndice A.

INICIADORES¹

Existen dos tipos primarios de iniciadores recomendados para el curado de las resinas HETRON® y AROPOL™ a temperatura ambiente: Peróxido de metiletilcetona (MEKP) y peróxido de benzoilo (BPO). Un tercer tipo de iniciador menos común es el hidroperóxido de cumeno (CHP), que con frecuencia se recomienda para mezclarlo con MEKP. En otros procesos, como por ejemplo, pultrusión, se emplean diferentes tipos de iniciadores. Los iniciadores para el proceso de pultrusión se activan con el calor y no se utilizan con los promotores.

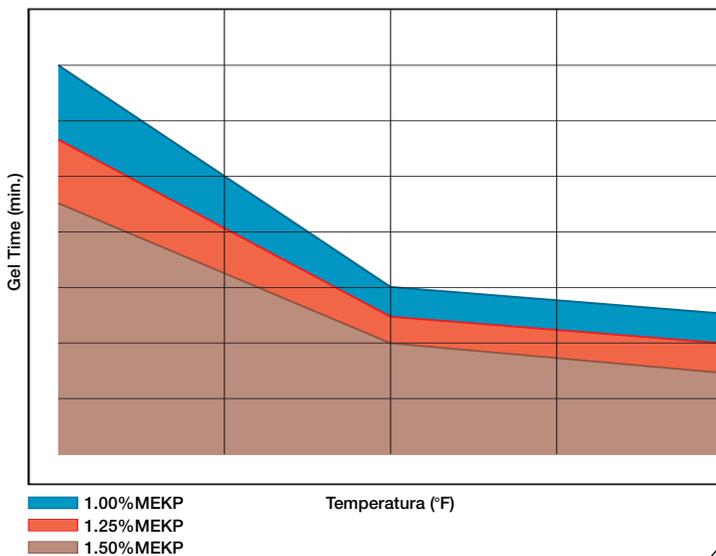
La elección apropiada de un iniciador es decisiva para lograr la resistencia química esperada. Debe tenerse cuidado para no seleccionar los iniciadores que son demasiado rápidos o lentos en el curado. Los tiempos de curado inusualmente rápidos o lentos podrían dar como resultado una disminución en la resistencia a la corrosión en el producto curado final.

Metiletilcetona (MEKP)

El MEKP es el sistema de iniciadores que más se utiliza. El MEKP se utiliza con promotores, generalmente con naftenato de cobalto al 6% u octoato de cobalto al 6% o 12% y dimetilánilina (DMA) o dietilánilina (DEA)¹. El MEKP que se utiliza con más frecuencia se suministra al 9% de oxígeno activo.

Muchos productores de resinas requieren el uso de MEKP especiales que contengan niveles muy bajos de peróxido de hidrógeno. Esto se debe a que las resinas viniléster que producen pueden hacer espuma cuando entran en contacto con el peróxido de hidrógeno. Las resinas epoxi-viniléster (EVER) de Alto Rendimiento y de Catalización Flexible (F-Cat) de Ashland no hacen espuma cuando se catalizan con MEKPs estándares. El uso de MEKPs estándares permite un control mucho mayor de la temperatura exotérmica durante el curado. El Servicio Técnico de Ashland debe contactarse si necesita información sobre iniciadores alternativos para usarlos con las resinas HETRON y AROPOL y controlar de manera adecuada la temperatura exotérmica. Véase el Apéndice B para el contacto en su área

Figura 1. Tiempo de Gel Contra Temperatura



Peróxido de Benzoilo (BPO)

El BPO requiere que se agregue DMA o DEA para el curado a temperatura ambiente. Para el curado a temperaturas elevadas, mayores de 160°F (71°C), se utiliza el BPO sin DMA o DEA. El BPO no es tan usado

como el MEKP, principalmente debido a que es más difícil mezclarlo con el sistema de resina que el MEKP; puede ocasionar temperaturas exotérmicas más altas, y es más difícil hacer el poscurado total. Sin embargo, la siguiente es una aplicación en la que el sistema de BPO se recomienda sin duda en lugar de un sistema de curado con MEKP.

- En ambientes de hipoclorito de sodio, se observa un mejoramiento de la resistencia a la corrosión con el sistema de curado DMA/BPO. El HETRON® FR992 curado con BPO/DMA se tornará amarillo brillante al exponerse al sol. Esto no produce resistencia química.

El BPO está disponible en forma de polvo, pasta o dispersión acuosa. La dispersión acuosa no es recomendable para aplicaciones anticorrosivas. Nuestras pruebas muestran que las soluciones acuosas de BPO comprometen la resistencia a la corrosión en ambientes seleccionados. La pasta es la forma que más se utiliza con resinas poliéster y viniléster. Los cristales de BPO también están disponibles; no obstante, se les utiliza con menos frecuencia. La pasta se suministra por lo general en forma activa al 50%, y los cristales en forma activa al 98%. Para lograr el mismo tiempo de gel con la pasta y los cristales, la mitad de cristales debe usarse en forma de pasta. Por ejemplo, 2.0 gramos de pasta reaccionarán para producir el mismo tiempo de gel que 1.0 gramo de cristales. Los cristales de BPO son sensibles al choque y deben disolverse previamente en estireno antes de agregarlos a la resina.

Hidroperóxido de Cumeno (CHP)

El CHP se utiliza con menos frecuencia que el MEKP o el BPO, pero puede ser útil para disminuir las temperaturas exotérmicas de los laminados, como las que se observan en partes gruesas. El CHP debe usarse con la resina viniléster HETRON 970/35. Cuando se utiliza CHP con otras resinas, además de la resina HETRON 970/35, se debe tener cuidado para asegurar que se logre un curado minucioso, particularmente a temperaturas ambiente. Se recomienda el poscurado para asegurar un curado minucioso. El CHP también puede utilizarse con MEKP en rangos como una mezcla de 50/50. Cada vez que se utilice CHP como el único iniciador (excepto con HETRON 970/35), se recomienda contactar al Servicio Técnico de Ashland si necesita instrucciones específicas.

Peroxibenzoato de T-Butilo

El TBPB es un iniciador secundario que puede usarse además del MEKP, BPO o CHP. Agregar TBPB ayuda a lograr un nivel de curado más alto. Recomendamos un TBPB a 0.2%, según la resina. La adición de TBPB a la resina disminuirá el tiempo vida en el recipiente. Consulte al Servicio Técnico de Ashland si desea más información sobre TBPB.

PROMOTORES¹

Además de un iniciador, se necesita por lo menos un promotor para llevar a cabo el curado de la resina a temperatura ambiente. Por lo general, el promotor se mezcla bien antes de agregar el iniciador. Luego, el iniciador reacciona con el promotor para hacer que la resina se convierta en gel. Los niveles de los promotores también se pueden ajustar para reducir o alargar el tiempo de gel, según sea necesario.

Naftenato u Octoato de Cobalto²

Las soluciones de cobalto son líquidas de color azul o morado que se utilizan con los sistemas de iniciadores de MEKP o CHP.

Cuando se utilizan a temperaturas por debajo de 70°F (24°C), se recomienda diluir el cobalto en monómero de estireno antes de agregarlo a la resina. La dilución en estireno impedirá que se formen partículas pequeñas de cobalto y permitirá una mezcla uniforme. Recuerde que los niveles seleccionados de Naftenato de Cobalto son aceptables de acuerdo con las normas de la FDA.

Dimetilanilina (DMA)

La dimetilanilina es una amina líquida amarilla con un fuerte olor. La DMA puede usarse con MEKP, BPO (curado al ambiente), y los sistemas del iniciador CHP. No se requiere agregar DMA con los sistemas de MEKP y CHP. Sin embargo, pueden usarse pequeñas cantidades de DMA junto con el cobalto para mejorar el desarrollo de Barcol o disminuir el tiempo de curado a temperaturas frías. Con los sistemas de BPO a temperatura ambiente, se requiere agregar DMA.



Naftenato de cobalto

La dietilanolamina (DEA) es otra amina que también puede usarse. La DEA es casi la mitad de reactiva que la DMA; por lo tanto, si se requiere 0.1% de DMA, debería agregarse 0.2% de DEA para lograr la misma reactividad.

Naftenato de Cobre

El naftenato de cobre está disponible en forma de pasta verde que contiene por lo general 6 a 8% de cobre elemental. Está incluido en una formulación para controlar la temperatura exotérmica de las mezclas previstas para la catalización de MEKP. Si se utiliza peróxido de hidrógeno bajo que contiene MEKPs, el impacto en la temperatura exotérmica máxima es marginal. Sin embargo, si se utilizan MEKPs estándares, el naftenato de cobre disminuirá la temperatura exotérmica y alargará el período desde gel hasta el pico exotérmico sin afectar el tiempo de gel. Los niveles típicos de cobre que se recomiendan para el control de la temperatura exotérmica son 0 a 400 ppm. Debería agregarse el naftenato de cobre a la formulación el mismo día en que se cataliza la resina. Revise las cantidades sugeridas para el Naftenato de Cobre en el Apéndice A.

INHIBIDORES

Los inhibidores se utilizan para alargar el tiempo de gel de las resinas viniléster y poliéster. Los inhibidores son útiles cuando se requieren tiempos de gel muy prolongados (1 a 2 horas) o cuando se cura la resina rápidamente debido a altas temperaturas. Algunos inhibidores comunes incluyen catecolbutilo terciario (TBC), hidroquinona (HQ) y toluhidroquinona (THQ).

El TBC se vende por lo general como una solución al 85%, pero debería disolverse más en estireno hasta una solución al 10% antes de agregarlo a la resina. La HQ y la THQ se venden como sólidos y deberían disolverse en metanol hasta una solución al 10% para agregarlas a la resina. Los inhibidores también pueden disolverse en propilenglicol, que reduce grandemente la combustibilidad de la solución. Se recomienda usar las soluciones del inhibidor lo más pronto posible para asegurar su total efectividad.

El TBC, la HQ y la THQ pueden usarse con sistemas de iniciadores de MEKP, BPO y CHP. Sin embargo, debería tenerse cuidado para no agregar demasiada cantidad de inhibidor que podría ocasionar un curado insuficiente permanente, un Barcol bajo, o una disminución de la resistencia a la corrosión. Los niveles del inhibidor recomendados varían según el inhibidor y la resina. Una guía general para los niveles de adición es hasta 0.30% de una solución al 10%. Sin embargo, debería contactarse al Servicio Técnico de Ashland si requiere instrucciones para agregar inhibidores a sistemas de resina específicos.

Es necesario prestar especial atención a los aditivos en la fabricación para las aplicaciones de la FDA. El título 21 CFR 177.2420 contiene una lista de aditivos aprobados de la FDA y debería consultarse antes de agregar promotores, inhibidores, iniciadores u otros aditivos a las resinas que deben usarse en las aplicaciones de la FDA.

En los Apéndices C y D aparecen las listas de proveedores de muchos de los productos que se describen en esta sección. Ellos no son los únicos proveedores de estos productos. Verifique con un distribuidor local si requiere proveedores en su área.

Seguridad

Ashland no fabrica cobalto, DMA, DEA, inhibidores o iniciadores. Debe tenerse cuidado para asegurar que cada producto se manipule con precaución. El fabricante debe proporcionar las hojas de datos de seguridad del material y las instrucciones de seguridad de cada producto, las mismas que deben leerse y comprenderse antes de trabajar con los productos.

¹ ADVERTENCIA – Los promotores siempre deben mezclarse bien con la resina antes de agregar el iniciador. Si los promotores e iniciadores se mezclan juntos directamente, podría producirse una explosión.

² El octoato de cobalto al 6% puede sustituirse por naftenato de cobalto al 6% para obtener tiempos de gel comparables con las resinas HETRON y AROPOL.

Dimetilanolamina

Tixotropos, óxidos de antimonio y otros aditivos

Tixotropos

Los tixotropos, comúnmente sílica pirógenica, se utilizan para espesar la resina y reducir el drenaje, especialmente en superficies verticales. Por lo general, las resinas con estos aditivos se usan en aplicaciones de laminación por rodillo y aspersión. Las resinas poliéster pueden adquirirse con sílica pirógenica que ya esté en la resina o el cliente puede añadirlo. Se debería contactar al Servicio Técnico de Ashland antes de añadir tixotropos a las resinas viniléster o a otras resinas que deben usarse en aplicaciones anticorrosivas. No se recomienda el uso de sílica pirógenica en ambientes que contengan fluoruro o ácido fluorhídrico, o en ambientes con hidróxido de sodio o hipoclorito de sodio y podría dar como resultado la disminución de la resistencia a la corrosión.

Para asegurar una dispersión uniforme, se debería mezclar la sílica pirógenica con la resina utilizando un disolvente altamente eficaz o un equivalente.

Óxidos de Antimonio

Las resinas poliéster y viniléster curadas se quemarán si se suministran con una cantidad suficiente de calor y oxígeno. Sin embargo, algunas resinas son retardadoras en la reacción al fuego debido a la incorporación de halógenos en la cadena principal del polímero. Esto mejora las propiedades retardadoras en la reacción al fuego del laminado. En el caso de la mayoría de resinas retardadoras en la reacción al fuego, la adición de trióxido de antimonio o pentóxido de antimonio puede aumentar el grado de retardo en la reacción al fuego de la resina. El antimonio actúa como un sinergista y reacciona con los halógenos para mejorar las propiedades retardadoras en la reacción al fuego de la resina. La adición de antimonio a resinas no halogenadas no hace que la resina sea un retardador en la reacción al fuego, sino más bien actúa sólo como un complemento.

En la industria de compuestos de Estados Unidos de América, las propiedades de fuego y humo de las resinas poliéster y viniléster se clasifican con más frecuencia de acuerdo con la prueba de túnel ASTM E-84 que se realiza en condiciones estrictamente controladas. En esta prueba, los funcionarios encargados de los códigos industriales, los jefes de bomberos y los proveedores de resinas han clasificado el roble rojo como propagación de llama de 100 y la plancha de fibrocemento como propagación de llama de 0.



Laminados con trióxido de antimonio, pentóxido de antimonio y sin óxido de antimonio

Se considera Clase I a una propagación de llama menor o igual a 25, y Clase II, a una propagación menor de 75 pero mayor de 25. Algunos sistemas de resinas pueden obtener una propagación de llama de Clase I sin añadir antimonio, otros requieren la adición de 3 a 5% de trióxido o pentóxido de antimonio para alcanzar la clasificación de Clase I. Los laminados hechos de HETRON® 197 requieren de 3 a 5% de trióxido o pentóxido de antimonio para alcanzar la clasificación de Clase II. Los valores de propagación de llama de resinas específicas con antimonio o sin éste figuran en la Tabla 1 o en la hoja de datos específica de la resina en cuestión.

Se ha demostrado que el uso de algunos grados de pentóxido de antimonio aumenta el tiempo de gel de resinas viniléster retardadoras en la reacción al fuego con el paso del tiempo. Por esta razón, cuando se añade pentóxido de antimonio a la resina, ésta debería usarse dentro de un período de 8 horas para minimizar la variación del gel. Se debería contactar al Servicio Técnico de Ashland si necesita recomendaciones específicas sobre el pentóxido de antimonio. Observe que el trióxido y pentóxido de antimonio no disminuye las emisiones de humo.

COMPLEMENTOS

Trihidrato de Alúmina

El trihidrato de alúmina se usa para mejorar el retardo en la reacción al fuego y reducir las emisiones de humo de sistemas de resinas específicos.

El trihidrato de alúmina es un complemento en polvo fino y blanco que, al ser añadido en la cantidad apropiada, puede mejorar el retardo en la reacción al fuego tanto de sistemas de resinas halogenadas y no halogenadas. Cuando un laminado relleno adecuadamente se expone al fuego, el trihidrato de alúmina se descompone en vapor de agua y alúmina anhidra. El vapor de agua enfría el laminado, disminuyendo así la velocidad de descomposición o quemado.

El trihidrato de alúmina se diferencia del trióxido de antimonio en diversas formas. Como se señaló anteriormente, el trióxido de antimonio es efectivo sólo con sistemas de resinas halogenadas y se utiliza en pequeños porcentajes. El trihidrato de alúmina puede ser efectivo tanto para los sistemas de resinas halogenadas como no halogenadas pero se requieren cargas de complementos mucho más altas para alcanzar el retardo en la reacción al fuego deseado. En consecuencia, el trihidrato de alúmina no puede usarse de manera directa en lugar del trióxido de antimonio. La adición de altos niveles de trihidrato de alúmina puede producir un sistema de mayor viscosidad y reducir las propiedades físicas del laminado. Asimismo, puede reducir las emisiones de humo, especialmente, en sistemas no halogenados.

La adición de trihidrato de alúmina a la barrera anticorrosiva puede dar como resultado una reducción significativa en la resistencia a la corrosión. Antes de usar el trihidrato de alúmina en aplicaciones anticorrosivas, contacte al Servicio Técnico de Ashland para recomendaciones específicas.

Otros Complementos

También se puede usar carbonato de calcio y arcilla caolín como complementos o aditivos para resinas poliéster y viniléster. Estos materiales aumentan la dureza del plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) y, a la vez, reducen el costo total de la pieza. Sin embargo, no se recomiendan estos complementos en aplicaciones que requieran resistencia a la corrosión. Contacte al Servicio Técnico de HETRON para recomendaciones específicas.

Revestimiento Intumesciente

También se usan revestimientos intumescentes para mejorar el retardo en la reacción al fuego y reducir las emisiones de humo de los sistemas de resinas específicos.

Estabilizadores Ultravioleta

Las estructuras de PRFV que se colocan al aire libre pueden experimentar una desintegración pulverulenta o decoloración en la superficie. Esta desintegración pulverulenta o decoloración sólo es un fenómeno que se produce en la superficie y no debe ser perjudicial para el equipo fabricado de manera adecuada. Las resinas poliéster son intrínsecamente más estables a la luz ultravioleta (UV) que las resinas viniléster, y la adición de estabilizadores UV a la capa exterior de la resina puede reducir la degradación UV. El nivel recomendado de estabilizadores UV para el uso con resinas poliéster y viniléster es 0.25 a 0.5%. Para los sistemas de resinas halogenadas, el nivel recomendado de estabilizador UV es 0.5%.

Otra opción para disminuir la degradación UV es la laca protectora HETROLAC® 105. HETROLAC 105 es una laca de viscosidad muy baja con absorbentes UV. La laca HETROLAC 105 mejora la resistencia al clima de PRFV nuevos. Si desea información adicional sobre la laca HETROLAC 105, consulte la hoja de datos técnicos o contacte al Servicio Técnico de Ashland.

Agentes Desgasificadores

A la resina se le puede añadir agentes desgasificadores (0.05 a 0.5%) para disminuir la espuma. Los niveles excesivos de agentes desgasificadores pueden ocasionar que un laminado esté empañado; por lo tanto, no se debe exceder los niveles recomendados. Si desea información adicional, contacte al Servicio Técnico de Ashland.

Recubrimiento Final de Cera

Algunas resinas están sujetas a una inhibición de la superficie cuando son curadas en presencia de aire. La inhibición del aire afecta la resistencia al curado y corrosión de la capa exterior de la resina, dando como resultado una superficie potencialmente pegajosa y sensible a la acetona. Un recubrimiento final que contenga cera de aproximadamente 2.0 a 3.5 mils (0.05 a 0.09 ml) de espesor (51-89 Åm) aplicado a la superficie exterior de la resina puede ayudar a evitar la inhibición del aire. Mientras que la resina se cura, la cera migra hacia la superficie del laminado, se endurece e impide que el aire llegue al laminado. Cuando las condiciones presentan luz solar caliente, el recubrimiento final de cera puede ser ineficaz. Nunca se debe aplicar una solución de cera/resina entre las capas del laminado ya que esto podría ocasionar una aglomeración secundaria pobre y un fracaso prematuro.

La solución de estireno/cera se obtiene disolviendo 20 g de cera de parafina totalmente refinada (punto de fusión = 130 a 140 °F (54 a 60°C) en 180 g de estireno tibio (110 °F (43 °C)). Luego, se añade la solución a la resina en un 2% y se mezcla bien. Posteriormente, la solución de la resina debe promotorizarse y catalizarse de manera normal. Los distribuidores de PRFV también pueden proveer soluciones de cera previamente disueltas.

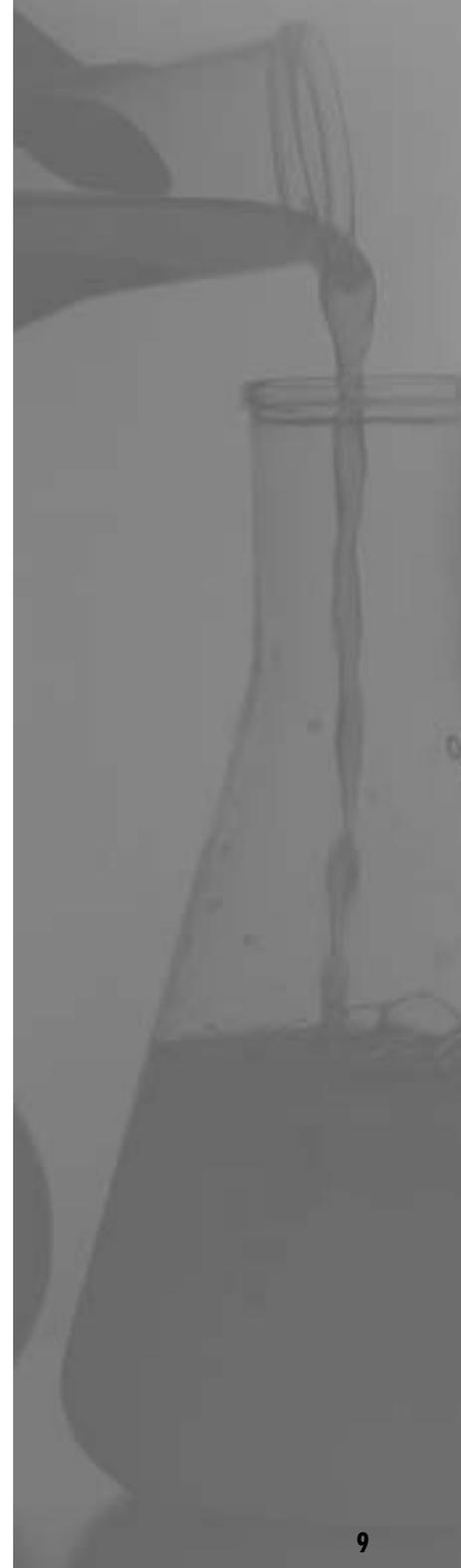
Aditivos Resistentes a la Abrasión

Se necesita un forro resistente a la corrosión y la abrasión cuando las condiciones de operación incluyen lodo u otras aplicaciones con partículas abrasivas que pueden abrasar el barrera química. Cuando se utilizan de manera correcta, el óxido de aluminio y el carburo de silicio, son efectivos al reducir el deterioro del forro producido por la abrasión.

Se debe hacer y catalizar una mezcla de resina y carburo de silicio u óxido de aluminio en base al peso de la resina.

Se ha demostrado también que el uso del velo de carbón en lugar del velo de vidrio "C" o velo sintético mejora la resistencia a la abrasión. Si desea información adicional sobre el mejoramiento de la resistencia a la abrasión, puede contactar al Servicio Técnico de Ashland.

En los Apéndices C y D se incluyen listas de proveedores de muchos de los aditivos que se describen en esta sección. Ellos no son los únicos proveedores de estos productos. Consulte con su distribuidor local sobre proveedores en su área.

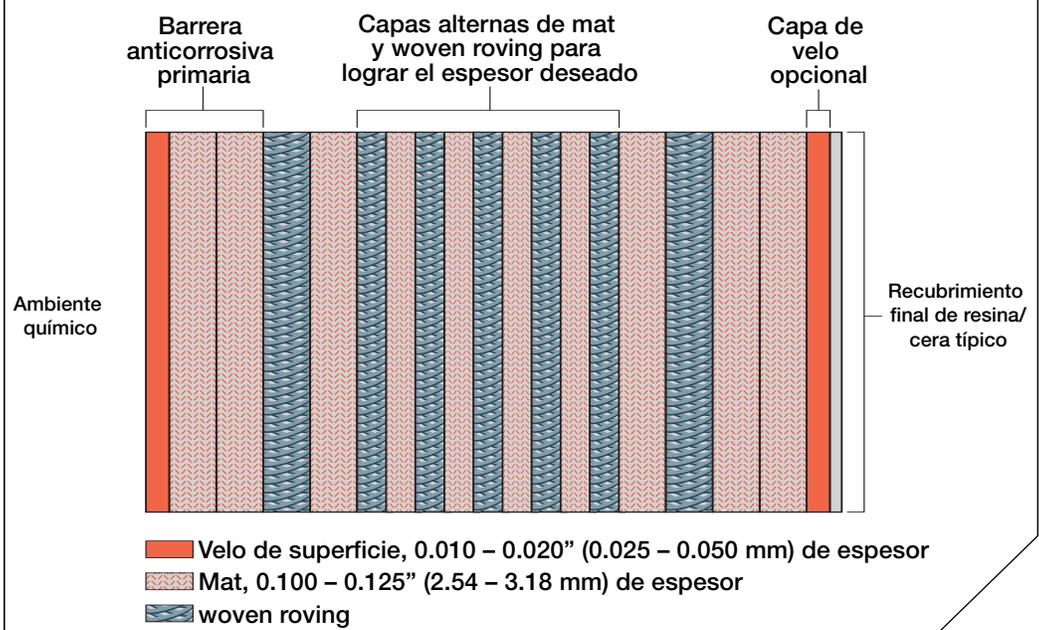


Refuerzos

Secuencia Estándar de Refuerzo para Equipos Resistentes a la Corrosión

La secuencia de laminado para equipos estándares resistentes a la corrosión se basa en la ASTM C581/582 Práctica Estándar para Determinar la Resistencia Química de Resinas Termofijas usadas en Estructuras Reforzadas con Fibra de Vidrio destinadas para Líquidos. Esta secuencia se presenta en la Figura 2.

Figura 2. Barrera Anticorrosiva y Capa Estructural del Laminado



Por lo general, la fabricación comienza en la superficie que estará expuesta al ambiente corrosivo. Primero se aplica una capa rica en resina con 95% de resina y 5% de refuerzo. El refuerzo tiene forma de un velo de superficie compuesto de vidrio C, un tejido sintético o fibra de carbón. Se pueden usar dos capas de velo de superficie para ambientes corrosivos más severos. Al velo le siguen dos o más capas de mat o chopped spray equivalente. Esta capa debe tener al menos 100 a 125 mil (2.5 – 3.1 mm) de espesor y debe constar de 20 a 30% de vidrio. La resina, el velo y el vidrio cortado forman juntos la barrera anticorrosiva primaria que minimiza la penetración del medio corrosivo en la parte estructural del laminado.

El resto del laminado, comúnmente denominado parte estructural, proporciona resistencia y está compuesto de capas alternas de mat o woven roving. Esta parte del laminado debe ser de vidrio en un 40 a 50%. La parte estructural del laminado también puede ser un enrollado de filamentos en donde esta capa por lo general tenga como mínimo 60% de vidrio. El espesor de esta capa variará dependiendo del equipo que se fabrique. Posteriormente, se aplica un último recubrimiento final de cera o gel en la parte exterior del equipo para evitar la inhibición del aire.

Tipos de Refuerzos

El siguiente análisis proporciona pautas generales para la selección de la fibra de vidrio. Sin embargo, debería contactarse al fabricante del vidrio si necesita recomendaciones específicas. Sin considerar el tipo de vidrio, cada tipo debería evaluarse minuciosamente en un laminado de prueba antes de comenzar la fabricación real. En el laminado de prueba, el vidrio debería humedecerse fácilmente.

Existen cuatro formas básicas de fibra de vidrio comúnmente usadas con las resinas HETRON® y AROPOL™ y son las siguientes:

- Velo de superficie
- Mat
- Woven roving
- Recorrido de filamento continuo

La fibra de vidrio comienza como un vidrio fundido y está formado por filamentos que se jalen por un atravesador. Luego, se forma un filamento de vidrio entramado uniendo de manera simultánea un gran número de filamentos.

La superficie del vidrio se trata con gomas y aglutinantes para facilitar un proceso adicional, mantener la integridad de la fibra y proporcionar compatibilidad con diversos sistemas de resinas. Después de este tratamiento, las fibras se procesan adicionalmente en los tipos de vidrio específicos que se describen más adelante.

Velo de Superficie

El propósito del velo de superficie, también denominado estera emergente o tejido de superficie, es proporcionar un refuerzo al forro interior enriquecido con resina de una barrera anticorrosiva que evita rajaduras y grietas. El segundo propósito es evitar la protrusión de fibras de la estera filamentada cortadas en la superficie, que podría permitir que se produzca el drenaje del ambiente en el laminado. mbas son preocupaciones en ambientes acuosos.

El tipo primario de velo de superficie que se usa en aplicaciones anticorrosivas es el velo de vidrio “C”. Sin embargo, en aplicaciones donde el velo de vidrio “C” no es adecuado, se pueden usar otros tipos de velo hechos de fibras de carbón o poliéster termoplástico.

Por lo general, se recomienda el velo de vidrio “C” para los ambientes más corrosivos. Sin embargo, se prefiere el velo sintético en algunos ambientes, como por ejemplo, los que contienen compuestos de flúor. Se prefiere el velo sintético en otros ambientes que se señalan en la guía de selección de resinas. Cuando se usa el velo sintético con resinas menos flexibles, como por ejemplo, las resinas poliéster clorédicas, se recomienda un tipo de velo sintético no poroso para minimizar la tensión en el sistema. Con sistemas de resinas más flexibles, como por ejemplo, las resinas de viniléster pueden usarse tanto los velos sintéticos porosos como los no porosos.

En ambientes severos, se recomiendan múltiples capas de velo; sin embargo, debe tenerse cuidado. En aplicaciones que requieran velo sintético en un ambiente químico, se puede colocar una capa de velo de vidrio C debajo del velo sintético. Existen para minimizar la retención de aire y ayudar a que la laminación por rodillo sea más fácil.

A menudo, el velo de carbón se usa en ambientes abrasivos. Cuando se le utiliza de manera adecuada, este velo ha demostrado que proporciona una mejor resistencia a la abrasión que el velo “C” o el velo sintético. También se usa el velo de carbón para proporcionar un forro conductor para el control de la electricidad estática. Para aplicaciones en las que la conductividad no es conveniente, se debería reconsiderar el uso del velo de carbón. Los velos hechos con otros tipos de vidrios, como por ejemplo, el “A” y el “ECR” se usan con menos frecuencia en la industria anticorrosiva pero pueden aceptarse en algunas aplicaciones. Se debería realizar pruebas minuciosas en el ambiente específico antes de usar el velo “A” y “ECR”.



Velo de vidrio “C”



Velo de superficie sintética NEXUS®



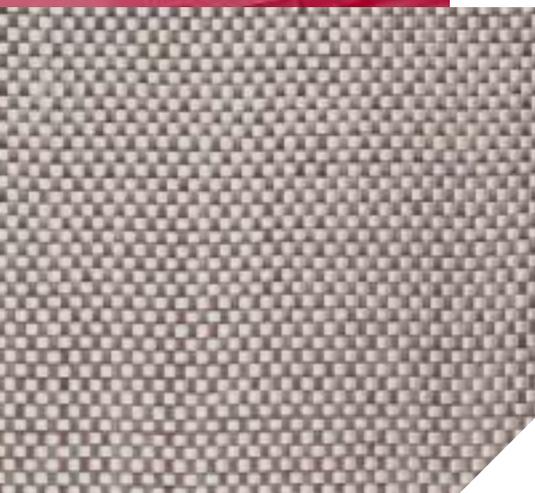
Velo de carbón



Mat

Mat

En la industria anticorrosiva se usan dos tipos primarios de mat, el vidrio "E" y "ECR". Por lo general, las fibras de filamentos cortados tienen 1/2" a 2" (12.5 a 50mm) de largo y, después de ser tratadas químicamente se mantienen unidas por un aglutinante. Los haces de fibra de vidrio forman juntos el mat. El mat se encuentra disponible en una variedad de espesores: 0.75 oz., 1.5 oz. y 2.0 oz. (225 g/m², 450 g/m², 600 g/m²) se usan con más frecuencia en aplicaciones anticorrosivas.



Woven roving

Woven Roving

El woven roving consta de hilados continuos de fibra de vidrio que están tejidos juntos para formar un mat grueso que está disponible en una variedad de espesores y pesos. En la parte estructural de los laminados por rodillo se usan capas alternas de woven roving y mat.



Strand Roving Continuo

Roving continuo

La mayor parte de hilados continuo viene como filamentos no tejidos de vidrio enrollado en paquetes cilíndricos para un proceso adicional. El roving continuo se usa en filament winding y pultrusión o puede cortarse en fibras para aplicaciones de aspersión para reemplazar el mat.

Preparación de Resinas

Cumplimiento de las Normas de la FDA

Varias resinas HETRON® y AROPOL™ cumplen con la norma de la FDA, Título 21 CFR 177.2420 para uso repetido en contacto con los alimentos, con sujeción a que el usuario cumpla con las limitaciones prescritas de esta norma:

Resinas HETRON 700, 922, 922L-25 y 942/35

Resinas AROPOL 7241T-15, 7334T-15

Cuando fabrique equipos en cumplimiento de las normas de la FDA, contáctese con el Servicio Técnico de Ashland si necesita información sobre otras resinas que cumplan con estos requisitos.

Cuando fabrique tales equipos, existen varias medidas que deben seguirse a fin de reducir el estireno residual. Antes de la exposición, todo el equipo fabricado debe poscurarse a 180°F (82°C) con calor seco durante 4 horas. Luego, la superficie del equipo debe lavarse con un detergente suave y agua y enjuagarse bien con agua.

Adición de Promotores e Iniciadores

En la fabricación con las resinas HETRON y AROPOL, es importante promotorizar y catalizar la resina correctamente a fin de asegurar que el tiempo de trabajo sea adecuado. En el Apéndice A aparecen las tablas de adición de promotores e iniciadores para muchas resinas HETRON y AROPOL. Estas tablas indican los niveles que deben agregarse a diferentes temperaturas para lograr los tiempos de trabajo deseados. Estas tablas sirven sólo como pautas y los valores no deben considerarse como especificaciones. Una de las formas más efectivas de controlar la temperatura exotérmica sin afectar el tiempo de gel es agregar hasta 400 ppm de naftenato de cobre a la solución. Esto debe hacerse lo más cerca posible al tiempo de catalización. Con el paso del tiempo, el naftenato de cobre y el cobalto reaccionarán con uno u otro. Si se utiliza un iniciador como peróxido de hidrógeno bajo (BPO, CHP, o cualquiera de los MEKPs "sin espuma"), se afectará significativamente el tiempo de gel. Las resinas epoxi-viniléster HETRON F-Cat no harán espuma con los MEKPs estándares.

Ajuste de los Niveles de Promotores e Iniciadores para Aplicaciones Prácticas

Los niveles señalados en el Apéndice A representan las condiciones de laboratorio y con mayor frecuencia tendrán que ajustarse para acomodarse a las condiciones de trabajo reales en una fábrica o en el campo. Muchas cosas pueden influir en el tiempo de trabajo de una resina. Las altas temperaturas de la fábrica y de la resina, la luz solar directa y los laminados gruesos pueden ocasionar que se reduzca el tiempo de gel de una resina. Las temperaturas bajas de la fábrica y de la resina, los disipadores térmicos (moldes de metal) y los complementos pueden ocasionar que el tiempo de gel se alargue.

Cuando el tiempo de gel es demasiado corto debido a las condiciones de trabajo, los niveles de los promotores pueden ajustarse a fin de alargar el tiempo de gel. El inhibidor debe estar de acuerdo con los que se recomiendan en la tabla apropiada.

El Apéndice E muestra un resumen de algunos de la mayoría de problemas comunes que se encuentran en los sistemas de curado a temperatura ambiente y las sugerencias para minimizar estos problemas. Asimismo, puede contactar al Servicio Técnico de Ashland si requiere ayuda para ajustar los tiempos de gel.

Preparación de la Resina

A fin de fabricar el equipo de manera correcta, la resina debe prepararse de manera adecuada y segura. A continuación se muestran varios pasos que deben seguirse en la preparación de la resina.

1. Calcular el tiempo requerido para la fabricación. Recuerde tener en cuenta la resina y la temperatura del aire: A mayor temperatura, el curado es más rápido; A temperatura más baja, el curado es más lento. La viscosidad de la resina también puede ser afectada por la temperatura.
2. Si se utiliza una resina pura y se agrega un tixotropo, éste debe agregarse a la resina y agitarse utilizando un mezclador altamente eficaz hasta haber logrado el índice tixotrópico deseado. La agitación altamente eficaz genera calor; por lo tanto, este paso debe realizarse antes de agregar cualquier promotor.
3. Usando las tablas de adición de promotores o iniciadores como pautas, escoja los niveles de aditivos apropiados para lograr un tiempo de trabajo adecuado.
4. Pese la cantidad necesaria de resina, cobalto, DMA, y, si es pertinente, los inhibidores (disueltos previamente en estireno u otro disolvente apropiado) en recipientes separados. El Apéndice F contiene una tabla de conversión que puede ser útil cuando se mide el volumen de los materiales.
5. Agregue cobalto a la resina y mezcle bien usando un mezclador de aire comprimido con una agitación lenta a moderada. Durante toda la mezcla, debe tenerse cuidado para minimizar la retención de aire en la resina. El exceso de burbujas de aire en un laminado puede ocasionar una disminución de las propiedades físicas y anticorrosivas.
6. Agregue la DMA o DEA; mezcle bien.
7. Agregue cualquier otro material líquido, como por ejemplo, inhibidores, y mezcle bien.
8. Agregue cualquier pigmento o complemento, como por ejemplo, trióxido de antimonio, trihidrato de alúmina, etc., y mezcle bien.
9. Después de haber agregado todos los ingredientes, debe mezclarse bien el cilindro.
10. Después de mezclar los promotores y complementos necesarios, debería retirarse una muestra de la resina y llevarse a cabo una prueba de tiempo de gel. Nuevamente, remítase a la tabla de promotores e iniciadores designada si desea conocer el nivel de iniciador recomendado.
11. El tiempo de gel puede alargarse agregando un inhibidor o puede reducirse agregando más cobalto o DMA; sin embargo, no exceda los niveles recomendados para esa resina.
12. Catalice la resina según sea necesario.
13. Si la temperatura exotérmica de curado es demasiado alta, puede agregarse el naftenato de cobre para controlarla. No se afectará el tiempo de gel si se utiliza un MEKP estándar. Si se agrega a la resina más de un combinado de 400 ppm de naftenato de cobre y un inhibidor, no podrá ser posible un curado total. Contáctese con el Servicio Técnico de Ashland si necesita más pautas.



Aplicando naftenato de cobalto al 6%



Indicador típico del tiempo de gel

Preparación de un Laminado de Prueba

A continuación se muestra el procedimiento paso a paso para preparar un laminado de prueba estándar. Los materiales que se necesitarán son una película protectora, un utensilio para esparcir, un rodillo acanalado, resina, velo de superficie de vidrio, mat (fieltro de fibra de vidrio), woven roving y un disolvente para limpieza. Antes de empezar el proceso de laminado, debe cortar la fibra de vidrio según el tamaño necesario y formular debidamente la cantidad de resina necesaria. No catalice la resina hasta que usted esté listo para empezar el laminado.



1

1. Se debe preparar la superficie esparciendo una película protectora en la parte superior de la mesa de trabajo como protección.
2. En este momento, catalice la cantidad de resina para lograr el rango deseado de resina a vidrio. Vierta cierta cantidad sobre la película protectora y espárzala con el utensilio para esparcir (bajalenguas, pincel, etc.). Cuando esté laminando, debe aplicar el velo y el vidrio a una superficie del molde enriquecido con resina. Las burbujas de aire se forman con facilidad cuando se aplica el vidrio a una superficie seca.



2



3

3. Coloque con cuidado el velo de superficie sobre la resina y pásele el rodillo hasta que el velo esté completamente mojado. Cuando extienda el laminado, hágalo con firmeza pero no demasiado fuerte, y extiéndalo desde el centro hacia los extremos. Esto ayuda a "sacar" las burbujas de aire del laminado.



4

4. Aplique más resina y espárzala con el utensilio para esparcir. Asegúrese de que salgan todas las burbujas de aire de la capa de vidrio en la que está trabajando antes de aplicar otra capa de vidrio.



5

5. Coloque una capa de mat (fieltro de fibra de vidrio) sobre la resina y pásele el rodillo. Si es necesario, aplique más resina para mojar bien el mat.



6

6. Aplique una segunda capa de mat (fieltro de fibra de vidrio) y pásele el rodillo bien. Nuevamente, puede agregar más resina de ser necesario.

7. Cuando el mat esté totalmente mojado, aplique más resina, espárcela con el utensilio para esparcir y aplique una capa de woven roving. Este material es más difícil de mojar que el velo o el mat; por esto, quizá requiera agregar más resina y pasarle el rodillo para mojar bien el roving.
8. Repita los pasos seis y siete según sea necesario para que el laminado tenga el espesor necesario.
9. Después de haber aplicado todo el woven roving, aplique una capa final de resina y de mat; y páselo bien el rodillo. Cuando termine de pasar el rodillo, colóquelo en un disolvente para limpieza y deje que el laminado se cure completamente. Cuando el laminado esté curado por completo a temperatura ambiente, realice el poscurado según se indica en la siguiente sección.



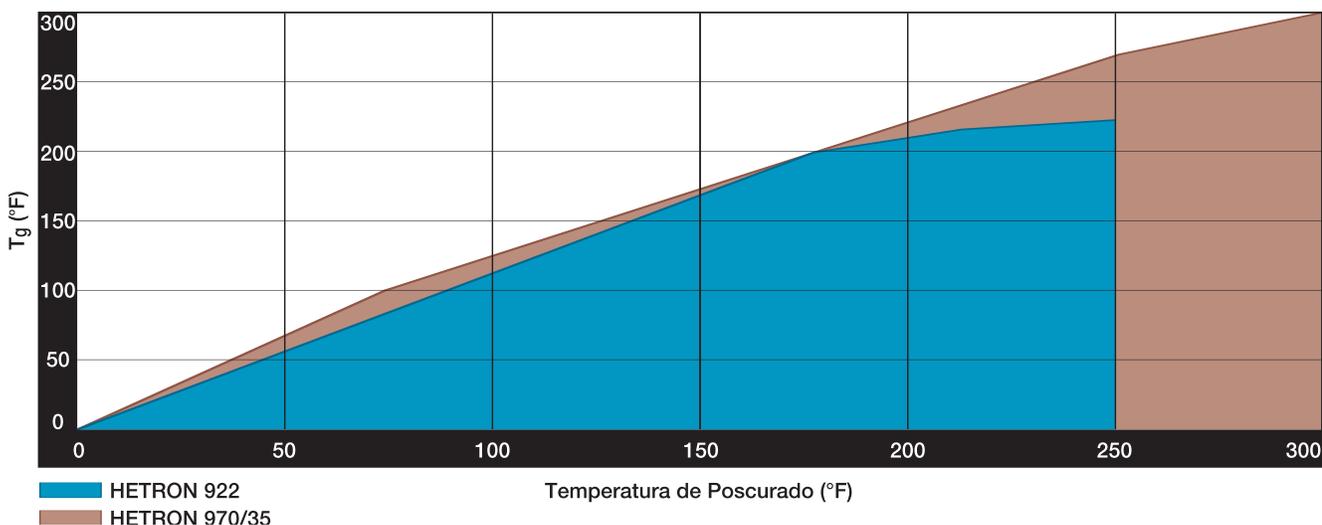
Poscurado del Laminado

Después de fabricar el equipo de PRFV, es importante poscurar el equipo a fin de garantizar que se logre un óptimo curado. La Figura 3 ilustra cómo la temperatura de poscurado afecta la temperatura final de transición vítrea (T_g) de una resina.

Lo ideal es que un laminado debe poscurarse durante dos horas a una temperatura por encima de la temperatura de deflexión por calor (HDT) de la resina. La HDT de la mayoría de resinas HETRON® y AROPOL™ está entre 200°F (93°C) y 300°F (149°C); por lo tanto, para la mayoría de sistemas es conveniente un poscurado de dos horas a 280°F (138°C).

Los laminados hechos con HETRON 970/35 deben poscurarse a 300°F (149°C) durante dos horas dado que tiene un HDT de 297°F (147°C). Puede contactar al Servicio Técnico de Ashland si desea más información sobre poscurado.

Figura 3. Temperatura de Transición Vítrea (T_g) Contra Temperatura de Poscurado



Métodos de Fabricación

Normas de Fabricación

La fabricación del equipo de PRFV se rige por diversas normas que proporcionan pautas y requisitos para los métodos de composición, rendimiento, construcción, diseño y prueba de tales equipos. La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), la Oficina Nacional de Normas (NBS) y la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) publican numerosas normas para la fabricación de diversos tipos de estructuras de PRFV. A continuación, se señalan algunas normas comunes:

1. **Norma ASTM C 581** - Método de Prueba para Resistencia Química de Resinas Termoen Durecibles Usadas en Estructuras Reforzadas con Fibra de Vidrio.
2. **Norma ASTM C 582** - Especificación para Laminados de Plástico Reforzados para Estructuras Autoportantes para Uso en Ambientes Químicos.
3. **Norma ASTM D 2105** - Método de Prueba de Propiedades de Tracción Longitudinal de Tubos de Plástico Termofijo Reforzado.
4. **Norma ASTM D 2143** - Método de Prueba de Resistencia a la Presión Cíclica de Tubos de Plástico Termofijo Reforzado.
5. **Norma ASTM D 2310** - Clasificación de Tubos de Resina Termofija Reforzada Hechos a Máquina.
6. **Norma ASTM D 2517** - Especificación para Tubos y Accesorios de Presión de Gas de Resina Epóxica Reforzada.
7. **Norma ASTM D 2562** - Práctica para Clasificar Defectos Visuales en Partes Moldeadas de Plásticos Termofijos Reforzados.
8. **Norma ASTM D 2563** - Práctica para Clasificar Defectos Visuales en Partes del Laminado de Plástico Reforzadas con Fibra de Vidrio.
9. **Norma ASTM D 2924** - Método de Prueba de Resistencia a la Presión Externa de Tubos de Resina Termofija.
10. **Norma ASTM D 2925** - Método de Prueba de Desviación de Haz de Tubos de Plástico Termofijo Reforzado Bajo un Flujo de Paso Completo.
11. **Norma ASTM D 2992** - Método para Obtener Bases de Diseño Hidrostático para Tubos y Accesorios de Resina Termofija Reforzada.
12. **Norma ASTM D 2996** - Especificación para Tubos de Resina Termofija Reforzada con Enrollado de Filamentos.
13. **Norma ASTM D 2997** - Especificación para Tubos de Resina Termofija Reforzada Moldeada por Centrifugación.
14. **Norma ASTM D 3262** - Especificación para Tubos de Desagüe de Mortero de Plástico Reforzado.
15. **Norma ASTM D 3299** - Especificación para Tanques Resistentes a Químicos de Resina termoen durecible Reforzada con Fibra de Vidrio con Enrollado de Filamentos.
16. **Norma ASTM D 3647** - Práctica para Clasificar Formas de Pultrusión de Plástico Reforzado Según la Composición.
17. **Norma ASTM D 3917** - Especificación para Tolerancia Dimensional de Formas de Pultrusión de Plástico Reforzado con Vidrio Termofijo.
18. **Norma ASTM D 3918** - Definiciones de Términos Relacionados con Productos de Pultrusión Reforzados.

19. **Norma ASTM D 3982** – Especificación para Cascos de Resina Termofija Reforzada con Fibra de Vidrio y Moldeada a Presión de Contacto a Medida.
20. **Norma ASTM D 4021** – Especificación para Tanques de Almacenamiento de Petróleo Subterráneo de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio.
21. **Norma ASTM D 4350** – Método de Prueba de Índice de Corrosividad de Plásticos y Complementos.
22. **Norma ASTM D 4385** – Práctica para Clasificar Defectos Visuales en Productos de Pultrusión de Plástico Reforzado Termofijo.
23. **Norma ASTM D 5364** – Guía para el Diseño, Fabricación y Construcción de Forros para Chimeneas de Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio con Unidades a Base de Carbón.
24. **Norma NBS PS 15-69** – Producto Voluntario para Equipos de Procesos Resistentes a Químicos de Poliéster Reforzado y Moldeado por Contacto a Medida (Edición Agotada).
25. **ASME/ANSI RTP-1** – Norma Nacional Americana para Equipos Resistentes a la Corrosión de Plástico Termofijo Reforzado.

Las normas también se utilizan para clasificar propiedades de retardo en la reacción al humo y fuego de equipos de PRFV. A continuación se señalan las normas sobre incendios a las que por lo general se hace mayor referencia:

1. **Norma ASTM D 635** – Método de Prueba para el Índice de Combustión o Extensión y Tiempo de Combustión de Plásticos Autoportantes en Posición Horizontal.
2. **Norma ASTM D 2863** - Método de Prueba para Medir la Concentración Mínima de Oxígeno para Mantener la Combustión Tipo Vela de Plásticos (Índice de Oxígeno).
3. **Norma ASTM E 84** – Método de Prueba de Características de Combustión de la Superficie de Materiales de Construcción.
4. **Norma ASTM E 162** – Método de Prueba de Inflamabilidad de la Superficie de Materiales Usando Una Fuente de Energía Térmica.
5. **Norma ASTM E 662** – Método de Prueba de Densidad óptica Específica del Humo Generado por Materiales Sólidos.
6. **Norma ASTM E 906** – Método de Prueba de Índices de Emisión de Humo Visible y Caliente para Materiales y Productos.
7. **Norma UL 94** – Pruebas de Inflamabilidad de Materiales de Plástico para Partes de Dispositivos y Accesorios.

PROCESOS DE FABRICACIÓN

Laminación por Rodillo

El proceso de laminación por rodillo demanda una pequeña inversión de capital y es el método de fabricación más antiguo, simple y que requiere más mano de obra. La laminación por rodillo es muy apropiada para la producción de poco volumen de equipos y puede usarse tanto para la barrera anticorrosiva como para la parte estructural.

Este proceso usa un sistema de curado a temperatura ambiente en el que se aplica la resina catalizada en la superficie de un molde, y luego, en la parte superior de la resina, se coloca la fibra de vidrio, por lo general, el velo, mat o roving. Posteriormente, la fibra de vidrio se satura con la resina pasando el rodillo sobre la superficie. Esta acción de pasar el rodillo también ayuda a eliminar las burbujas de aire que pueden afectar perjudicialmente el rendimiento del laminado. Después de pasar el rodillo, se aplica más resina y fibra de vidrio para formar la barrera anticorrosiva y la parte estructural del laminado. Cada capa consecutiva se aplica de la misma manera que la primera.

Laminación por Aspersión

El proceso de laminación por rodillo demanda una pequeña inversión de capital y es el método de fabricación más antiguo, simple y que requiere más mano de obra. La laminación por rodillo es muy apropiada para la producción de poco volumen de equipos y puede usarse tanto para la barrera anticorrosiva como para la parte estructural.

Este proceso usa un sistema de curado a temperatura ambiente en el que se apli-



Pistola de absorción típica

ca la resina catalizada en la superficie de un molde, y luego, en la parte superior de la resina, se coloca la fibra de vidrio, por lo general, el velo, mat o roving. Posteriormente, la fibra de vidrio se satura con la resina pasando el rodillo sobre la superficie. Esta acción de pasar el rodillo también ayuda a eliminar las burbujas de aire que pueden afectar perjudicialmente el rendimiento del laminado. Después de pasar el

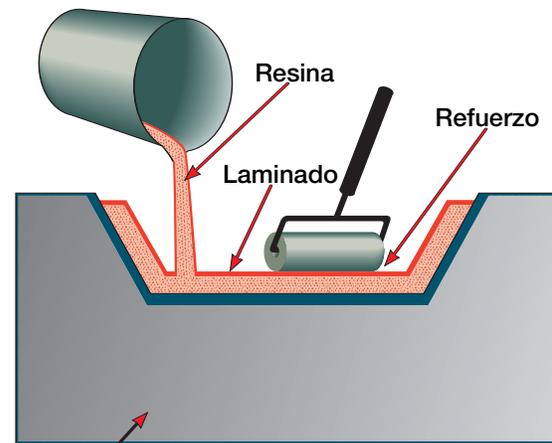
rodillo, se aplica más resina y fibra de vidrio para formar la barrera anticorrosiva y la parte estructural del laminado. Cada capa consecutiva se aplica de la misma manera que la primera.

Laminación por Aspersión

El filament winding es un proceso excelente para fabricar equipos cilíndricos, como por ejemplo, tanques, tubos, ductos, etc. El filament winding requiere menos mano de obra que la laminación por rodillo y la laminación por aspersión, y produce estructuras muy uniformes en lo que respecta al espesor, ratio de resina a vidrio, etc. Se recomienda el filament winding sólo para la parte estructural del equipo de PRFV. La barrera anticorrosiva debería fabricarse usando la laminación por rodillo o la laminación por aspersión.

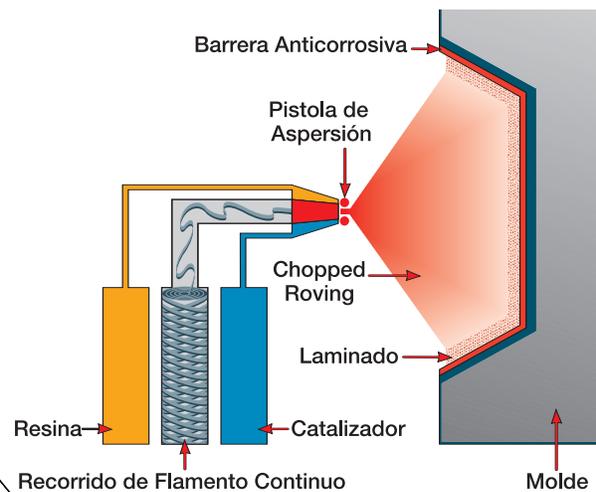
Por lo general, el filament winding usa un sistema de curado a temperatura ambiente, pero usualmente con tiempos de gel muy prolongados. Una barrera anticorrosiva enriquecida con resina se aplica a una matriz y se deja curar. Luego, se jala el vidrio o strand roving continuo por los rieles, impregnado con resina y guiado sobre una matriz giratoria en un patrón helicoidal. Esto produce la

Laminación por Rodillo

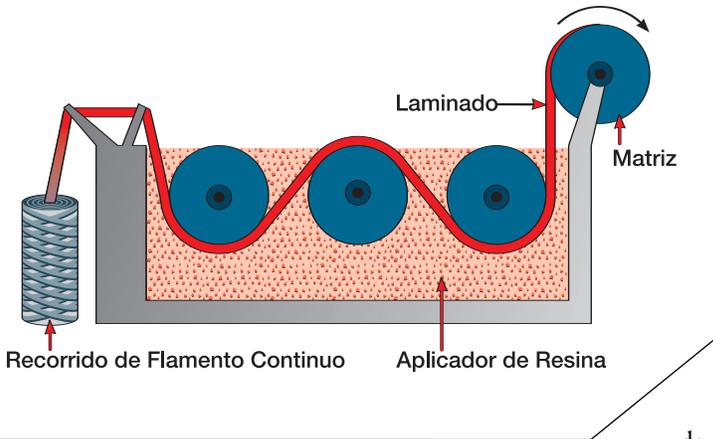


Molde de Contacto

Laminación por Aspersión



Filament Winding



parte estructural del equipo que es por lo general 60% de vidrio. El gran ángulo formado por este patrón tiene una relación directa con la resistencia física de la parte. También se puede aplicar mat o roving para acelerar la elaboración de la parte estructural.

Pultrusión

La pultrusión es un proceso continuo que produce partes con una sección transversal constante, como por ejemplo, vigas en I, canales, varillas sólidas y rieles. El proceso utiliza vidrio, resina, complementos, peróxidos, pigmentos y agentes emisores. El refuerzo de vidrio se alimenta a través de bobinas en un baño de resina en el que el sustrato de vidrio se impregna completamente con la mezcla de resina. El material fibroso húmedo luego pasa por rieles formadores en los que se elimina el exceso de resina que hay en el vidrio. Si el sustrato es delgado, pasa a un molde calentado en el que la mezcla de resina se vuelve gel y se cura en su forma final. Un sustrato grueso pasa por una cámara de precalentamiento por radiofrecuencia en la que la temperatura de la resina llega casi al punto de gel del sistema. Desde aquí, el material pasa por un molde de metal calentado en donde la masa resinosa comienza a curarse. La matriz de la resina y vidrio se solidifica en la forma exacta de la cavidad del molde que se ha usado. Luego, unas plataformas de oruga o pinzas jalen el material curado a la estación de corte en la que se corta a la longitud deseada. La pultrusión puede producir partes mal llenadas con contenidos de vidrio tan altos como de un 75% y con resistencias muy altas.



Ejemplos de perfiles de pultrusión

Moldeo por Centrifugación

El moldeo por centrifugación se usa en la fabricación de cilindros con espesor constante. Los moldes que se usan en el moldeo por centrifugación con frecuencia se pulen hasta obtener un acabado brillante. El vidrio y la resina catalizada se aplican al interior del molde giratorio. Esta rotación distribuye de manera uniforme el vidrio y la resina en la superficie del molde.

Resin Transfer Molding (RTM)

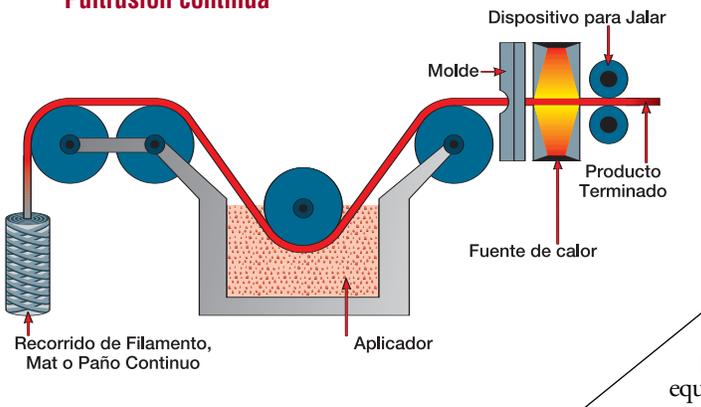
El resin transfer molding (RTM) es un proceso mecánico en el que se usa un sistema de molde cerrado. El iniciador y la resina se bombean a presión desde dos recipientes separados hacia un molde cerrado que contiene refuerzo de vidrio, por lo general, mat continuo. La resina es bombeada hacia el molde hasta que el exceso de resina sale por respiraderos colocados en el extremo del patrón de flujo. Luego, el sistema puede curar por un período de tiempo específico, después del cual se abre el molde y se retira la parte.

El RTM requiere una resina de baja viscosidad, por lo general, menor de 250 cps, que puede bombearse fácilmente y llenar el molde y humedecer el vidrio de inmediato. También se pueden incorporar complementos a la mezcla de resina para ciertas aplicaciones. El RTM utiliza sistemas de iniciadores a temperatura elevada o a temperatura ambiente. El RTM es apropiado para un volumen de producción mediano y proporciona un proceso que es menos costoso que el moldado por compresión y más rápido que la laminación por aspersión.

Forros

En algunos casos, el forro de una estructura de PRFV puede corroerse, pero la parte estructural del equipo puede estar en condiciones aceptables. En estos casos, el equipo existente puede volverse a forrar para prolongar su tiempo de vida. Un forro de PRFV también puede colocarse en un equipo de acero existente o aplicarse sobre concreto. Ya sea que forre una estructura existente o coloque un forro nuevo, debe preparar la superficie de manera adecuada para asegurar una buena unión entre el forro de fibra de vidrio y la estructura existente.

Pultrusión continua



En primer lugar, debería lavarse el forro de PRFV dañado o corroído para eliminar grandes cantidades de suciedad, etc., y luego colocarse nuevamente en la capa estructural. Al forrar un tanque de acero, la superficie debería ser lijado o arenar hasta obtener un “metal blanco”. La superficie de metal decapada debería ajustarse a los perfiles de decapado de metal blanco SSPC-SP-5 o NACE No. 1. En el caso del concreto, la estructura reticular del cemento Pórtland debería retirarse para exponer la piedra. Muchos métodos de pulido son aceptables; sin embargo, el decapado abrasivo y el decapado con arena son los preferidos. Cuando se forra una estructura de concreto, el concreto debería tener por lo menos 28 días de antigüedad y estar completamente seco. El pulido debería realizarse de igual manera que con el metal. Después del decapado, cualquier rajadura, agujero, etc. debería llenarse con masilla, dejarse curar y luego lijar suavemente. Después de haber finalizado el pulido, la superficie debería aspirarse bien para eliminar todo el polvo y suciedad.

La superficie del equipo que se debe volver a forrar no debería exceder los 100°F (38°C). Luego se aplica una capa de imprimación uniforme de resina, de 1 a 3 mil (0.03 a 0.08 milímetros) de espesor, usando una brocha u otro equipo apropiado. La capa de imprimación evita la corrosión de la superficie antes de la aplicación de la resina que se lamina y también proporciona una superficie de unión para la resina que se lamina. La capa de imprimación debería dejarse curar en condiciones de temperatura ambiente, 60 a 100°F (15 a 38°C) para que no quede pegajosa antes de aplicar la resina que se lamina. El procedimiento de laminado debería seguir a la aplicación de imprimación lo antes posible. No se debería permitir que se forme una condensación sobre la capa de imprimación. Si se permite que la capa de imprimación desarrolle un curado sólido, la superficie debería pulirse suavemente y debería aplicarse otra capa de imprimación antes de aplicar la resina que se lamina.

Fabricación de Secciones Guesas

Los sistemas de resina epoxi-viniléster de HETRON® están diseñados para funcionar satisfactoriamente en la fabricación de partes gruesas en la que las temperaturas exotérmicas constituyen una preocupación. Cuando se lamina una sección gruesa, en primer lugar, formule el paquete de promotores para lograr el tiempo de gel deseado y necesario para la aplicación (ver Apéndice D para formulaciones específicas). En segundo lugar, fabrique un laminado de prueba para ver si la temperatura exotérmica de la resina va a ser demasiado alta, dando como resultado secciones quemadas de la parte. Si éste es el caso, añada naftenato de cobre a la formulación hasta (pero no más de) 400 ppm (ver Apéndice D para ejemplos de formulaciones y niveles de carga de naftenato de cobre). Como resultado, el sistema de la resina mantendrá las mismas características del tiempo de gel, pero la temperatura exotérmica máxima será mucho menor, eliminando la preocupación del quemado. La resina debería usarse dentro de un día de cargar el cobre. El cobre hace que las características del gel varíen con el tiempo.

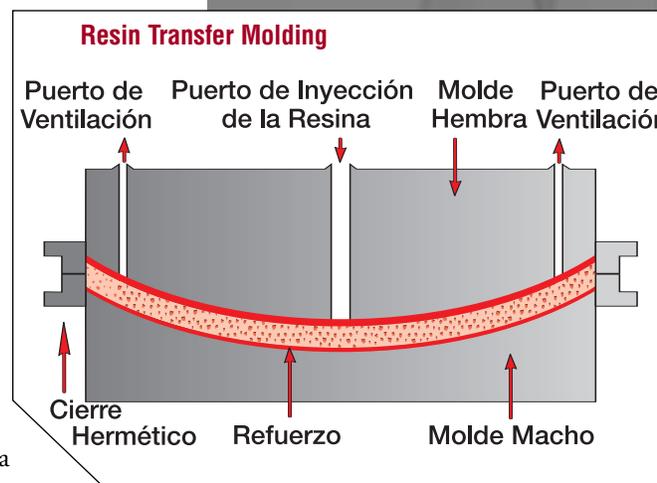
Procesos de Acabado

Existe una variedad de métodos disponibles para terminar la superficie exterior del equipo de PRFV. En muchos casos, se asperja o se aplica con rodillo o con brocha un recubrimiento final de resina con cera disuelta sobre la superficie del equipo de PRFV. Esta cera forma una película que impide la inhibición de aire de la resina. La inhibición de aire puede producir una superficie pegajosa. Sin embargo, se debe tener cuidado si se debe realizar un laminado en el futuro, como por ejemplo, la adición de boquillas o surtidores ya que la cera interferirá con la segunda unión. Debe retirarse antes de las siguientes laminaciones. Por lo general, esto se logra mediante el desbastado de la superficie.

Si el equipo debe ser de un color determinado, puede recubrirse con gel o pintarse. Estos recubrimientos tienen la ventaja adicional de proporcionar opacidad a los contenidos sensibles a la luz y protección contra el clima a los equipos de PRFV que se usan al aire libre.



Una parte hecha mediante RTM



Inspección del Laminado

El equipo para materiales compuestos de Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) debería inspeccionarse después de haber concluido toda la fabricación y antes de poner el equipo en funcionamiento. De ser posible, la inspección debería realizarse en la fábrica en donde se pueden solucionar rápidamente los problemas, en caso de encontrarse alguno. Se debería realizar una inspección adicional inmediatamente después de instalar el equipo para asegurar que no se haya producido ningún daño mecánico como resultado del transporte e instalación. Después de la instalación, se deberían realizar inspecciones periódicas para supervisar la integridad del equipo y determinar si se necesita reparar o reemplazar el equipo y en qué momento debe hacerse.

Se recomienda también que se registre el tipo de resina, velo y tipo de vidrio, método de fabricación, condiciones de servicio y fecha y lugar de la instalación cuando se instale el equipo. El conservar un registro de esta información es esencial al momento de reparar o revestir el equipo.

Inspección Visual

Uno de los tipos de inspección más simples y efectivos es el visual. Se pueden detectar muchas imperfecciones en un laminado tan sólo sosteniendo una linterna detrás del laminado y observándolo. Las burbujas de aire, la uniformidad del laminado, las rajaduras y el desgaste son sólo algunas de las cosas que se pueden detectar al observar el laminado. La tabla en el Apéndice G describe algunos defectos comunes que pueden detectarse visualmente, junto con los pasos que pueden seguirse para minimizar estos defectos. Si necesita más información sobre inspección de partes del PRFV y defectos comunes del laminado, remítase a ASTM C 582 - Norma de Especificación para Laminados de Plástico Termofijo Reforzado (RTP) y Moldeado por Contacto para Equipos Resistentes a la Corrosión o a ASTM D 2563 - Norma de Prácticas Recomendadas para la Clasificación de Defectos Visuales en Partes del Laminado de Plástico Reforzado con Vidrio.

La superficie del laminado también debería examinarse con cuidado. Una superficie que es suave y uniforme en el color es por lo general un indicador de un laminado bien fabricado. No debería haber espacios secos ni fibras de vidrio que sobresalgan de la superficie del laminado.

En ciertas ocasiones, una especificación requerirá que se extraiga una sección de la estructura y se examine el espesor de la estructura y del forro, vacíos, uniones interlaminares y uniformidad íntegra del laminado. También pueden detectarse las áreas de alta tensión y usualmente aparecen como diminutas rajaduras en la sección transversal.

Dureza Barcol

Los valores de la dureza Barcol actúan como un indicador del grado de curado; los valores altos indican un curado completo y los valores bajos indican un curado incompleto. Los valores Barcol variarán de un sistema de resina a otro y dependerán del tipo y número de capas del velo. Por lo general, un laminado bien curado y bien fabricado tendrá una lectura Barcol mínima de 30. Sírvase contactar al Servicio Técnico de Ashland si desea más información.

Según la Norma ASTM C 581, el valor Barcol registrado debe ser por lo menos el 90% del valor Barcol publicado para ese sistema de resina para que se acepte el equipo. Los valores Barcol para las resinas HETRON® y AROPOL™ se indican en las hojas de datos de cada producto o pueden obtenerse por medio del Representante del Servicio Técnico de Ashland.

Para verificar la dureza Barcol del equipo de PRFV, remítase a la Norma ASTM D 2583 - Método de Prueba de Dureza a la Indentación de Plásticos Rígidos por medio de un Impresor Barcol.

Por lo general, los valores altos o bajos de Barcol pueden deberse a diversos factores:

Valores Altos de Barcol

1. Superficie del laminado con alto contenido de vidrio; el probador Barcol puede estar midiendo el vidrio.

Valores Bajos de Barcol

1. Superficie del laminado con recubrimiento final de cera/resina. Lije una pequeña área del recubrimiento de cera y mida el Barcol otra vez.
2. Laminado fabricado con velo sintético.
3. Laminado con curado insuficiente debido posiblemente a una mezcla incompleta con un iniciador o ratios incorrectos de iniciadores.
4. Prueba en una superficie curva.

Sensibilidad a la Acetona

La prueba de sensibilidad a la acetona puede usarse junto con la prueba de dureza Barcol para determinar el grado de curado de un laminado. Esta prueba consiste en frotar de cuatro a cinco gotas de acetona con el dedo en la superficie del laminado hasta que la acetona se evapore. La superficie del laminado no debería tener desmoldeados, cera, polvo o suciedad. Si, después de la evaporación, la superficie del laminado permanece pegajosa o suave, el laminado está inhibido de aire y no está curado completamente. En algunos casos, el poscurado de la parte de PRFV puede curar, por último, un laminado y mejorar los resultados de la prueba de sensibilidad a la acetona y dureza Barcol.



Impresor de dureza Barcol

Información Reglamentaria y de Salubridad y Seguridad

Hojas de Datos de Seguridad del Material

Las hojas de datos de seguridad del material (MSDS) de todas las resinas HETRON® y AROPOL™ están disponibles en la División de Ashland. Las MSDS contienen información sobre salubridad y seguridad para ayudar a las personas que manipulan las resinas a desarrollar procedimientos adecuados para la manipulación del producto para proteger a los empleados y clientes. Antes de usar los productos de Ashland en sus instalaciones, todo el personal debería leer y comprender las MSDS.

Las resinas HETRON y AROPOL son polímeros que se diluyen con estireno u otros monómeros para obtener una viscosidad que permita trabajar con la resina. Los ingredientes peligrosos más comunes en las resinas son el estireno u otros monómeros. Por lo general, el polímero contenido en la resina no es peligroso.

El estireno tiene un olor acre que se detecta fácilmente debido al nivel de detección de olores muy leves de menos de 1 ppm. Por esta razón, aún las partes curadas por completo pueden tener un olor a estireno residual.

El estireno está sujeto a varias disposiciones estatales y federales que tienen el potencial de impactar las instalaciones usando las resinas HETRON y AROPOL. Antes de usar las resinas HETRON o AROPOL, se debería revisar las disposiciones actuales para cada instalación.

Si desea información más actual y completa sobre los efectos del estireno en la salud, visite los siguientes sitios Web: www.styrene.org o www.styreneforum.org. Otros monómeros que se usan en las resinas HETRON y AROPOL plantean diferentes peligros. Como siempre, consulte la MSDS del producto para los detalles.

Inflamabilidad

Las resinas líquidas HETRON y AROPOL son inflamables debido a la presencia de estireno u otros monómeros. La resina líquida debería almacenarse lejos de fuentes de calor, como por ejemplo, estufas, llamas abiertas y equipo que produzca chispas. Debe estar estrictamente prohibido fumar en el área de fabricación.

Las chispas de electricidad estática también pueden producir incendios. Una de las formas más efectivas de evitar chispas electrostáticas consiste en conectar a tierra y adherir debidamente los equipos de la planta y contenedores. No use sopletes de soldar o cortar en cilindros de resinas vacíos porque podrían contener vapores inflamables que podrían encenderse.

En caso de incendio que involucre a las resinas HETRON y AROPOL, el incendio debería apagarse usando espuma, polvo químico seco o dióxido de carbono.

Cuando las resinas HETRON y AROPOL se queman, se liberan gases tóxicos como el monóxido de carbono y bromuro de hidrógeno (sólo resinas bromadas). Por este motivo, se debe tener cuidado para evitar la inhalación de humos. De ser necesario, se debería usar un equipo de respiración autónomo mientras se apaga el incendio. Si necesita más detalles, consulte la MSDS y su plan de seguridad del lugar.

ASUNTOS DE LA SALUD

Contacto Dérmico

En todo momento, se debería usar guantes y ropa de protección mientras se manipula las resinas HETRON y AROPOL. Un contacto prolongado o repetido con la piel puede causar irritación y daño. Si la resina entra en contacto con la piel, lávese de inmediato con bastante agua y jabón. Si la piel se daña, busque atención médica de inmediato. Si los síntomas de irritación continúan, busque atención médica.

Hojas de datos de seguridad del material

Contacto Ocular

En todo momento, se debería usar protección para los ojos cuando manipula las resinas HETRON y AROPOL. La exposición a líquidos o vapores puede causar irritación ocular. Si se desarrollan o persisten síntomas, como por ejemplo, picazón, lagrimeo, enrojecimiento e hinchazón, busque atención médica.

Inhalación

La inhalación de vapores de estireno de las resinas HETRON y AROPOL debería minimizarse con la ventilación u otros controles de ingeniería. Una exposición que esté por encima de los límites recomendados puede causar irritación respiratoria y efectos en el sistema nervioso central (SNC). Los síntomas de depresión del SNC incluyen dolores de cabeza, náuseas, mareos, etc. Si se desarrollan síntomas por inhalación, aleje de inmediato a la persona del lugar donde está expuesta a las resinas y llévela al aire fresco. Busque atención médica de inmediato.

Ingestión

Ingerir cualquier cantidad de resina HETRON o AROPOL puede ser peligroso. Busque atención médica y, de ser posible, no deja a la víctima sin asistencia.

Efectos Crónicos en la Salud

En 1987, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) clasificó al estireno en el grupo 2B (posible cancerígeno para seres humanos). Esta clasificación no estaba basada en el estireno propiamente, sino sobre el óxido de estireno, un metabolito del estireno. Muchas organizaciones han cuestionado el potencial de la exposición al estireno para producir cáncer en seres humanos. Información actual sobre este tema está disponible en los sitios Web que se mencionan anteriormente en esta sección.

Derrames de Resina

Los derrames de pequeñas cantidades de resina menores de 100 gramos pueden limpiarse con papel toalla o un trapo. Los derrames mayores de 100 gramos y menores de 10 galones deberían limpiarse utilizando arena u otro material absorbente adecuado sobre la resina derramada. Después de que la resina ha sido absorbida, el material puede recogerse con una pala y colocarse en un contenedor y desecharse de manera apropiada. El residuo pegajoso debería retirarse usando agua caliente con jabón. Los derrames de resina grandes, mayores de 10 galones, deberían contenerse usando diques. La resina derramada debería retirarse usando contenedores y eliminarse de manera apropiada.

Almacenamiento

La resina en cilindros debería almacenarse por debajo de 80°F (27°C) y mantenerse alejada de fuentes directas de calor, como por ejemplo, la luz solar y tuberías de vapor. Si la resina se almacena a temperaturas mayores de 80°F (27°C), la vida útil disminuirá. Las cantidades enormes de resina deberían almacenarse en tanques de acero inoxidable o tanques forrados con revestimientos fenólicos o epóxicos. Cuando se almacenan resinas, puede ser conveniente echar burbujas de aire seco o una mezcla de 5% de oxígeno y 95% de nitrógeno en la parte inferior del tanque para mantener los inhibidores activos y maximizar la vida útil. Los contenedores deberían sellarse para evitar la absorción de humedad y la pérdida de monómeros.

Eliminación

Deberían acatarse con cuidado las disposiciones federales, estatales y locales cuando se elimina cualquier material peligroso. No vierta efluentes que contengan este producto en lagos, arroyos, lagunas, estuarios, océanos u otras aguas. En algunos estados, las partes de resinas curadas completamente pueden considerarse no peligrosas; sin embargo, se recomienda contactar a la entidad estatal o local pertinente para confirmar el método apropiado para la eliminación de partes de resinas curadas. Si necesita ayuda para el manejo de desechos, incluyendo la eliminación, reciclaje y reducción de flujos de desechos, contacte a Ashland Distribution, IC&S Environmental Services Group al 1.800.637.7922.

***Debería usarse
ropa de protección,
como por ejemplo,
gafas, zapatos y
guantes de protec-
ción para manipular
las resinas HETRON
y AROPOL.***

Apéndice A

Tablas de Adición de Iniciadores y Promotores

Tabla 1A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® 922 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	DMA ⁴	Iniciador	Tiempo de Gel (minutos) Delta X-9	Tiempo de Gel (minutos) DDM-9	Tiempo de Gel (minutos) HiPoint 90
65 (18)	0.3	0.15	1.25	14.3	21.3	21.9
	0.3	0.075	1.25	23.8	30.7	29.4
	0.3	0.05	1.25	38.3	39.3	39.4
75 (24)	0.3	0.075	1.25	14.8	17.4	16.8
	0.3	0.05	1.25	21.3	23.3	22.5
	0.3	0.025	1.25	33.0	34.4	35.7
85 (29)	0.2	0.075	1.25	15.3	17.9	18.3
	0.2	0.05	1.25	22.2	23.7	24.2
	0.2	0.025	1.25	36.7	37.7	40.8

Tabla 2A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 922 con BPO³

Temperatura °F (°C)	DMA ⁴	Iniciador (50% de Pasta de BPO)	Tiempo de Gel (minutos)
65 (18)	0.70	2.0	17.3
	0.50	2.0	23.5
	0.30	2.0	37.6
75 (24)	0.50	2.0	15.5
	0.30	2.0	25.0
	0.15	2.0	49.0
85 (29)	0.30	2.0	17.7
	0.20	2.0	24.8
	0.10	2.0	36.2
	0.30	2.0	17.9

Tabla 3A – Resina HETRON 922 y Niveles Diferentes de Cobre a 77°F (25°C)

Temperatura °F (°C)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	DMA ⁴	Cobre (PPM)	Iniciador (Delta X-9)	Tiempo de Gel (minutos)	Tiempo máximo de gel (minutos)	Temperatura Máxima Exotérmica
77 (25)	0.30	0.075	0	1.25	15.6	9.4	322°F
	0.30	0.075	100	1.25	16.0	8.0	284°F
	0.30	0.075	200	1.25	15.8	11.2	248°F
	0.30	0.075	300	1.25	16.6	10.9	228°F

SECCIÓN 9

Tabla 4A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® 942/35 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	DMA ⁴	Iniciador	Tiempo de Gel (minutos) Delta X-9	Tiempo de Gel (minutos) DDM-9	Tiempo de Gel (minutos) HiPoint 90	Tiempo de Gel (minutos) HiPoint 90/CHP ⁵ (50/50)
65 (18)	0.35	0.2	1.25	9.3	17.9	18.0	45.6
	0.3	0.2	1.25	13.2	21.0	21.5	53.2
	0.3	0.1	1.25	19.2	26.3	26.3	61.1
	0.3	0.05	1.25	28.1	39.0	39.4	69.7
75 (24)	0.3	0.05	1.25	15.4	17.7	16.4	34.5
	0.3	0.02	1.25	28.2	32.1	30.4	69.4
	0.2	0.02	1.25	52.4	55.4	55.9	111.6
85 (29)	0.4	0.04	1.25	9.2	11.1	11.0	21.3
	0.3	0.03	1.25	18.1	19.6	18.8	40.5
	0.2	0.03	1.25	29.1	32.0	29.6	55.5
	0.1	0.03	1.25	53.3	58.1	49.5	80.9

Tabla 5A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 942/35 con BPO³

Temperatura °F (°C)	DMA ⁴	Iniciador (50% de Pasta de BPO)	Tiempo de Gel (minutos)
65 (18)	0.50	2.0	16.9
	0.40	2.0	19.3
	0.30	2.0	23.1
	0.20	2.0	35.2
75 (24)	0.40	2.0	11.7
	0.30	2.0	15.1
	0.20	2.0	21.0
	0.10	2.0	44.8
85 (29)	0.30	2.0	11.4
	0.20	2.0	18.5
	0.10	2.0	41.2
	0.05	2.0	176.1

Tabla 6A – Resina HETRON 942/35 y Niveles Diferentes de Cobre a 77°F (25°C)

Temperatura °F (°C)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	DMA ⁴	Cobre (PPM)	Iniciador (Delta X-9)	Tiempo de Gel (minutos)	Tiempo máximo de gel (minutos)	Temperatura Máxima Exotérmica
77 (25)	0.30	0.05	0	1.25	13.4	6.3	335°F
	0.30	0.05	100	1.25	11.5	7.1	304°F
	0.30	0.05	200	1.25	12.4	10.0	277°F
	0.30	0.05	300	1.25	11.1	10.3	259°F

SECCIÓN 9

Tabla 7A –Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® 980/35 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	DMA ⁴	Iniciador	Tiempo de Gel (minutos) Delta X-9	Tiempo de Gel (minutos) DDM-9	Tiempo de Gel (minutos) HiPoint 90
65 (18)	0.55	0.05	1.25	16.2	18.0	18.0
	0.4	0.05	1.25	24.9	27.5	30.6
	0.4	0.025	1.25	39.1	40.2	42.0
75 (24)	0.4	0.025	1.25	20.0	20.6	20.5
	0.3	0.025	1.25	24.9	26.7	26.4
	0.2	0.025	1.25	34.5	35.9	35.4
85 (29)	0.3	0.025	1.25	19.7	20.7	21.4
	0.25	0.025	1.25	22.1	23.5	26.5
	0.2	0.015	1.25	34.6	35.9	40.5

Tabla 8A –Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 980/35 con BPO³

Temperatura °F (°C)	DMA ⁴	Iniciador (50% de BPO al Pasta)	Tiempo de Gel (minutos)
65 (18)	0.40	2.0	12.8
	0.30	2.0	24.9
	0.20	2.0	35.7
75 (24)	0.30	2.0	13.6
	0.20	2.0	24.7
	0.10	2.0	52.1
85 (29)	0.30	2.0	11.6
	0.20	2.0	17.5
	0.10	2.0	37.9

Tabla 9A – Resina HETRON 980/35 y Niveles Diferentes de Cobre a 77°F (25°C)

Temperatura °F (°C)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	DMA ⁴	Cobre (PPM)	Iniciador (Delta X-9)	Tiempo de Gel (minutos)	Tiempo máximo de gel (minutos)	Temperatura Máxima Exotérmica
77 (25)	0.30	0.02	0	1.25	28.2	14.0	328°F
	0.30	0.02	100	1.25	24.0	13.8	312°F
	0.30	0.02	200	1.25	24.5	16.5	284°F
	0.30	0.02	300	1.25	24.6	22.0	254°F

Tabla 10A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON FR 992 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	DMA ⁴	Iniciador	Tiempo de Gel (minutos) Delta X-9	Tiempo de Gel (minutos) DDM-9	Tiempo de Gel (minutos) HiPoint 90	Tiempo de Gel (minutos) HiPoint 90/CHP ⁵ (50/50)
65 (18)	0.2	0.1	1.25	16.2	27.1	26.0	60.8
	0.2	0.075	1.25	19.5	30.6	30.9	68.8
	0.2	0.05	1.25	26.9	40.0	33.4	76.1
	0.15	0.05	1.25	35.7	50.9	47.9	112.4
75 (24)	0.3	0.04	1.25	10.7	12.4	12.7	26.9
	0.2	0.04	1.25	16.2	20.5	19.1	39.8
	0.15	0.04	1.25	21.6	27.3	25.7	53.5
	0.1	0.04	1.25	29.6	37.1	35.8	73.7
85 (29)	0.3	0.05	1.25	7.7	7.9	8.3	18.4
	0.2	0.05	1.25	10.7	11.5	12.1	23.7
	0.1	0.05	1.25	20.0	25.1	23.5	47.8
	0.1	0.05	1.25	29.1	34.6	30.1	62.4

SECCIÓN 9

Tabla 11A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® FR 992 con BPO³

Temperatura °F (°C)	DMA ⁴	Iniciador (Pasta de BPO al 50%)	Tiempo de Gel (minutos)
65 (18)	0.50	2.0	20.6
	0.30	2.0	26.0
	0.20	2.0	36.2
	0.10	2.0	70.1
75 (24)	0.30	2.0	16.3
	0.20	2.0	23.6
	0.10	2.0	47.7
85 (29)	0.30	2.0	11.3
	0.20	2.0	15.9
	0.10	2.0	27.3
	0.05	2.0	59.4

Tabla 12A – Resina HETRON FR 992 y Niveles Diferentes de Cobre a 77°F (25°C)

Temperatura °F (°C)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	DMA ⁴	Cobre (PPM)	Iniciador (Delta X-9)	Tiempo de Gel (minutos)	Tiempo máximo de gel (minutos)	Temperatura Máxima Exotérmica
77 (25)	0.10	0.04	0	1.25	22.6	10.5	341°F
	0.10	0.04	100	1.25	20.2	10.2	317°F
	0.10	0.04	200	1.25	20.2	14.2	310°F
	0.10	0.04	300	1.25	20.6	15.9	288°F

Tabla 13A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON FR 998/35 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	DMA ⁴	Iniciador	Tiempo de Gel (minutos) Delta X-9	Tiempo de Gel (minutos) DDM-9	Tiempo de Gel (minutos) HiPoint 90	Tiempo de Gel (minutos) HiPoint 90/CHP ⁵ (50/50)
65 (18)	0.25	0.025	1.25	11.6	15.2	14.6	36.7
	0.35	0.01	1.25	15.8	16.4	16.1	42.9
	0.25	0.01	1.25	24.5	27.3	26.8	66.1
	0.35	—	1.25	34.8	36.7	38.3	86.0
75 (24)	0.15	0.05	1.25	6.6	10.1	9.3	21.4
	0.3	—	1.25	20.5	21.5	22.4	46.8
	0.15	—	1.25	31.4	35.0	35.2	76.1
	0.1	—	1.25	51.8	57.6	56.9	115.0
85 (29)	0.3	—	1.25	18.0	18.7	18.7	40.8
	0.2	—	1.25	22.0	22.3	23.1	49.2
	0.1	—	1.25	37.5	41.3	41.0	84.6

SECCIÓN 9

Tabla 14A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® FR 998/35 con BPO³

Temperatura °F (°C)	DMA ⁴	Iniciador (50% de BPO al Pasta)	Tiempo de Gel (minutos)
65 (18)	0.20	2.0	14.1
	0.20	2.0	20.0
	0.15	2.0	27.0
	0.10	2.0	43.0
75 (24)	0.20	2.0	14.1
	0.15	2.0	20.1
	0.10	2.0	31.4
	0.05	2.0	76.5
85 (29)	0.20	2.0	10.3
	0.15	2.0	12.3
	0.10	2.0	17.7
	0.05	2.0	46.0

Tabla 15A – Resina HETRON FR 998/35 y Niveles Diferentes de Cobre a 77°F (25°C)

Temperatura °F (°C)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	DMA ⁴	Cobre (PPM)	Iniciador (Delta X-9)	Tiempo de Gel (minutos)	Tiempo máximo de gel (minutos)	Temperatura Máxima Exotérmica
77 (25)	0.10	—	0	1.25	28.3	13.5	320°F
	0.10	—	100	1.25	31.5	15.2	307°F
	0.10	—	200	1.25	32.8	17.4	286°F
	0.10	—	300	1.25	33.1	21.9	279°F

Tabla 16A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 922L con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	Dimetilnilina ⁴ (phr)	MEKP ¹ (phr)
65 (18)	10 - 20	0.30	0.075	1.25
	20 - 30	0.30	0.025	1.25
	30 - 40	0.30	0.010	1.25
75 (24)	10 - 20	0.30	0.025	1.25
	20 - 30	0.10	—	1.25
	30 - 40	0.05	—	1.25
85 (29)	10 - 20	0.30	0.010	1.25
	20 - 30	0.05	—	1.25
	30 - 40	0.025	—	1.25

Tabla 17A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 922L con BPO³

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Dimetilnilina ⁴ (phr)	BPO ³ (phr)
75 (24)	10 - 15	0.25	2.00
	20 - 25	0.15	2.00
	30 - 35	0.10	2.00

SECCIÓN 9

Tabla 18A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® 992L-25 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	MEKP ¹ (phr)
65 (18)	40 - 50	1.50
	50 - 60	1.25
	65 - 75	1.00
75 (24)	15 - 25	1.50
	25 - 35	1.00
85 (29)	10 - 20	1.50
	20 - 30	1.00

Tabla 19A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 970/35 con CHP5 y TBC-85⁶

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	Dimetilnilina ⁴ (phr)	TBC-85 ⁶ (phr)	CHP ⁵ (phr)
65 (18)	10 - 20	0.50	0.40	—	2.50
	20 - 30	0.40	0.10	—	2.00
	30 - 40	0.20	0.05	—	1.50
75 (24)	10 - 20	0.20	0.15	—	1.50
	20 - 30	0.10	0.05	—	1.00
	30 - 40	0.10	0.05	0.02	1.00
85 (29)	10 - 20	0.15	0.05	—	1.50
	20 - 30	0.10	0.025	0.02	1.00
	30 - 40	0.10	0.02	0.03	1.00

Tabla 20A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 970/35 con BPO³

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Dimetilnilina ⁴ (phr)	BPO ³ (phr)
65 (18)	10 - 20	0.20	2.00
	20 - 30	0.15	1.75
	30 - 40	0.10	1.25
75 (24)	10 - 20	0.15	2.00
	20 - 30	0.10	2.00
	30 - 40	0.07	2.00
85 (29)	10 - 20	0.10	2.00
	20 - 30	0.10	1.25
	30 - 40	0.05	2.00

SECCIÓN 9

Tabla 21A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® 980 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	Dimetilanilina ⁴ (phr)	MEKP ¹ (phr)
65 (18)	10 - 20	0.30	0.10	1.25
	20 - 30	0.30	0.05	1.25
	30 - 40	0.20	0.05	1.25
75 (24)	10 - 20	0.30	0.05	1.25
	20 - 30	0.20	0.05	1.25
	30 - 40	0.20	0.025	1.25
85 (29)	10 - 20	0.20	0.05	1.25
	20 - 30	0.30	—	1.25
	30 - 40	0.30	—	1.25

Tabla 22A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 980 con BPO³ y HQ⁷ como Inhibidor

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Dimetilanilina ⁴ (phr)	HQ ⁷ (phr)	BPO ³ (phr)
65 (18)	30 - 40	0.30	—	2.00
	40 - 50	0.25	—	2.00
	50 - 60	0.20	—	2.00
	70 - 80	0.15	—	2.00
75 (24)	15 - 25	0.30	—	2.00
	20 - 25	0.25	—	2.00
	25 - 35	0.20	—	2.00
	35 - 45	0.15	—	2.00
85 (29)	15 - 25	0.25	—	1.50
	20 - 25	0.20	—	1.50
	25 - 35	0.15	—	1.50
	45 - 55	0.10	—	1.50
95 (35)	15 - 25	0.25	—	1.00
	25 - 30	0.20	—	1.00
	30 - 40	0.15	—	1.00
	40 - 50	0.25	0.005	1.00
	50 - 60	0.20	0.005	1.00
	70 - 80	0.10	0.005	1.00

Tabla 23A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON FR990 ZX con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	Dimetilanilina ⁴ (phr)	MEKP ¹ (phr)
77 (25)	5 - 15	0.30	0.10	1.50
	10 - 20	0.20	0.10	1.50
	15 - 25	0.30	—	1.50
	20 - 30	0.10	0.10	1.50
	25 - 35	0.10	—	1.50

SECCIÓN 9

Tabla 24A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® 92 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Naftenato de Cobalto ² al 6% (phr)	MEKP ¹ (phr)
75 (24)	10 - 15	0.50	1.00
	15 - 25	0.30	1.00
	25 - 35	0.20	0.90
	40 - 50	0.10	1.00
85 (29)	10 - 15	0.30	1.00
	15 - 20	0.20	0.90
	20 - 25	0.10	1.00
	25 - 35	0.20	0.50
95 (35)	10 - 15	0.20	0.90
	15 - 20	0.10	1.00
	20 - 25	0.20	0.70

Tabla 25A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 92FR con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	MEKP ¹ (phr)
65 (18)	30 - 35	1.25
	35 - 40	1.00
75 (24)	15 - 20	1.50
	20 - 25	1.00
85 (29)	5 - 10	1.50
	10 - 15	1.00

Tabla 26A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 197 y 197-3 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Naftenato de Cobalto ² al 6%	Dimetilanilina ⁴ (phr)	MEKP ¹ (phr)
55 (13)	3 - 6	0.70	0.20	1.90
	15 - 25	0.70	—	1.50
	35 - 45	0.40	—	15.0
65 (18)	3 - 6	0.60	0.10	1.25
	15 - 25	0.60	—	1.25
	35 - 45	0.40	—	1.25
75 (24)	10 - 15	0.60	—	1.25
	20 - 25	0.40	—	1.25
	30 - 40	0.20	—	0.90
	55 - 65	0.15	—	0.90
85 (29)	10 - 20	0.40	—	1.25
	30 - 40	0.20	—	0.90
	40 - 50	0.19	—	0.65
95 (35)	10 - 15	0.40	—	1.25
	15 - 25	0.20	—	0.90
	25 - 35	0.20	—	0.65

SECCIÓN 9

Tabla 27A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® 197 y Resinas 197-3 con BPO³

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Dimetilanilina ⁴ (phr)	BPO ³ (phr)
65 (18)	40 - 50	0.25	2.00
	50 - 60	0.20	2.00
	75 - 85	0.15	2.00
75 (24)	25 - 30	0.25	2.00
	30 - 35	0.20	2.00
	35 - 45	0.15	2.00
	50 - 60	0.10	2.00
85 (29)	20 - 25	0.15	1.50
	30 - 35	0.10	1.50
	70 - 80	0.05	1.50
95 (35)	20 - 25	0.15	1.50
	25 - 30	0.15	1.00
	30 - 40	0.10	1.00
	40 - 50	0.05	1.50
	55 - 65	0.05	1.00

Tabla 28A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 197P con MEKP¹ y HQ⁷ como Inhibidor

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Naftenato de Cobalto ² al 6% (phr)	MEKP ¹ (phr)
65 (18)	25 - 35	—	1.50
	35 - 40	—	1.25
	40 - 50	—	1.00
75 (24)	10 - 15	0.010	1.25
	15 - 20	—	1.25
	20 - 25	—	1.00
	30 - 40	0.006	1.25
	45 - 55	0.008	1.25
85 (29)	5 - 10	—	1.50
	15 - 20	—	1.00

Tabla 29A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 604T20 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	MEKP ¹ (phr)
65 (18)	25 - 35	1.75
	40 - 50	1.25
75 (24)	10 - 20	1.75
	25 - 35	1.00
85 (29)	5 - 15	1.75
	15 - 25	1.00

SECCIÓN 9

Tabla 30A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® 700 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Naftenato de Cobalto ² al 6% (phr)	Dimetilanilina ⁴ (phr)	MEKP ¹ (phr)
65 (18)	30 - 40	0.50	0.10	1.25
	40 - 50	0.40	0.10	1.25
	60 - 65	0.30	0.10	1.25
75 (24)	20 - 30	0.50	0.10	1.25
	30 - 35	0.40	0.10	1.25
	40 - 45	0.30	0.10	1.25
	50 - 55	0.20	0.10	1.25
85 (29)	15 - 20	0.40	0.10	1.25
	20 - 25	0.30	0.10	1.25
	25 - 30	0.20	0.10	1.25
	45 - 50	0.10	0.10	1.25
95 (35)	15 - 20	0.30	0.10	1.25
	25 - 30	0.20	0.10	1.25
	35 - 40	0.10	0.10	1.25
	45 - 50	0.10	0.10	1.00

Tabla 31A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON 700 con BOP³

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Dimetilanilina ⁴ (phr)	BPO ³ (phr)
65 (18)	25 - 35	0.50	2.00
	35 - 45	0.40	2.00
	50 - 60	0.30	2.00
75 (24)	15 - 20	0.60	2.00
	20 - 30	0.50	2.00
	30 - 40	0.40	2.00
	40 - 50	0.30	2.00
	50 - 60	0.20	2.00
85 (29)	25 - 35	0.40	2.00
	35 - 45	0.30	2.00
	50 - 60	0.20	2.00
	65 - 75	0.10	2.00
95 (35)	15 - 20	0.40	2.00
	20 - 30	0.30	2.00
	35 - 45	0.20	2.00
	60 - 70	0.10	2.00

SECCIÓN 9

Tabla 32A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina HETRON® 800 con Iniciador HETRON 803L-1

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	Hetron 803L-1 (phr)
65 (18)	15 - 20	5.0
	25 - 30	3.0
	30 - 35	2.5
75 (24)	10 - 15	4.0
	15 - 20	2.5
85 (29)	5 - 10	4.0
	10 - 15	2.5

Tabla 33A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina AROPOL™ 7241T-15 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	MEKP ¹ (phr)
60 (15)	10 - 15	1.90
	25 - 30	1.25
	50 - 60	0.65
70 (21)	10 - 15	1.90
	15 - 20	1.25
	45 - 50	0.65
80 (27)	5 - 10	1.90
	10 - 15	1.25
	20 - 30	0.65
90 (32)	5 - 10	1.25
	10 - 15	0.65

Tabla 34A – Tiempos de Gel Típicos para la Resina AROPOL 7334T-15 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	MEKP ¹ (phr)
65 (18)	30 - 35	1.25
75 (24)	15 - 20	1.25
85 (29)	10 - 15	1.25

SECCIÓN 9

Tabla 40D – Tiempos de Gel Típicos para la Resina AROPOL™ 7334T-15 con MEKP¹

Temperatura °F (°C)	Tiempo de Gel (minutos)	MEKP ¹ (phr)
65 (18)	30 - 35	1.25
75 (24)	15 - 20	1.25
85 (29)	10 - 15	1.25

Tabla de Conversión del Cobre

ppm	Cilindro de 55 galones (450 lbs) fl. oz./cc o gramos	Balde de 5 galones (40 lbs) cc o gramos
50	0.35 / 10	0.9
100	0.7 / 20	1.8
150	1.0 / 31	2.7
200	1.4 / 41	3.6
250	1.7 / 51	4.5
300	2.1 / 61	5.4

Notas:

¹ Peróxido de Metiletilcetona, oxígeno activo al 9.0%

² En Europa, el octoato de cobalto al 6% se puede sustituir por naftenato de cobalto al 6% para obtener tiempos de gel comparables. Si se utiliza octoato de cobalto al 12%, debería utilizarse la mitad de octoato de cobalto al 12%, así como la mitad de naftenato de cobalto al 6% para obtener tiempos del gel comparables

³ Pasta de Peróxido de Benzoilo, activo al 50%

⁴ Dimetilaniлина

⁵ Hidroperóxido de cumeno

⁶ TBC-85 es catecolbutilo terciario, solución al 85%

⁷ Hidroquinona

Apéndice B

Contactos del Servicio Técnico de Ashland

País/Región	Compañía/Contacto Dirección/ Teléfono/ Fax
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	Ashland Servicio Técnico HETRON® 5200 Blazer Pkwy Dublin, Ohio 43017 Teléfono: 800.327.8720 Fax: 614.790.6157 Correo electrónico: hetron@ashland.com
AUSTRALIA	Huntsman Chemical Company Australia Sommerville Road P.O. Box 62 West Footscray VIC 3012 Teléfono: 61.3.316.3172 Fax: 61.3.316.3579
BRASIL	ARA Quimica, S.A. Rua Arthur César, 200 - Bairro da Ronda (Km 53 da Rod. Pres. Castelo Branco) Araçariquama, SP CEP 18147-000 BRASIL Teléfono: 55.11.4136.1900 Fax: 55.11.4136.1901 Correo electrónico: www.araquimica.com.br
CHINA	Ashland Chemical Holiday Inn Office Building 45 North Zhongshan Road Room 1205 Nanjing, CHINA 210008 Teléfono: 86.25.331.8982 Fax: 86.25.331.8760 Correo electrónico: ashland@public1.ptt.js.cn
EUROPA	Ashland Composite Polymers Division Via delle Groane, 126 20024 Garbagnate (MI) ITALY Teléfono: 39.02.3978.8446/8447 Fax: 39.02.3978.8413
ARABIA SAUDITA	Saudi Industrial Resins, Ltd. Manufacturing Facility P.O. Box 7764 AL Farsi Center, 9th Floor Jeddah, SAUDI ARABIA 21472 Teléfono: 966.2.651.8920 Fax: 966.2.651.7072
ESPAÑA	Ashland Chemical Hispania, S.A. Manufacturing Facility Partida Povet 37 APDO Correo 26 12580 Benicarló, SPAIN Teléfono: 34.964.471.316 Fax: 34.964.473.697

Apéndice C

Proveedores Norteamericanos

Refuerzos			
Velo de vidrio C	Owens Corning	419.248.8000	www.owenscorning.com
Velo NEXUS	Precision Fabrics Group Inc.	800.284.8071	www.precisionfabrics.com
Mat / Woven Roving	Vetrotex (CertainTeed)	800.433.0922	www.vetrotexcertainteed.com
	Owens Corning	419.248.8000	www.owenscorning.com
	PPG Industries, Inc.	412.434.3131	www.ppg.com
Iniciadores			
Peróxido de MEK			
HIPOINT 90	Witco Corporation	800.494.8737	www.witco.com
LUPERSOL DDM-9	Elf-Atochem North American Inc.	800.558.5575	www.atofina.com
BUTANOX M-50	Akzo Nobel	800.227.7070	www.akzo-nobel.com
NOROX MEKP-9	The Norac Company, Inc.	626.334.2908	www.norac.com
CADOX M-50	Akzo Nobel	800.227.7070	www.akzo-nobel.com
Peróxido de Benzoilo			
Pasta de LUPERCO ATC	Elf-Atochem North American Inc.	800.558.5575	www.atofina.com
Hidroperóxido de cumeno			
Hidroperóxido de cumeno	Elf-Atochem North American Inc.	800.558.5575	www.atofina.com
Promotores			
Cobalto al 6% / Cobalto al 12%	OMG Americas, Inc.	216.781.0083	www.omgi.com
Dimetilnilina / Dietilanilina	Buffalo Color Corporation	800.631.0171	www.buffalocolor.com
Inhibidores			
Catecolbutilo terciario (BTC)	Union Carbide Chemicals	800.447.4369	www.dow.com
Hidroquinona (HQ)	Eastman Chemical Products, Inc.	615.240.4111	www.eastman.com
Toluhidroquinona (THQ)	Eastman Chemical Products, Inc.	615.240.4111	www.eastman.com
Óxidos de Antimonio			
Trióxido de antimonio	Hoechst Celanese Corporation	704.554.3148	www.vectran.com
Pentóxido de antimonio	PQ Corporation	610.651.4200	www.pqcorp.com
Revestimientos Intumescentes			
Revestimientos intumescentes	PPG Industries, Inc.	412.434.3131	www.ppg.com
Sílica Pirógena			
CAB-O-SIL TS-720 o M-5	Cabot Corporation	217.253.3370	www.cabot-corp.com
AEROSIL R200 o R202	Degussa Corporation	201.641.6100	www.degussa.com
Estabilizadores UV			
Para resinas poliéster			
CYASORB 5411	Cytec Industries	800.486.5525	www.cytec.com
CYASORB UV-9	Cytec Industries	800.486.5525	www.cytec.com
Para vinilésteres			
CYASORB UV-9	Cytec Industries	800.486.5525	www.cytec.com
TINUBIN 328	Ciba Geigy Corporation	800.431.1900	www.ciba.com
UNIVINUL M-40	BASF Corporation	800.669.2273	www.basf.com
Agentes Desgasificadores			
BYK A515	BYK Chemie	203.265.2086	www.byk.com
SAG 47	OSi Specialties	800.523.5862	www.osispecialties.com
Aditivos Resistentes de la Abrasión			
Carburo de Silicio	Exolon – ESK Company	800.962.1100	www.exolon.com
Óxido de Aluminio	Degussa Corporation	201.641.6100	www.degussa.com
Inhibidores de Aire / Supresores			
Cera de parafina completamente refinada	H M Royal	800.257.9452	www.hmroyal.com
Cera de parafina completamente refinada	Moore & Munger	800.423.7071	www.mooremunger.com
BYK S750	BYK Chemie	203.265.2086	www.byk.com
Supresores Exotérmicos			
Naftenato de cobre	OMG Americas, Inc.	216.781.0083	www.omgi.com
Humectantes			
Tween 20	ICI Chemicals	302.887.3000	www.ici.com

Averigüe sobre proveedores en línea si necesita contactos internacionales!

Apéndice D**Proveedores de Equipos****Pistolas de aspersión / Suministros de RTM**

Magnum Venus Products	800.448.6035	www.venus-gusmer.com
Glas-Craft	317.875.5592	www.glascraft.com
Binks	888.992.4657	www.binks.com

Probadores de la Dureza Barcol

Barber Colman Company	815.637.3222	www.barber-colman.com
-----------------------	--------------	--

Viscosímetros

Brookfield	800.628.8139	www.brookfieldengineering.com
------------	--------------	--

Indicadores del Tiempo de Gel

Techne	800.225.9243	www.techneusa.com
--------	--------------	--

Estufas Portátiles

Master Heaters	800.446.1446	www.masterheaters.com
Vogelzang International Corporation		www.vogelzang.com

Bombas y Mezcladores

Magnum Venus Products	800.448.6035	www.venus-gusmer.com
-----------------------	--------------	--

Rodillos, Accesorios para Laminado

Magnum Venus Products	800.448.6035	www.venus-gusmer.com
-----------------------	--------------	--

Apéndice E

Guía de Localización y Solución de Problemas para Curar Resinas a Temperatura Ambiente

Defecto	Punto de Verificación	
	MEKP o CHP	BPO
La Resina se gela demasiado rápido	<p>Reducir los niveles de cobalto, DMA o del iniciador, pero no por debajo de los niveles recomendados para ese sistema de resina</p> <p>Agregar un inhibidor.</p> <p>Verificar la resina y la temperatura del molde y de la fábrica; las temperaturas altas hacen que la resina se vuelva gel más rápido.</p>	<p>Reducir los niveles de DMA o BPO, pero no por debajo de los niveles recomendados para ese sistema de resina.</p> <p>Agregar un inhibidor.</p> <p>Verificar la resina y la temperatura del molde y de la fábrica; las temperaturas altas hacen que la resina se vuelva gel más rápido.</p>
Temperatura exotérmica de la resina demasiado alta durante el curado	<p>Reducir los niveles de DMA o del iniciador, pero no por debajo de los niveles recomendados para ese sistema de resina.</p> <p>Colocar menos capas por vez para reducir la cantidad de calor generado durante la exotermia. Dejar que se realice la exotermia antes de agregar capas adicionales.</p> <p>Use un mezclador de 50/50 de MEKP/CHP.</p>	<p>Reducir el nivel de DMA, pero no por debajo del nivel recomendado para ese sistema de resina.</p> <p>DMA/BPO es un sistema caliente. Colocar menos capas por vez y dejar que se realice la exotermia antes de agregar capas adicionales.</p>
La Resina se gela demasiado lento o no se vuelve gel	<p>Aumentar los niveles del promotor/iniciador, pero no por encima de los niveles recomendados para ese sistema de resina.</p> <p>Reducir o eliminar el inhibidor</p> <p>Verificar la resina y la temperatura del molde y de la fábrica; las temperaturas bajas hacen que la resina se vuelva gel más lento.</p> <p>Verificar otros aditivos. Los trióxidos de antimonio, los complementos y los pigmentos pueden retardar el tiempo de gel. Mezclar los complementos justo antes de agregar el iniciador.</p> <p>Verificar la mezcla. Puede ser difícil mezclar el cobalto con la resina, especialmente si la resina está fría. Disolver el cobalto en una pequeña cantidad de estireno antes de agregarlo a la resina.</p> <p>Verificar los accesorios del equipo. El bronce, el cobre y el zinc pueden inhibir el curado.</p>	<p>Aumentar los niveles del promotor/iniciador, pero no por encima de los niveles recomendados para ese sistema de resina.</p> <p>Reducir o eliminar el inhibidor.</p> <p>Verificar la resina y la temperatura del molde y de la fábrica; las temperaturas bajas hacen que la resina se vuelva gel más lento.</p> <p>Verificar otros aditivos. Los trióxidos de antimonio, los complementos y los pigmentos pueden retardar el tiempo de gel. Mezclar los complementos justo antes de agregar el iniciador.</p> <p>Verificar el nivel activo de BPO. Algunos BPO no son 100% activos. Es probable que se tenga que ajustar los niveles para encontrar el nivel requerido de BPO.</p> <p>Asegurar la mezcla apropiada de todos los aditivos.</p>
La resina no se endurece después de la gelificación; curado irregular.	<p>Aumentar los niveles del promotor/iniciador, pero no por encima de los niveles recomendados para ese sistema de resina.</p> <p>Reducir o eliminar el inhibidor.</p> <p>Si la superficie está pegajosa o sensible a la acetona, se puede necesitar un recubrimiento final de cera.</p> <p>Asegurar la mezcla apropiada de todos los aditivos.</p> <p>Verificar los accesorios del equipo. El bronce, el cobre y el zinc pueden inhibir el curado.</p>	<p>Aumentar los niveles del promotor/iniciador, pero no por encima de los niveles recomendados para ese sistema de resina.</p> <p>Reducir o eliminar el inhibidor.</p> <p>Si la superficie está pegajosa o sensible a la acetona, se puede necesitar un recubrimiento final de cera.</p> <p>Asegurar la mezcla apropiada de todos los aditivos.</p>

Apéndice F

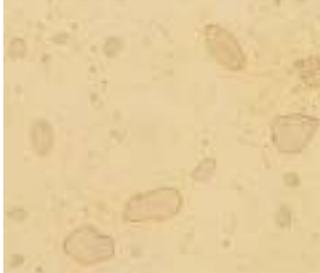
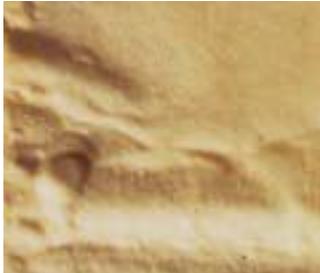
Tablas de Conversión de Peso a Volumen

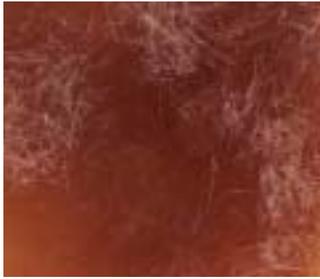
Aditivos (phr)	Conversión	Cantidad de Resina		
		1 Galón (8.8 lbs, 4 Kg)	5 Galones (44 lbs, 20 Kg)	55 Galones (450 lbs, 200 Kg)
Naftenato¹ de Cobalto al 6%				
0.10	fl. oz.	0.15	0.7	7.2
	cc	4	21	212
0.20	fl. oz.	0.3	1.4	14
	cc	8	41	423
0.30	fl. oz.	0.4	2.1	22
	cc	12	62	634
0.40	fl. oz.	0.6	2.8	29
	cc	17	83	849
0.50	fl. oz.	0.7	3.5	36
	cc	21	104	1.1L
Dimetilanilina				
0.025	fl. oz.	0.03	0.15	1.5
	cc	0.9	4.5	46
0.05	fl. oz.	0.07	0.35	3.6
	cc	2.1	10	106
0.075	fl. oz.	0.1	0.5	5.1
	cc	3.0	15	151
0.10	fl. oz.	0.15	0.7	7.0
	cc	4.1	21	212
Peróxido de Metiletilcetona				
1.00	fl. oz.	1.2	6.0	61
	cc	36	178	1.8L
1.25	fl. oz.	1.5	7.5	77
	cc	44	222	2.3L
1.50	fl. oz.	1.8	9.0	92
	cc	53	266	2.7L
1.75	fl. oz.	2.1	11	107
	cc	62	311	3.2L
2.00	fl. oz.	2.4	13	122
	cc	71	355	3.7L
Pasta de Peróxido de Benzoilo (activo al 50%)				
1.00	fl. oz.	1.2	5.8	59
	cc	36	164	1.7L
1.50	fl. oz.	1.7	8.6	88
	cc	49	245	2.5L
2.00	fl. oz.	2.3	11.5	118
	cc	65	327	3.3L
2.50	fl. oz.	2.9	14	147
	cc	82	409	4.2L
3.00	fl. oz.	3.5	17	176
	cc	98	491	5.0L

¹ En Europa, el octoato de cobalto al 6% se puede sustituir por naftenato de cobalto al 6% para obtener tiempos de gel comparables. Si se utiliza octoato de cobalto al 12%, debería usarse la mitad de octoato de cobalto al 12%, así como la mitad de naftenato de cobalto al 6% para obtener tiempos del gel comparables.

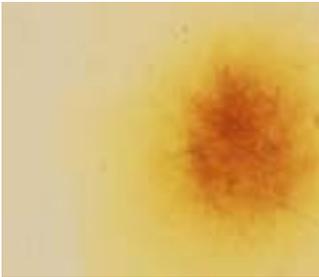
Apéndice G

Criterios de Aceptación Visual para Laminados Curados

Defect	Description	Possible Causes	Possible Solutions
Burbujas de Aire, Vacíos 	Aire atrapado en las capas de vidrio y entre éstas	<p>Aplicación de demasiadas capas de vidrio por vez</p> <p>Forma inadecuada de pasar el rodillo entre las aplicaciones</p> <p>Una mezcla vigorosa hace que entre aire a la resina</p> <p>Resina de viscosidad alta se utiliza en combinación con vidrio grueso.</p>	<p>Aplicar menos capas por vez y pasar bien el rodillo</p> <p>Reducir la velocidad de la mezcla</p> <p>Se puede reducir la viscosidad de la resina agregando entre 3 y 5% de estireno</p>
Ampollas 	En la superficie del laminado pueden aparecer de manera individual o en grupo áreas redondas y elevadas de diversos tamaños	<p>Curado demasiado rápido con exotermia alta puede causar la separación de las superficies del mat</p> <p>Presencia de humedad en el vidrio, la resina o el complemento</p>	Reducir la exotermia del sistema de resina colocando menos capas por vez
Rajaduras 	Rajaduras aparecen en el laminado en la superficie o justo debajo de ella	<p>Áreas demasiado enriquecidas con resina</p> <p>Las rajaduras pueden ser resultado de cambios notables en las condiciones de temperatura del equipo (rajaduras por choque térmico)</p> <p>Contracción de la resina durante el curado</p>	<p>Reducir el contenido de la resina</p> <p>Supervisar y minimizar las fluctuaciones de temperatura durante el funcionamiento del equipo</p>
Delaminación 	La separación de las capas de vidrio se produce, en particular, en áreas de alta tensión, es decir, tuberías de diámetro pequeño, uniones articuladas, etc.	<p>Saturación inadecuada del vidrio con la resina</p> <p>Aplicación de dos capas de woven roving sin mat en el medio</p> <p>Aplicación de laminados en una superficie FRP que se ha dejado curar durante varias semanas</p> <p>Utilización de sistemas de curado rápido en pequeñas áreas de radios</p>	<p>Asegurarse de que el vidrio esté completamente saturado con resina y pasar bien el rodillo</p> <p>Utilizar siempre capas alternadas de woven roving y mat</p> <p>Antes de aplicar otra capa de FRP, lijar suavemente las áreas que se han curado durante períodos largos de tiempo</p> <p>En áreas estrechas de radios, utilizar un sistema de exotermia bajo para reducir la contracción de la resina y la aparición de tensión</p>

Defecto	Descripción	Posibles Causas	Posibles Soluciones
Manchas Secas 	<p>Áreas en las que las fibras de vidrio seco sobresalen del laminado</p>	<p>Vidrio no saturado por completo con la resina</p>	<p>Saturar por completo el vidrio con la resina y pasar bien el rodillo</p>
Ojo de Pescado 	<p>Masa de material extraño en la superficie del laminado o cerca de ésta; la masa no está mezclada con el material circundante</p>	<p>Vidrio sucio Contaminación de la resina con el material extraño</p>	<p>Asegurarse de que el área de fabricación esté limpia Almacenar la resina y el vidrio de forma adecuada para eliminar la contaminación</p>
Prominencias Blancas 	<p>El laminado se ve limpio en un inicio, pero mientras se va realizando el curado, aparecen manchas blancas; las fibras de vidrio de manera individual se vuelven prominentes y blancas</p>	<p>Incompatibilidad entre la resina y el aglutinante de vidrio; a medida que se cura la resina, el aglutinante “va desapareciendo progresivamente” haciendo que el laminado se vea blanco y empañado. Esto ocurre comúnmente cuando el vidrio tiene un aglutinante PVAc. No debe utilizarse en barreras anticorrosivas</p>	<p>Evaluar minuciosamente la compatibilidad de la resina y el aglutinante del vidrio antes de empezar la fabricación. Reducir la temperatura exotérmica de la resina Contactar al Servicio Técnico de Ashland si necesita ayuda para seleccionar un vidrio compatible con resinas específicas</p>
Granos 	<p>Área pequeña en relieve en la superficie del laminado</p>	<p>Resina que gotea en una superficie del laminado que ya se ha empezado a curar Uso del rodillo en una superficie del laminado que ya se ha empezado a curar</p>	<p>Extender por completo el laminado antes de empezar a curar ña resina No continuar con el rodillo si se está empezando a curar la resina</p>

SECCIÓN 9

Defecto	Descripción	Posibles Causas	Posibles Soluciones
Abrusiones o Quemaduras 	Decoloración del laminado mientras se cura	<p>Generación de temperaturas exotérmicas muy elevadas debido a una (o una combinación) de lo siguiente:</p> <p>Temperaturas de trabajo elevadas, altos niveles de la DMA o del iniciador, colocando demasiadas capas por vez</p>	<p>Reducir los niveles de la DMA o del iniciador, sobre todo si las temperaturas de trabajo son elevadas</p> <p>Reducir el número de capas colocadas por vez y dejar que se cure antes de aplicar las otras capas</p>
Cura Irregular	La superficie del laminado es suave en algunas áreas y dura en otras	Mezcla incompleta o inadecuada de promotores y/o iniciador	<p>Ajustar la mezcla para conseguir un pequeño remolino y un buen movimiento de la superficie de la resina</p> <p>Mezclar bien después de agregar cada aditivo</p> <p>Disolver el cobalto en pequeñas cantidades de estireno antes de agregarlo a la resina</p>
Superficie Pegajosa	La superficie del laminado se siente pegajosa o no pasa la prueba de sensibilidad a la acetona (ver página 24)	<p>Curado incompleto debido a la inhibición de aire</p> <p>Nivel del cobalto demasiado bajo</p>	<p>Aplicar un recubrimiento final de resina/cera a la superficie pegajosa (ver página 12)</p> <p>No utilizar un recubrimiento final de resina/cera si se va a hacer una unión adicional a la superficie</p> <p>Aumentar el nivel del cobalto</p>
Arrugas 	Pliegues o arrugas del vidrio en la superficie del laminado o cerca de ésta	Las arrugas del velo (en particular del velo sintético) o del vidrio pueden aparecer cuando se hace el laminado sobre superficies irregulares o cuando se utiliza vidrio pesado y duro en las esquinas	<p>Utilizar 1 oz. (300 g/m²) o 1½ oz. (450 g/m²) de mat en donde las arrugas sean un problema</p> <p>Reducir la viscosidad de la resina agregando de 3 a 5% de estireno</p>



CONDUCTA RESPONSABLE*

Ashland tiene un sólido compromiso con nuestros clientes, nuestros empleados y con las comunidades en las trabajamos y realizamos actividades comerciales. Nuestra convicción es realizar nuestras operaciones de una manera totalmente segura y responsable desde el punto de vista ambiental. Hemos centrado nuestros esfuerzos en la conservación de los recursos y la reducción de materiales peligrosos tanto en nuestro ambiente de trabajo como en el entorno de nuestros clientes. Además, también participamos en la iniciativa del Cuidado Responsable* de la Industria del Consejo Americano de Química.

QUALITY PLUSSM

La uniformidad de lote a lote de los sistemas de resinas de HETRON[®] y AROPOL[™] de Ashland no significa solamente un moldeado más fácil, sino también un rendimiento y calidad consistentes.

Ashland adoptó un proceso de mejoras continuas llamado MÁS CALIDAD a comienzos de 1980. Ashland se convirtió en líder de calidad en muchas industrias a las que servimos; las mejoras continuas se han convertido en parte importante de la capacitación y pensamiento de cada empleado. Este proceso, dirigido de arriba hacia abajo, todavía guía todas nuestras operaciones y actividades y la forma en que hacemos negocios.

Aviso: Antes de utilizar los productos, todos los supervisores, personal y empleados deben leer y comprender a cabalidad todas las etiquetas y avisos preventivos. Si necesita más información sobre salubridad y seguridad, contáctese con Ashland. El comprador es responsable de determinar si es aplicable el cumplimiento de leyes federales, estatales y locales y/o disposiciones que impliquen su uso, en particular, en la fabricación de productos para el consumidor.

La información contenida en el presente documento es correcta a nuestro leal saber. Las recomendaciones y sugerencias de este catálogo se hacen sin garantías y aseveraciones en cuanto a los resultados. Le sugerimos que evalúe estas recomendaciones y sugerencias en su propio laboratorio antes de utilizar los productos. Nuestra responsabilidad respecto a reclamos que surjan de una violación de la garantía, negligencia o de otro modo se limita al precio de compra del material. No debe inferirse de cualquier declaración contenida en el presente documento la libertad de utilizar cualquier patente que le pertenezca a Ashland o a otros.

ASHLAND[®]

Administración Ambiental • Excelencia Operativa • Soluciones Innovadoras • Equipo Global



Ashland está comprometido con el desarrollo continuo de soluciones tecnológicas y de servicios que promueven la protección de la salud, seguridad y medio ambiente en todo el mundo.

**Ashland
Composite Polymers**
5200 Blazer Parkway
Dublin, OH 43017

[™] Marca, Ashland Inc.
SM Marca de servicio, Ashland Inc.
© Derechos de Autor 2006,
Ashland Inc.



Impreso en Estados Unidos de América

Teléfono: 1.614.790.4399 – Servicio Técnico
Teléfono: 1.800.327.8720 – Servicio Técnico
Teléfono: 1.800.523.6963 – Servicio al Cliente
Fax: 1.614.790.6157 – Servicio Técnico
Correo electrónico: hetron@ashland.com - Servicio Técnico

© Marca Registrada, Ashland Inc.
En Canadá, Ashland Canada, Inc.
Una división de Ashland Inc.
Usuario registrado de la Marca

* Cuidado Responsable y el logotipo de Cuidado Responsable son marcas de servicio registradas del Consejo Americano de Química, de la Asociación Canadiense de Productores de Químicos y de otras entidades en otros países.

Boletín No. 2735-2