UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Fundada en 1551
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
E.A.P. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Los Plásticos Reforzados en Fibra de Vidrio (PRFV), sus aplicaciones y desarrollo en la Industria Nacional

TESIS Para optar el Título Profesional de: **INGENIERO INDUSTRIAL**
JOSÉ HUMBERTO BENDEZÚ REYES
ASESOR: Ing. Javier Del Carpio Gallegos
LIMA - PERÚ 2002

. . 1

RESUMEN EJECUTIVO . 3

1. INTRODUCCIÓN . 5

2. INTRODUCCIÓN A LAS RESINAS DE POLIÉSTER Y AFINES . 7

1. GENERALIDADES . . 7

2. DIFERENCIAS ENTRE RESINAS DE POLIÉSTER ORTOFTÁLICO E ISOFTÁLICO. . . 8

3. RESINAS VINILÉSTER . 8

3. MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICOS REFORZADOS EN FIBRA DE VIDRIO Y SUS APLICACIONES . . 13

1. MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE PIEZAS DE “PLÁSTICOS REFORZADOS EN FIBRA DE VIDRIO”. . . 13

1.1. MÉTODO DE CONTACTO DIRECTO Y PROYECCIÓN . . 13

1.2. INYECCIÓN . 15

1.3. COLADA: INCLUSIONES / BOTONES . . 17

2. APLICACIONES EN PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO. . . 17

2.1. APLICACIONES INDUSTRIALES . . 18

2.2. APLICACIONES NÁUTICAS . . 18

2.3. CONSTRUCCIÓN . 18

2.4. APLICACIONES ELÉCTRICAS-ELECTRÓNICAS . . 18

2.5. APLICACIONES BÉLICAS Y AERONÁUTICAS . 18

2.6. CORROSIÓN . 18

2.7. TRANSPORTE . . 18

4. MATERIAS PRIMAS DEL PLÁSTICO REFORZADO DE FIBRA DE VIDRIO “PRFV” . . 19

1. FIBRA DE VIDRIO . 19

1.1. GENERALIDADES . . 19

1.2.CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO . 20

2. MONÓMERO . 20

3. CATALIZADORES Y ACELERANTES . 22

4. GELCOAT . . 22

4.1. GENERALIDADES . . 22

4.2. MÉTODOS DE APLICACIÓN . 23

4.3. MATERIAS PRIMAS PARA GELCOAT . 23

5. MANUAL DE INGENIERÍA Y RESISTENCIA QUÍMICA . . 27

1. GENERALIDADES . . 27

2. VENTAJAS PARA EL USUARIO FINAL . . 27

3. QUÍMICA BÁSICA . 28

4. PROPIEDADES TÍPICAS DE LAS RESINAS VINILÉSTER . 29

5. RELACIÓN DE POISSÓN . 29

6. DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE RESINAS VINILÉSTER . 29

7. RESISTENCIA DE LAS RESINAS VINILÉSTER . . 30

7.1. RESISTENCIA QUÍMICA . . 30

7.2. RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO TÉRMICO . 31

8. CONSIDERACIONES TÉCNICAS EN LA ELECCIÓN DE RESINAS VINILÉSTER . . 31

9. CONSIDERACIONES DEL USO DE LAS RESINAS VINILÉSTER EN AMBIENTES CORROSIVOS . 32

10. EXPERIENCIA EN TRATAMIENTOS ANTICORROSIVOS . 32

6. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD . . 35

1. CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO REFORZADO EN FIBRA DE VIDRIO (PRFV) . . 35

1.1. ARRUGAMIENTO . 35

1.2. PICADURA . . 36

1.3.MALA ADHERENCIA DE LA RESINA DEL *GEL COAT* . 36

1.4. MANCHAS . 36

1.5. ESTRIAS . 36

1.6. AFLORAMIENTO DE LAS FIBRAS . 36

1.7. VEJIGAS . 37

1.8. CUARTEADO . . 37

1.9. AGRIETAMIENTO EN FORMA DE ESTRELLA . 37

1.10. PORCIONES INTERNAS SECAS . 37

1.11. MALA IMPREGNACIÓN DE LA FIBRA . 37

1.12. AMARILLEO . 38

2. INSPECCIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN . . 38

3. CONTROL DE VARIABLES . . 38

4. CONTROL PRÁCTICO DE MATERIAS PRIMAS . 39

4.1. VERIFICACIONES DE LA FIBRA DE VIDRIO . 39

4.2. VERIFICACIONES DE LA RESINA DE POLIÉSTER . 40

4.3. VERIFICACIONES DEL MONOMERO DE ESTIRENO . . 41

4.4. VERIFICACIONES DEL CATALIZADOR (PERÓXIDO DE METIL ETIL CETONA) . 42

4.5. VERIFICACIONES DEL ACELERANTE (OCTOATO O NAFTENATO DE COBALTO) . 42

4.6. VERIFICACIONES DE CARGAS . . 42

4.7. VERIFICACIONES DEL GELCOAT (PLASTIESMALTE) . . 43

7. MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LOS PRFV . 45

1. NORMAS DE SEGURIDAD . 45

2. MANEJO DE MATERIALES . 46

3. MANIPULACIÓN DE CATALIZADORES (*PEROXIDO DE MEK*) . . 46

4. PRIMEROS AUXILIOS . . 47

4.1. IRRITACIÓN DE OJOS Y PIEL . 47

4.2. INHALACIÓN DE VAPORES . . 47

4.3. INHALACIÓN DE POLVOS . . 47

5. MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EL DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA . . 47

6. NORMAS GENERALES . . 49

8. DISEÑO DEL PROYECTO . 51

1. GENERALIDADES . . 51

2. DISEÑO DEL PROYECTO . . 51

2.1. REGLAS DEL PROYECTO . 52

2.2. CONSIDERACIONES DEL PROYECTO . . 52

3. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO ESTRUCTURAL . . 52

3.1. GENERALIDADES . . 52

3.2. MÉTODOS PARA DIMENSIONAMIENTO . 53

9. MÉTODO DE TRABAJO . 57

1. GENERALIDADES . . 57

2. FABRICACIÓN DEL MOLDE . . 58

3. FABRICACIÓN DEL PRODUCTO . . 58

10. ESTRUCTURA DE COSTOS DE LOS PLÁSTICOS REFORZADOS EN FIBRA DE VIDRIO "PRFV" . 59

1. GENERALIDADES . . 59

2. EJEMPLO DE CÁLCULO DE COSTO DE PRODUCCIÓN . . 60

3. ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS . 60

3.1. RESUMEN DEL CALCULO DE LA ESTRUCURA DE COSTO . 60

3.2.ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS . 61

3.3. RECOMENDACIONES PARA OPTIMIZAR COSTOS DE PRODUCCIÓN . . 61

11. EL CONTEXTO ACTUAL DEL MERCADO DE PRFV Y SUS PROYECCIONES DE DESARROLLO. . 63

1. ANTECEDENTES . . 63

2. EL CONTEXTO ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE LOS PLÁSTICOS REFORZADOS. . . 64

3. PROYECCIONES DE DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE PRFV. . . 65

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . 69

BIBLIOGRAFÍA . 71

ANEXOS . 73

DEDICATORIA *Este logro profesional y personal es el resultado del apoyo incondicional que he recibido de mí señora madre MODESTA MAXIMINA REYES CRISOLOGO, quien ha través de todos lo años de lucha constante ha sabido inculcarme su perseverancia y disciplina para alcanzar las metas propuestas. Asimismo un reconocimiento muy especial a mí querida hermana MARIA LUISA BENDEZU REYES por su apoyo en los momentos más difíciles de mí vida, a mí esposa JACKELINE PAOLA CEVALLOS SIANCAS e hija ANGELICA CRISTINA BENDEZU CEVALLOS, por su paciencia, comprensión y fuente inagotable de motivación para el éxito de esta meta, a un siempre amigo y compañero de estudios TEDDY TOMAS DEXTRE MANSILLA por su incalculable apoyo en cada etapa de mí vida estudiantil y profesional. Es por ello que dedico este trabajo de investigación y consecuentemente la obtención del título de ingeniero industrial a mis seres queridos mencionados, de quienes estoy inmensamente agradecido.*

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo hace una presentación de los aspectos más importantes de los materiales compuestos de plásticos reforzados, así como de sus aplicaciones. Por su importancia en el proceso productivo se tratan también aspectos de aseguramiento calidad y medidas de seguridad industrial, habiéndose incluido una generosa lista referencia sobre normativa de ensayos y procedimientos de inspección de materiales compuestos.

Por su importancia en la industria nacional se trata sobre las resinas viniléster y su importancia en la ingeniería de los tratamientos anticorrosivos, citando en el anexo una tabla de resistencias química de dicha resina.

Para fines prácticos y didáctico se trata los costos de producción en la fabricación de Plásticos reforzados, viendo el aporte y la relevancia de cada centro de costo logrando identificar que la racionalización de acuerdo a parámetros de calidad permiten mejorar sustancialmente los costos de fabricación; asimismo se ve la tecnología del proceso productivo con su respectivo método de trabajo, con la finalidad de hacer más eficiente la producción.

Finalmente el trabajo hace una evaluación de la industria nacional de Plásticos Reforzados de Fibra de Vidrio, sus proyecciones de desarrollo e impacto en la economía nacional, logra identificar nuevos mercados y oportunidades de negocio para la industria de los plásticos reforzados dentro de una economía de gran recesión e importación de productos competencias o sustitutos que afectan directamente la demanda de estos productos de fibra de vidrio.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se han realizados considerables progresos en calidades de fibras, preimpregnados, métodos de fabricación, métodos de ensayos no destructivos, mecánica de materiales compuestos, métodos de diseño y análisis de medios anisótropicos, y nuevos conceptos de diseño, razón por lo cual este trabajo tiene como objetivo ser un aporte técnico y práctico de dichos conocimientos para profesionales, fabricantes, etc., dedicados a la industria de los Plásticos Reforzados.

En nuestro medio existen diversas empresas formales así como una gran cantidad de pequeños productores de artículos de fibra de vidrio y resinas de poliéster, los cuales ha orientado sus productos al mercado de consumo masivo con estrategias de bajos costos y en menor escala a la industria por el poco conocimiento técnico de los tipos de resinas y sus bondades para aplicaciones especificas como es el caso de los tratamientos anticorrosivos.

Asimismo el presente trabajo logra identificar diferentes alternativas de fabricación de productos de plásticos reforzados en fibra de vidrio PRFV, identifica mercados potenciales de desarrollo (minería, papeles, vinícolas, etc.), proporciona técnicas para el aseguramiento de la calidad y seguridad industrial que son de escaso conocimiento y mucho menos aplicación en nuestro medio, sin embargo repercute grandemente en las condiciones de trabajo en lo referente a salud, seguridad y medio ambiente.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

2. INTRODUCCIÓN A LAS RESINAS DE POLIÉSTER Y AFINES

1. GENERALIDADES

Existen en el mercado dos grandes grupos de materiales plásticos: Termoplásticos y Termoestables.

Entre los plásticos más conocidos pueden incluirse PVC, *Nylón*, Polietileno, Polipropileno, Poliestireno, etc. siendo normalmente moldeados por los procesos de inyección, extrucción, soplado, etc. Los termoplásticos presentan excelentes propiedades químicas, pero tienen propiedades mecánicas que no pueden competir con los materiales termoestables, sobre todo a temperaturas moderadamente elevadas.

Los plásticos termoestables y concretamente las resinas de poliéster, se suministran en forma de líquido viscoso, que con la adición de productos químicos adecuados se transforma de un estado líquido a un estado sólido. Una vez la resina ha obtenido su estado sólido, no podrá ser transformado nuevamente en estado líquido.

Este producto ofrece:

- La posibilidad de curado a temperatura ambiente.

- No es necesario aplicar presión para la transformación y moldeado.

- Obtención de gran número de diferentes formas.

- Posibilidad de moldeo de piezas grandes y complejas a precios competitivos a pequeñas y medias escalas de producción.

Además de las siguientes características:

- Excelente estabilidad dimensional.

- Excelente resistencia a ambientes químicamente agresivos

- Excelentes propiedades mecánicas.

- Excelentes propiedades eléctricas.

2. DIFERENCIAS ENTRE RESINAS DE POLIÉSTER ORTOFTÁLICO E ISOFTÁLICO.

- Las resina ortoftálicas son más rígidas que la isoftálicas, por la mayor proximidad de los grupos éster y de los dobles enlaces de los ácidos insaturados.

- Las resina ortoftálicas presentan por lo general tiempos de gelificación más largos que las isoftálicas.

- Las resinas ortoftálicas presentan menor resistencia al agua, dado que al tener cadenas moleculares menores, tienen mayor número de grupos terminales -OH que pueden ser susceptibles de la acción del agua.

- Las resina ortoftálicas presentan menor resistencias químicas por tener una reticulación menos comprimida.

- En general las resina isoftálicas tienen mayor resistencias químicas por tener menor número de grupos terminales y mayor empaquetamiento en la reticulación.

- Las resinas ortoftálicas tienen peores propiedades mecánicas y menor resistencia al impacto que las isoftálicas, dado que las últimas presentan mayor empaquetamiento en la reticulación, cadenas moleculares más largas y mayor espaciamiento entre las insturaciones y entre los grupos éster.

- Las ortoftálicas tienen menor retención de las propiedades mecánicas a elevadas temperaturas.

- La resinas ortoftálicas son menos viscosas que las isoftálicas.

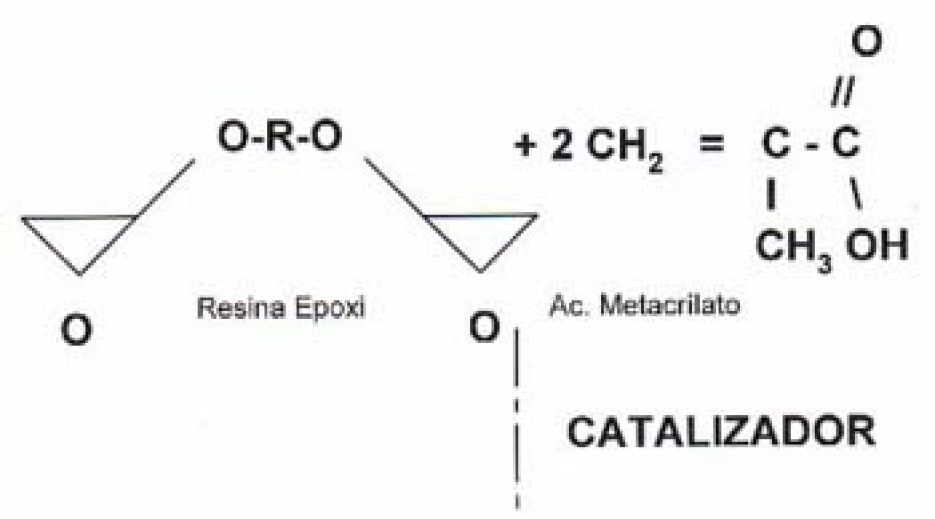
3. RESINAS VINILÉSTER

Comparadas con las resinas de poliéster, las resinas viniléster presentan una serie de

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

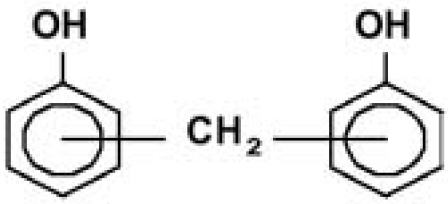
particularidades, las cuales se trasmiten igualmente a las piezas moldeadas.

Veamos como se obtiene las resinas viniléster:



Observamos que solamente existen dobles enlaces para poder formar posteriormente una reticulación al final de la molécula.

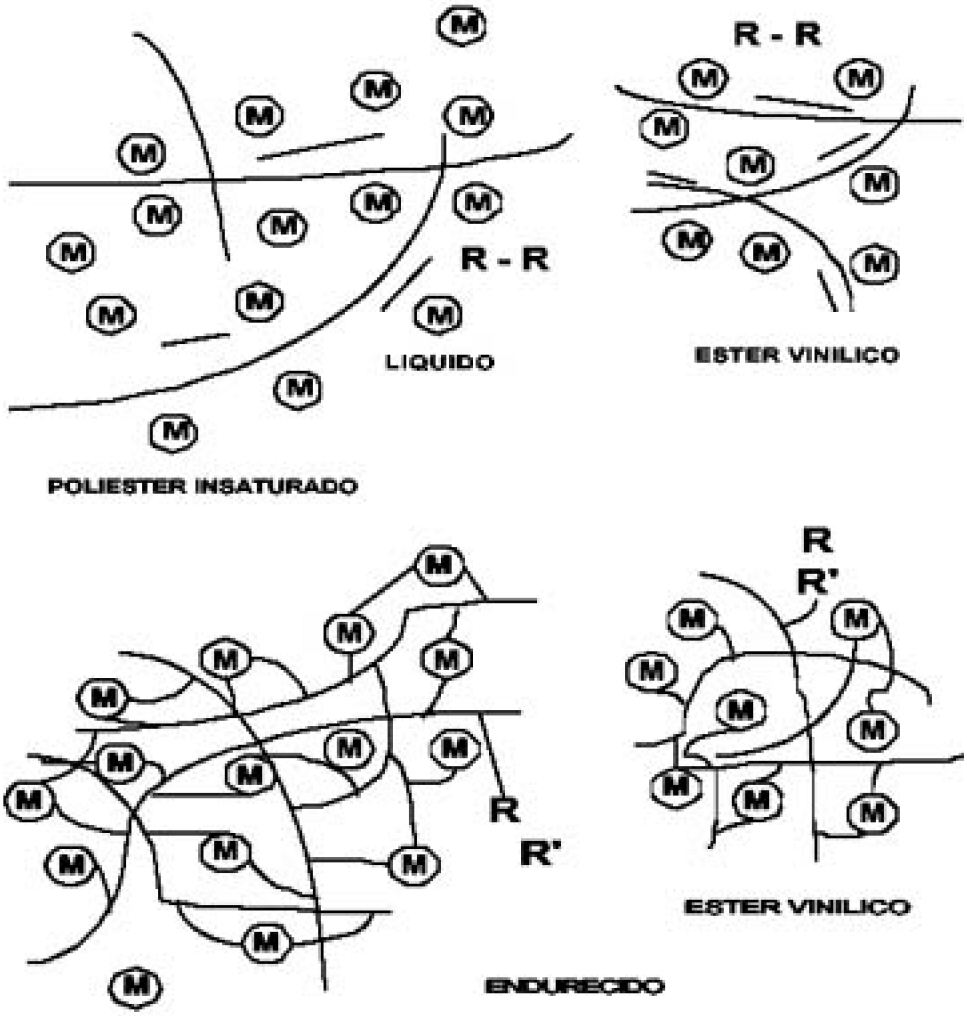
R puede ser Bisfenol A o Novolak.



Novolak

Estas zonas reactivas C=C son las que posteriormente reaccionarán con las moléculas de estireno.

Las moléculas lineales de viniléster son más cortas que las de poliéster, teniendo estas últimas mayor número de punto reactivos.



Observamos en el esquema de polimerización la diferencia en la estructura entre las resinas VE y las resinas UP.

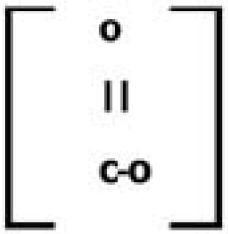
Las resinas de poliéster presentan una red más estrecha que en una molécula éster vinílica, al no poseer esta última dobles enlaces entre medios de la cadena lineal.

Se puede uno imaginar fácilmente que los segmentos no reticulados de éster vinílicos contribuyen a dar una mayor elasticidad a la molécula, dando lugar a productos más tenaces y elásticos.

El motivo de usar Bisfenol A o Novolak para la condensación de resinas VE es debido a que estos productos dan la suficiente resistencia en la cadenas. El bisfenol da productos más tenaces, mientras el Novolak nos proporciona resinas que presentan una mayor resistencia a la temperatura.

Teniendo en cuenta que las resinas son generalmente atacadas en primer lugar en los grupos éster y en los dobles enlaces de carbono los poliésteres en general a base de ácidos ortoftálico, isoftálico y bisfenol a son más susceptibles de ataque químico que los viniléster, debido al mayor número de grupos ésteres y en laces dobles a largo del polímero.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"



Estas particulares en su diseño molecular otorga a las resinas viniléster mejores propiedades mecánicas, térmicas, al fuego y particularmente a ambientes altamente corrosivos.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

3. MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICOS REFORZADOS EN FIBRA DE VIDRIO Y SUS APLICACIONES

1. MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE PIEZAS DE "PLÁSTICOS REFORZADOS EN FIBRA DE VIDRIO".

1.1. MÉTODO DE CONTACTO DIRECTO Y PROYECCIÓN

El poliéster puede ser moldeado a mano por el método de contacto con la ayuda de un utilillaje muy simple. Se obtienen piezas lisas por un lado.

Sobre el molde deberá aplicarse un *gelcoat* de una resina que sea resistente a la intemperie o a aquellos agentes agresivos que vayan a estar en contacto con la pieza. Es importante que el molde este limpio y sin humedad. Muchas veces ocurre que moldes

metálicos que se han dejado a la intemperie se introducen en el interior de la nave y se produce por diferencia de temperatura condensación de agua sobre esta, haciendo que se inhiba el endurecimiento del gelcoat que se aplica posteriormente.

En la superficie de los moldes deben aplicarse un desmoldante para facilitar el despegue posterior de la pieza. Estos desmoldantes son fundamentalmente ceras y/o barnices a base de alcoholes polivínilicos. Una vez se ha aplicado, debe dejarse secar y posteriormente pulirse con un paño. La aplicación de este desmoldante es muy importante sobre todo cuando el molde es nuevo, dado que se deben ir tapando los poros que siempre hay presentes en su superficie. Posteriormente, no será necesario aplicarlo cada vez que se lamine sobre él.

Se aplica posteriormente gelcoat, que deberá tener un grosor entre 0.3-0.6 mm. Este *gelcoat* deberá ser de resina de alta resistencia al choque y tixotrópica.

Debe añadirse aproximadamente:

1.5% solución PMEC ó 3% solución PCH y 0.5% solución de acelerante de cobalto al 6%.

Debemos disponer de un tiempo de gel de aproximadamente 15 min. No es recomendable que se a menor para que la T^0 no sea demasiada elevada, lo que podría producir grietas, pero tampoco mucho mas largo, dado que se produce entonces una gran perdida de estireno que hace que se pueda producir un curado incompleto. Por este mismo motivo se debe trabajar en un lugar donde no existan corrientes de aire.

La aplicación se hace con pincel, con brocha o si se diluye en algo de estireno con pistola.

Existen maquinas que trabajan a diferentes presiones; baja presión 4-6 bar y alta presión 20-140 bar, siendo estas ultimas las que no trabajan con aire a presión por lo que proporcionan laminados de menor contenido en burbujas.

La resina puede ser mezclada con el catalizador o bien antes de ser proyectada, en la cabeza del proyector o proyectada separadamente y mezclada en el molde.

Una vez se ha proyectado sobre el molde, debe operarse igual por moldeo a mano, pasando por rodillo acanalado para la eliminación de burbujas de aire.

Ventajas:

-Uso de un refuerzo de menor costo, *Roving*

-Ganancias en proporción de fibra de vidrio, dado que no se tiene 4% en peso de ligante.

-Procedimiento más rápido.

-Posibilidad de automatizar el paso del rodillo.

Desventajas:

-El espesor del laminado y su homogeneidad depende en gran medida de la habilidad del laminador.

-Gran desprendimiento de estireno debido a las micros burbujas que se forman

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

-Sensibilidad de las maquinas.

-Inversión necesaria para comprar el equipo.

Es importante señalar que este método hay que usar resinas que posean una viscosidad entre 300-400 m.Pa.s, por lo que debemos tener las siguientes consideraciones de trabajo:

-Resina tixotrópica, si vamos a laminar sobre paredes verticales.

-Resinas de contenido de estireno no demasiado elevado para que no se evaporen en demasía.

-La resina debe tener una temperatura adecuada para poder trabaje (aprox. 25^0C)

-En caso de adicionar estireno, debe agregarse en poca proporción, aprox. 5% (máximo 10%).

1.2. INYECCIÓN

Este método es uno de los más antiguos. El proceso consiste en el llenado de un molde, que se puede ser de poliéster o de acero, el cual se ha introducido anteriormente la fibra de vidrio de refuerzo. La fibra de refuerzo debe cortarse de forma que se adapte al molde.

Podríamos decir que el proceso de inyección sigue los siguientes pasos:

-Preparación del molde.

-Colocación de las fibras de refuerzo.

-Cerrado del molde.

-Dejar entrar la resina.

-Cierre del canal de entrada de la resina.

-Aplicar vacío.

-Mantener el vacío hasta la gelificación.

La preparación del molde consiste en su limpieza y aplicación del desmoldaste adecuado.

El fin de usar este *MAT* es que la resina no arrastre las fibras de vidrio cortas. En los *MATS* normales tenemos fibras de vidrio cortado de una longitud de 5 cm. Ligados con un ligante en polvo o emulsión; en caso de usar este tipo de *mats*, la resina arrastraría las fibras cortadas en el sentido de la corriente de esta.

El cerrado del molde es importante par que no se produzcan perdidas de resina por los bordes del molde. El molde puede ser cerrado mediante métodos mecánicos o aplicando vacío en un canal que rodee el molde.

La inyección de la resina dentro del molde se puede ser aplicando presión en el punto de inyección, aplicando vacío en el punto de salida o los dos simultáneamente.

La presión que debemos aplicar va ha depender de muchos factores:

-Tiempo de llenado del molde

-Tamaño del molde

-Tipo de refuerzo empleado

-Tiempo de gelificacion

-Viscosidad de la resina

Separación entre las dos partes del molde

Debemos tener en cuanta que

$$\mathbf{P_{tot} = P_{inyección} + P_{succión}}$$

Esta claro que dentro del molde se produce una perdida de presión

$$\mathbf{P_{pérdida}\ x\ n.v.s)/(a^2)}$$

n: Viscosidad de la resina

v: Velocidad media de la resina dentro del molde

s: Distancia a recorrer dentro del molde

a: Distancia entre los moldes

siendo entonces la presión efectiva:

$$P_{ef.} = P_{tot} - P_{pérdida}$$

La inyección de la resina en un molde se puede hacer con diferentes métodos:

-Del centro a los bordes

-De un lado hacia el otro

-Desde los bordes al centro

El uso de este método nos permite obtener superficies lisas por ambos lados; esta a su vez tenemos el sistema puestos apunto, podemos obtener piezas mucho mas rápidamente que por el método molde a mano.

1.2.1. PRENSADO EN FRÍO

Es necesario disponer de moldes en las partes fabricadas, por ejemplo, de resina de poliéster epóxi o acero.

Para el prensado en frío se suele utilizar resinas de elevada reactividad y acelerantes químicos.

Toda la resina como el refuerzo (*PREFORM*) se introduce en el molde abierto y se procede a cerrar inmediatamente el molde. A medida que la reacción vaya avanzando, la temperatura aumenta (40-70°C), a la vez que también se calienta el molde.

Este aumento de la temperatura del molde produce una aceleración de las siguientes piezas.

Se suelen fabricar de 4-8 piezas por molde.

1.2.2. PRENSADO EN CALIENTE

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

Este método exige de moldes de acero que puedan soportar hasta 150 ^{o}C y prensas hidráulicas. El calentamiento tiene lugar por vapor o mediante aceite. Es importante obtener una temperatura uniforme en todo el molde con una variaciones no superiores a +/- 5 ^{o}C.

La superficie del molde debe estar cromada o como mínima pulida.

Hay que poner especial cuidado en los bordes del molde para que puedan recoger el exceso que pueda sobre añadir de resina, así como la fibra de vidrio que pueda colgar fuera.

1.3. COLADA: INCLUSIONES / BOTONES

Esta es una de las aplicaciones no reforzadas de las resinas de poliéster. Consiste en rellenar un molde con resina para lo cual puede estar cargada y/o coloreada.

En la fabricación de inclusiones es muy importante el método de trabajo. Hay que conseguir que queden el menor número posible de burbujas, dado que estas dan un aspecto desagradable a la pieza.

Es importante mejorar la impregnación de la pieza a encapillar; para ello podemos mojarlo con estireno, lo que favorece la salida de burbujas de aire que pudiera haber quedado atrapadas en las zonas rugosas de la pieza.

Es imprescindible que las piezas estén perfectamente secas, libres de grasas y por supuesto deben ser resistente al estireno y a peróxidos (por lo menos durante un cierto tiempo).

Hay que destacar que pueden afectarse los colores de algunas piezas en contacto con el poliéster.

El molde que vayamos a utilizar debe estar igualmente seco. Los moldes más adecuados son los de poliamida (*Nylon*), dado que no necesitan un desmoldante, también pueden utilizarse moldes de vidrio. En todo caso, debe evitarse moldes con rugosidades o cantos que puedan dificultar la posterior extracción de la pieza.

Pueden usarse ceras como desmoldantes. Moles de polietileno y poliestireno no son adecuados para trabajar con poliéster.

Las Resinas, que vayamos a utilizar deben ser poco reactivas y de color lo más claro posible.

2. APLICACIONES EN PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO.

Los compuestos laminados ofrecen al fabricante un material que posee unas altas relaciones de resistencia a peso, y al mismo tiempo, una libertad de diseño sin las limitaciones prácticas que vienen impuestas por los procesos de fabricación en la

tecnología de los metales.

La fibra de vidrio tiene muchas aplicaciones y muchos mercados. Las principales aplicaciones por segmento de mercado son:

2.1. APLICACIONES INDUSTRIALES

Filtros, contenedores de batería, revestimiento de paredes de naves, discos abrasivos, lijas abrasivas.

2.2. APLICACIONES NÁUTICAS

Construcción, mantenimiento y reparaciones de casco, equipos y accesorios de embarcaciones de recreo o militar, boyas, etc.

2.3. CONSTRUCCIÓN

Paneles decorativos, coberturas, domos, paneles de fachada, formas para concreto, silos para agricultura, depósitos, componentes de casas pre-frabicadas.

2.4. APLICACIONES ELÉCTRICAS-ELECTRÓNICAS

Placas aislantes, placas moldeadas, perfiles poltruidos, tubos fabricados por enrollamiento, alojamientos de lámparas, postes para iluminación, etc.

2.5. APLICACIONES BÉLICAS Y AERONÁUTICAS

Misiles, componentes para armas, naves particulares, comerciales y militares, de pequeño o grandes dimensiones, blindajes, lanzadores de cohetes, etc.

2.6. CORROSIÓN

Tanques, tubos, conexiones, ductos, bombas, partes de ventilador, contenedores, componentes de torres de enfriamientos, partes para partes de tratamiento de agua y residuos industriales, tanques sépticos, revestimientos de tanques.

2.7. TRANSPORTE

Equipamiento y bancos para autos, camiones, carrocerías, ómnibus, tren, camiones-tanques, motocicletas, etc.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

4. MATERIAS PRIMAS DEL PLÁSTICO REFORZADO DE FIBRA DE VIDRIO “PRFV”

1. FIBRA DE VIDRIO

1.1. GENERALIDADES

Las resinas de poliéster cuando se usan solas, tienen gran resistencia a la comprensión y a las temperaturas elevadas, pero son rígidas y con poca resistencia a la tracción y menos a la flexión.

El refuerzo más utilizado es la fibra de vidrio teniendo esta gran resistencia a la tracción y gran flexibilidad. Para que haya una buena compatibilidad entre las resinas y la fibra de vidrio, deben ser tratadas estas últimas con un *ensimage* (preparación a la capa exterior de las fibras). De esta forma existe una buena unión entre ambos productos.

La resistencia mecánica de los productos PRFV depende de la cantidad de fibra de vidrio que contenga, el tipo de resina y del perfil que tengan. A mayor cantidad de fibra de

vidrio, tendremos mayor resistencia mecánica.

1.2.CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO

a. Mantas de fibra de vidrio *MAT*

Es el material más usual para laminados de PRFV por ser fácil de moldear, de menor costo, siendo los actuales ligantes fácilmente solubles en estireno.

b. Tejidos de fibra de vidrio *WOWEN ROVING*

Produce laminados más resistentes por la mayor resistencia a la tracción. Ello se obtiene utilizando tejidos más finos con dibujo tupido. El problema que a veces se presenta es la adherencia interlaminar que puede ser localmente débil por problemas de desgomaudura. Se puede mejorar intercalando *MAT* entre los tejidos o usando tejidos más gruesos.

c. Filamentos de fibra de vidrio *ROVING*

Se usan para reforzar las capas de tejido de vidrio y también para conferir resistencia y dureza.

d. Velos

Se puede usar de amortiguamiento entre la capa de *gelcoat* y las principales de refuerzo.

También se usan como capa de refuerzo del propio *gelcoat*, dando así algo de consistencia a esta capa.

e. Cintas de fibra de vidrio

Consiste en un tejido en formas de cintas que es adecuada apara aplicar en aquellos lugares donde se precisan bandas estrechas de refuerzos par ligamentos en espiral.

f. Fibras de vidrio pre-impregnadas

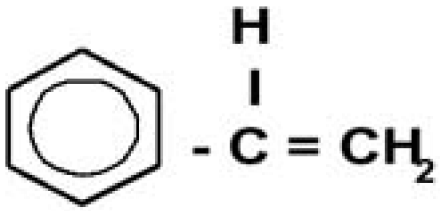
El tejido y los *MAT* se fabrican también impregnados con una mezcla de resina-catalizador que puede ser activada por calor (también pueden ser activados por radiación UV) Estos materiales se conocen con el nombre de “pre-pre”

2. MONÓMERO

Los monómeros insaturados son usados para copolimerizar (interligar) las cadenas lineales de los poliésteres. Las ligaduras se producen al formar estos monómeros puentes entre los dobles enlaces existentes gracias a los ácidos insaturados que se han usado en la condensación de la cadena de poliéster.

Por razones técnicas y económicas, el estireno es el monómero más popular de los utilizados.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"



Monómero de Estireno

Durante el curado de la resina, se produce la formación de polímeros de poliestireno y una cierta proporción se evapora. Por todo esto, se justifica la necesidad de usar un ligero exceso molar de estireno para garantizar el curado satisfactorio de la resina.

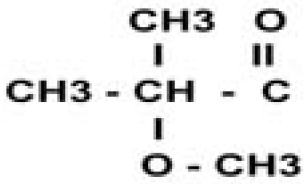
Debemos tener precaución a la hora de añadir excesos de estireno. Dependiendo de la formulación de poliéster, existen límites óptimos de concentración de monómero en los cuales debe producirse. En caso de que este límite sea sobrepasado, algunas propiedades se ven significativamente perjudicadas.

- Un exceso de estireno provoca que las resinas sean quebradizas y sensibles al calor.

- Resinas con exceso de estireno no presentan buena resistencia a la intemperie. Siempre que se encuentra una pieza que al cabo de unas semanas o meses de exposición al sol presentan grietas superficiales en la capa del *gelcoat*, se puede sospechar el típico caso de exceso de estireno usado para bajar la viscosidad del *gelcoat*. Este defecto se nota unas semanas o meses después de la colocación de la pieza.

Es igualmente normal que se produzca amarillamiento de las piezas expuestas a los rayos solares.

La adición de estireno para rebajar la viscosidad debe hacerse con cautela. Como regla general no debe añadirse más del 10-15%. Se usa también otros monómeros como interligadura de las cadenas de poliéster como son:



Metacrilato de Metilo

Se usa conjuntamente con el estireno

- Mejora la resistencia a la intemperie.

- Minimiza la aparición de fibra de vidrio en el laminado.

- Reduce la reactividad de la masa, reduciendo el pico exotérmico.

- Aumenta la flexibilidad del laminado.

3. CATALIZADORES Y ACELERANTES

Para producir un objeto moldeado o laminado, una resina de poliéster tiene que fraguar, que es el proceso de gelificación o coagulación y endurecimiento. Se consigue esto o bien mediante el uso de un catalizador y calor o a la temperatura normal del cuarto de trabajo empleando un catalizador y un agente aceleraste. Los catalizadores para las resinas de poliéster son generalmente peróxido orgánicos, los catalizadores puros son inestables químicamente y susceptibles de descomponerse con violencia explosiva. Se suministran por eso en forma de dispersión en pasta o liquida en un plastificante, o en forma de polvo en una carga inerte.

Los catalizadores mas usado, son el Metil Etil Cetona Peróxido (PMEC), que es vendido en una solución al 50%.

El Peróxido de Benzoilo, puede ser adquirido 100% o en una solución en dibutil ftalato. El Peróxido de Metil Etil Cetona (PMEC) es vendido en una solución al 50% en dimetil ftalato.

Contrariamente con lo que ocurre con el BPO, el *Mek Peroxido* no posee una formula químicamente definida, siendo fabricada con diferentes mezclas de hidroperóxidos, lo que explica la diferencia de actividad de catalizadores obtenidos de diferentes fórmulas.

Hay muchos componentes químicos que obran como acelerados, haciendo posible que la resina que contiene un acelerador pueda fraguar sin el calor. Los más importantes de todos los compuestos acelerados son los basados en una sal de cobalto como los SECAN 706 (octoato de cobalto) y 726 (naftenato de cobalto) y los que tiene como una base una amina terciaria, como el dimetilanilina y la dietilanilida.

Se utilizan diferentes sistemas de acelerador y catalizador de la siguiente manera:

a. Sistemas a base de BPO.

Cuando se utiliza el BPO son más eficientes las aminas terciarias siendo más efectiva la dimetilanilina (DMA) que la dietilanilina (DEA).

b. Sistemas a base de PMEC

Para los sistemas catalizados con PMEC , es mas común utilizar sales organometálicos, es mas común como naftenato de cobalto o el octoato de cobalto.

4. GELCOAT

4.1. GENERALIDADES

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

Son resinas no reforzadas que constituyen la superficie de los laminados de poliéster con fibra de vidrio.

El *gelcoat* tiene tres funciones principales:

a. Proteger el laminado contra los efectos de la intemperie y humedad.

b. Conferir acabado colorido, liso y brillante a la superficie de la pieza.

c. Servir de base para aplicar pinturas especiales (acrílicas, poliuretano, etc.)

Generalmente el *gelcoat* es aplicado sobre la superficie del molde, siendo el laminado estructural aplicado sobre esta capa. El *gelcoat* reproduce las características superficiales del molde (obviamente cubierto por un desmoldante). Moldes lisos y brillantes permiten piezas también lisas y brillantes.

Los *gelcoat* de acabados deben ser aplicados sobre moldes bien pulidos, con esmerado acabado superficial.

4.2. MÉTODOS DE APLICACIÓN

Los *gelcoat* pueden ser aplicados por pistola, rodillos o pincel. Mejores resultados son obtenidos con aplicación con pistola, que permiten aplicaciones uniformes de espesor. En ambientes cerrados o de difícil acceso los rodillos de pintor pueden ser usados como mejor alternativa de aplicación.

Generalmente la primera aplicación debe tener 0,10-0,15mm y la segunda con 0,30-0,35 mm. El espesor final no debe sobre pasar los 0,5 mm. Resultados más gruesos resultan ser muy quebradizos y pueden aparecer grietas superficiales. Aplicaciones muy delgadas pueden arrugarse debido al ataque del estireno de los laminados.

El laminado sobre el gelcoat no debe ser iniciado antes del estado de "toque”, caracterizado por la cura parcial del *gelcoat*, cuando la superficie puede ser tocada por el laminador sin pegarse los dedos.

4.3. MATERIAS PRIMAS PARA GELCOAT

a. RESINAS DE POLIÉSTER

Son usados resinas Rígidas y Flexibles (Ortoftálica e Isoftálica). Las resinas Bisfenólicas y Viniléster son empleados cuando son sometidas a contacto de ambientes agresivos.

Las resinas ortoftálicas son para uso general, presentan buena resistencia a la intemperie y ambientes moderadamente agresivos. Debido a su bajo costo son usados son formulados para fabricar *gelcoat* de uso general. Los *gelcoat* ortoftálicos modificados con Neopentaglicol (NPG) son la mejor opción en términos de costo vs. desempeño para los usuarios de fabricaciones de fibra de vidrio.

Algunas resinas Isoftálicas, de cadenas moleculares más largas que las ortoftálica tienen mejor desempeño al estar expuestas a la intemperie, altas temperaturas y contacto

permanente con el agua.

Las resinas ortoftálicas (rígidas) tienen menor brillo superficial y menor resistencia a la intemperie que las flexibles. Otro problema de las rígidas, cuando son usadas son más susceptibles al desgaste superficial que facilitan la penetración de humedad por erosión, perjudicando la durabilidad de la capa protectora.

Las resinas usadas para gelcoat de molde no precisan ser muy flexibles, porque los moldes, siendo rigidez no presentan tantos problemas de desgaste por uso. La flexibilidad requerida para el *gelcoat* de moldes puede ser elaborado por los fabricantes modificando la relación entre ácido isoftálico y ácido maléico.

b. CATALIZADORES Y ACELERADORES

De preferencia deben ser usados sistemas PMEC-Cobalto. Peróxido de Benzoilo (PB) acelerado con Dimetilanilina o Dietilanilia (DMA, DAA) presentan las siguientes dificultades:

- Afecta al color del gelcoat.

- Perjudica la resistencia a la intemperie.

- No cura satisfactoriamente en capas de poco espesor como el caso del *gelcoat*.

- Las aplicaciones PV-DMA deben ser de preferencia Postcurados antes de 24 horas después de la aplicación. De lo contrario los sistemas PMEC-Cobalto pueden ser Postcuarado en cualquier momento.

- Los sistemas PMEC-Cobalto producen cura mas completa que los sistemas PB-DMA.

c. PIGMENTOS Y COLORANTES

Los pigmentos son partículas sólidas, insolubles en resinas de poliéster y sus solventes. Los colorantes son solubles en resina y sus solventes. Los pigmentos proporcionan cobertura y color a los *gelcoat*. Los colorantes, siendo solubles no tienen poder de cobertura y por eso no son usados en formulaciones de *gelcoat*.

Entre los varios tipos de pigmentos disponibles para formular el gelcoat, pueden presentar de tipo orgánico o inorgánico, sintético o natural. En general, los inorgánicos exhiben mejor propiedades a la intemperie que los orgánicos.

Entre las características que deben tener los pigmentos para las aplicaciones en los *gelcoat* son:

-Estabilidad térmica.

-Solidez a la intemperie (UV)

-Baja influencia en el tiempo de gel en a cura de la resina.

-Poder de cobertura.

-Poder de concentración (tinte)

En general los pigmentos inorgánicos tienen menor poder de cobertura que los orgánicos. En oposición tienen mayor poder de concentración de color. Para que los

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

pigmentos puedan contribuir con máxima eficiencia sus características de cobertura y concentración de color, es necesario que sus partículas deben estar bien dispersas y homogéneas en el poliéster.

Como los pigmentos son comprados en pasta, la coloración de la resina puede ser efectuada con bateadores comunes, tipo hélice.

d. CARGAS

Las cargas a diferencia de los pigmentos no contribuyen a dar color con cobertura significativa al *gelcoat*.

Por esta razón, las cargas son de partícula de tamaño mayor que los pigmentos. Los dispersores de alta velocidad generalmente son suficientes para incorporarlo a la resina. La principal justificación de las cargas minerales para agregarlo a las formulaciones de los *gelcoat* es para disminuir el coeficente de dilatación térmica y darle mayor dureza. En piezas planas o de paredes delgadas estas contribuyen a darle mejor estabilidad dimensional.

Las cargas mas comúnmente utilizado son el carbonato de calcio y el talco micronizado.

El % de carga varia de acuerdo a cada aplicación, es importante que este % no sea muy elevado para no perjudicar las propiedades intrínsecas (viscosidad) del *gelcoat*.

e. SOLVENTES

Los solventes usados para formular los *gelcoat* pueden clasificados en dos categorías:

La primera categoría incluye los reductores de viscosidad no copolimerizadoras, cuya función es reducir la viscosidad del gelcoat para aplicarlo con pistola. Deben presentar como principal característica tasa de evaporación extremadamente rápida, de preferencia evaporándose antes de que el gelcoat llegue a la superficie del molde.

Generalmente es usado la acetona para esas finalidades. Cerca de 3% a 5% de acetona reducen la viscosidad del *gelcoat*.

La segunda categoría incluye los solventes copolimerizadores, que forman parte integrante del gelcoat curado. Al contrario de los anteriores estos deben tener una tasa baja de evaporación. El solvente mas usado de esta categoría es el monómero de estireno. El usuario debe agregar cantidades de estireno lo necesario conforme a sus necesidades.

f. AGENTES TIXOTRÓPICO

Los *gelcoat* deben presentar viscosidad baja suficiente para su aplicación (a pincel, rodillo o pistola).

Por otro lado, aplicaciones liquidas espesas (como es el *gelcoat*), aplicadas sobre superficies inclinadas tienden a escurrirse, dando origen a variaciones de espesor que pueden generar el surgimiento de arrugamiento, esparcimiento y aparecimiento de fibras de vidrio a través del *gelcoat*. El problema de escurrimiento en paredes verticales puede evitarse usando *gelcoat* de alta viscosidad, sin embargo esto genera problemas de

aplicación del material, esparcimiento y nivel de aplicación.

En cuanto a la viscosidad los gelcoat deben satisfacer dos exigencias opuestas:

-Tener viscosidad suficientemente baja durante e inmediatamente después de la aplicación, para facilitar el esparcimiento y nivelamiento en el molde.

-Tener viscosidad suficientemente alta para minimizar problemas de escurrimiento en superficies verticales.

Estas exigencias opuestas son satisfechas por los agentes tixotrópicos. Los agentes tixotrópicos son constituidos por partículas extremadamente pequeñas (sílice o arcilla organofílicas) con alta tendencia a flocular, originando un alto retículo tridimensional que aumenta considerablemente la viscosidad de la resina.

Esta estructura flocular es fácilmente rompible por las altas tasas de cizallamiento a que los gelcoat son sometidos durante la aplicación con pincel, pistola u otro. Una vez roto la estructura flocular, la viscosidad del gelcoat puede ser controlado por los pigmentos, cargas o base poliéster.

Entre los agentes tixotrópicos mas usados para evitar el escurrimiento o caída del gelcoat en paredes verticales o inclinados son el Cabosil o Aerosil.

g. INHIBIDORES

Los inhibidos son adicionados al gelcoat para impedir su gelificación prematura. Las resinas, contienen inhibidores adecuados en cantidades necesarios para garantizar la estabilidad adecuada a los gelcoat. Se puede usar adicionalmente en cantidades necesarias TBC como hidroquinona.

h. ABSORVEDORES ULTRAVIOLETA

La energía contenido en las radiaciones ultravioleta puede romper ligamentos moleculares, cambiar el color o hacer quebradiza la base polimérica de los *gelcoat.* Los absorbedores ultravioleta UV tiene la función de absorber las radiaciones electromagnética contenidas en las radiaciones ultravioleta, logrando disiparlo. Generalmente se usa para esta finalidad 0,4%-0,6% de hidroxibenzofenona. La eficacia de los absorbedores de ultravioleta son limitados a tiempos máximo de 3 años de uso continuo. Son comercializados en el mercado local con el nombre de Tinuvin.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

5. MANUAL DE INGENIERÍA Y RESISTENCIA QUÍMICA

1. GENERALIDADES

Las resinas viniléster han sido diseñadas y fabricadas para satisfacer los requisitos críticos de los plásticos reforzados. Por su excepcional resistencia a la corrosión, las resinas viniléster son especialmente indicadas para usos industriales bajo las más severas condiciones. Este capítulo describe de manera resumida varios tipos resinas viniléster y presentan datos relacionados de resistencia química y demás propiedades básicas para auxiliar a ingenieros, técnicos, químicos, etc. cuando proyecten y especifiquen el plástico reforzado con fibra (PRFV) resistente a la corrosión.

2. VENTAJAS PARA EL USUARIO FINAL

Estructuras, tubos, equipos y recubrimientos hechos de resinas resultan en un producto final con innumerables ventajas sobre los que se hacen con metales convencionales o

resinas de poliéster. Entre las ventajas se mencionan:

-Insuperable resistencia a la corrosión en los más variados ambientes químicos-inclusive a los ácidos, bases y solventes orgánicos.

-En temperatura ambiente o en temperaturas elevadas.

-Alta resistencia al impacto.

-Alta resistencia a la fatiga.

-Alta resistencia mecánica, aliada a un bajo peso.

-Excelentes propiedades de aislamiento térmico y eléctrico.

Las estructuras PRFV hechas con resinas viniléster permiten facilidades adicionales en su fabricación y requieren un mínimo de mantenimiento durante un largo período de utilización y servicio. Ofrecen la ventaja significativa de costo durante la construcción y del uso continuo.

Por todas esas ventajas, las resinas viniléster son a menudo empleados en la fabricación de estructuras, equipos y recubrimientos industriales como torres de absorción o blanqueo, tanques de proceso, tubos, tapas de celdas, tanques de almacenamiento, ductos, chimeneas, pisos y rejas.

3. QUÍMICA BÁSICA

El ataque químico en este tipo de resinas se da a través de la hidrólisis de los grupos de éster, o por la desintegración de los dobles enlaces carbono-carbono no reaccionados por oxidación de los mismos. En las resinas poliéster bisfenólicas e isoftálicas, los enlaces con éster ocurren a lo largo de toda la cadena molecular, volviéndolas más susceptibles al ataque químico, sobretodo por oxidación. En las resinas viniléster, los dobles enlaces se sitúan en el extremo de la cadena molecular y reaccionan completamente en la polimerización, dándole mayor resistencia química a la estructura. De manera que son menos susceptibles a los efectos del agua cuando se utilizan catalizadores solubles en orgánicos como peróxido de benzoilo. En las resinas viniléster no se da la absorción, y por ello, no afecta el endurecimiento. Dado que la insaturación viniléster es terminal, los dobles enlaces carbono-carbono son extraordinariamente activos. En consecuencia, las resinas viniléster endurecen de manera rápida y consistente, brindando una rápida resistencia mecánica inicial (*"green stregth"*) y una superior resistencia a la deformación plástica (*"creep"*). Los grupos de hidróxilos secundarios en las moléculas viniléster tienen también un efecto beneficioso en la calidad de los laminados. Dichos grupos reaccionan con los grupos de hidróxilos de la superficie de las fibras de vidrio, resultando en excelentes humectación y adherencia de las fibras de vidrio.

Es ese uno de los factores responsables de la mayor resistencia de los laminados con resinas viniléster endurecida sólo tienen enlaces cruzados terminales, toda la longitud de la cadena molecular se encuentra libre para estirarse cuando se ve sometida

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

a esfuerzos y par absorber el choque mecánico o térmico. El resultado final es un laminado flexibles, altamente resistente a las fisuras superficiales o en todo su espesor durante el transporte, la instalación y la vida útil de las partes fabricadas.

4. PROPIEDADES TÍPICAS DE LAS RESINAS VINILÉSTER

Las resinas viniléster son destinadas a los procesos comerciales de fabricación de PRFV de contacto manual, pistola, filamento continuo y muchos otros. Los cuadros 5.1, 5.6 y 5.9 traen datos sobre las propiedades, de la temperatura ambiente, de la resina endurecida sin refuerzo con espesor de 3.2mm (1/8 pulgada) para diferentes tipos de resina viniléster. La combinación entre la resistencia y estiramiento elevado de la resina pura es una buena indicación de la flexibilidad de las resinas. Los cuadros 5.2-5.5, 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10 muestran los datos de ingeniería para contracción en el endurecimiento, la conductividad térmica, la expansión térmica, el aislamiento térmico y la adherencia a los metales. El cuadro 5.11 compara las propiedades física de varios laminados hechos con resinas viniléster según las especificaciones de las normas ASTM D-3299.

5. RELACIÓN DE POISSÓN

Cuando se estira un material, el área de su sección transversal cambia, como su longitud. La relación de Poissón es una constante entre las deformaciones longitudinal, y se obtiene dividiendo la deformación lateral por unidad de longitud por la deformación longitudinal por unidad de longitud. Para laminados hechos con resinas viniléster esa relación varía entre 0.2-0.4 dependiendo del tipo y cantidad de refuerzo. Laminados manuales típicos hechos alternando capas de mantas y telas, generan una relación de Poissón cercana de 0.3 cifra usualmente empleada para fines de proyecto.

6. DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE RESINAS VINILÉSTER

Las resinas viniléster están disponibles en las siguientes categorías de diferentes productos:

- Resinas viniléster de viscosidad mediana, ampliamente empleados en procesos de contacto (manual), poltrusión, pistola, embobinado continuo y moldeo en caliente.

- Resinas viniléster de viscosidad mediana similar a la anterior, pero con un contenido de estireno solo de 35%, reduciendo un 50% aproximadamente en las emisiones de estireno. Con esta estructura molecular dicha resina alcanza una

temperatura de deflexión térmica de 118^0C y un estiramiento de 7-8%. Esta resina brinda excelentes resistencias a soluciones acuosas y posee resistencia superior a los solventes orgánicos. Se utilizan en los procesos de contacto, poltrusión, pistola, embobinado continuo y moldeo por caliente.

- Resinas viniléster resistentes a la corrosión con propiedades superiores expuestas a temperaturas elevadas, resistencia superior a la oxidación y a la mezcla de productos químicos, inclusive solventes. Estos productos son ideales para fabricar equipos que se utilizan en operaciones de concentración o combinación de productos corrosivos, como en las unidades de control de contaminación.

- Resinas viniléster resistentes a la inflamabilidad ofrecen la misma facilidad de fabricación, propiedades mecánicas y de resistencia química de las resinas anteriormente mencionadas, asimismo confiere algún grado de resistencia a la inflamación sin necesidad de aditivos en su fórmula. La eliminación de aditivos mejora la retención de la resistencia química y permite la fabricación de piezas que se pueden someterse a la inspección visual para detectar fallas. Se puede emplear el trióxido de antimonio para aumentar aun más la resistencia a la inflamación.

Nota: Ver anexo cuadros 5.1-5.11

7. RESISTENCIA DE LAS RESINAS VINILÉSTER

7.1. RESISTENCIA QUÍMICA

Este capítulo hace referencia de un listado de los ambientes químicos y la temperatura máxima conocida en la cual los equipos hechos con resinas viniléster presentan buen desempeño, o en la cual los ensayos de laboratorio o de campo (según las normas ASTM C58) han indicado buena expectativa de vida útil. Si la exposición es intermitente, o se limita a humos y salpicaduras, se puede lograr buen desempeño en temperaturas considerablemente más alta que las indicadas aquí. Al especificar una resina para un equipo o para un ambiente en particular, otros factores, más allá de la máxima temperatura de servicio, son igualmente importantes.

Entre ellos:

- Proyecto adecuado.
- Tipo de refuerzo.
- Secuencia y tipo de fabricación.
- Tipo de endurecimiento.
- Tipo y cantidad de impurezas. Presente en el producto químico o en el ambiente.

Nota: Ver anexo de cuadro 5.16 de resistencias químicas de las resinas viniléster

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

7.2. RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO TÉRMICO

Las resinas viniléster, demuestran un alto grado de resistencia al envejecimiento térmico, como se puede ver por las medidas de resistencia a la flexión, de resistencia eléctrica, de pérdida de masa, de estabilidad dimensional y de absorción de agua luego de largos períodos de exposición al envejecimiento de 160 a 240 grados Celsius.

Nota: En las pruebas realizadas para determinar la resistencia al envejecimiento térmico de largo plazo, se dispusieron laminados hechos con resinas en estufas a temperaturas indicadas en los cuadros 5.12 y 5.13 se removieron los laminados luego de un corto período de tiempo y se les sometió a pruebas de retención del módulo y resistencia a la flexión.

Nota: Ver anexo cuadros 5.12-5.13

8. CONSIDERACIONES TÉCNICAS EN LA ELECCIÓN DE RESINAS VINILÉSTER

Siempre que sea posible hay que probar una muestra del laminado bajo las condiciones reales o simuladas antes de elegir la resina viniléster adecuada. Si hubiera disponibilidad de tiempo, se recomienda que las muestras sean evaluadas en periodos de 1 y 3 meses y, cuando los resultados lo requieran, cada 6 meses.

Se recomienda las siguientes evaluaciones:

-Variación del peso.

-Variación del espesor.

-Aspectos después del tiempo de exposición.

-Resistencia a la flexión.

-Módulo de flexión.

-Dureza Barcol.

Tomando por base los ensayos de laboratorio y los usos industriales de las resinas viniléster, se considera que las temperaturas de operación se encuentran dentro de los límites de las resinas, para los equipos adecuadamente proyectados, fabricados e instalados.

En el cuadro de resistencia química, el espacio en blanco significa sencillamente que no había datos disponibles en la época en que se hicieron las mismas.

Nota: Ver anexo cuadro 5.16 de resistencias químicas.

9. CONSIDERACIONES DEL USO DE LAS RESINAS VINILÉSTER EN AMBIENTES CORROSIVOS

Dado que muchas de las variables que afectan el desempeño de un laminado no se encuentran bajo control de los fabricantes de resinas, no se puede dar ninguna garantía expresa para el uso de una marca o proveedor de una resina específica, las condiciones de uso señalados en este capitulo varían, sin embargo, tendrán que estar de acuerdo con las normas de las resinas viniléster cuando se diseñan, fabrican e instalan laminados PRFV. Ensayos de laboratorio y usos industriales han indicado que las resinas viniléster pueden ser usados en muchas aplicaciones cometidas a varias combinaciones de ácidos, orgánicos halogenados, soda cáustica y solventes. Con endurecimiento y fabricación adecuados, los laminados hechos con resinas viniléster han demostrado capacidad para resistir solventes clorados como el monoclorobenceno a temperatura ambiente, sin perder sus propiedades.

Con un proyecto adecuado, los equipos pueden ser utilizados a temperaturas muy por encima de la temperatura de distorsión térmica de la resina. Ductos hechos con resina viniléster y con soporte adecuado han estado en uso por diez años bajo temperaturas de operación constantes entre 177 y 204 ^{0}C. A veces es difícil prever hasta que punto puede ser agresiva una combinación de productos químicos sobre el plástico reforzado. Algunas mezclas de productos químicos son mucho más agresivo al plástico reforzado que a cada uno de los componentes químicos separados. Uno de esas combinaciones contiene un ácido fuerte y un ácido oxidante, como por ejemplo, las soluciones de ácido nítrico y ácido sulfúrico, o soluciones de ácido crómico y ácido sulfúrico. Otra solución sorprendente agresiva es la combinación de un producto orgánico agresivo diluido en una solución ácida. Como por ejemplo el benceno en ácido clorhídrico.

Cada combinación de productos químicos debe ser discutida y evaluada con un departamento técnico.

10. EXPERIENCIA EN TRATAMIENTOS ANTICORROSIVOS

En la industria en general se pueden ilustrar diversidad de casos de excelentes resultados de aplicaciones de resinas viniléster en ambientes altamente corrosivos y expuestos a altas temperaturas, tenemos en la industria minera procesos de lixiviación, torres de enfriamiento, celdas de precipitación, en la industria azucarera, de transportes de productos químicos.

Nota: Ver anexo figura 5.1-5.3

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

6. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

1. CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO REFORZADO EN FIBRA DE VIDRIO (PRFV)

Muchas problemas relacionadas con el aspecto y el comportamiento de los objetos moldeados de plástico reforzado emanan de la causa básica de que la resina no están bien curada. Pero de vez en cuando surgen varios problemas que se manifiestan en forma de imperfecciones visibles u otros defectos, y que merecen un examen minucioso. El remedio, en cada caso, resultará aparente al analizar las causas.

1.1. ARRUGAMIENTO

Este defecto es causado por el ataque disolvente sobre la piel de moldeo por el monómero de la resina de laminación, debido a que el *gelcoat* no esta curado. Puede evitarse el arrugamiento asegurándose de que la formulación de la resina es la correcta, que la piel de moldeo no es demasiada delgada, y regulando la temperatura y la humedad y manteniendo el trabajo alejado de sitios donde haya corrientes de aire especialmente aire caliente.

1.2. PICADURA

La formación de pequeñas cavidades en la superficie es ocasionada por pequeñas burbujas de aire que son atrapadas en la piel de moldeo antes de la gelificación. Ocurre esto cuando la resina es demasiada viscosa, o tiene gran contenido de carga, o cuando la resina del *gelcoat* moja imperfectamente al agente de desmoldeo, o cuando la línea de aire comprimido arrastra agua a la aplicación.

1.3.MALA ADHERENCIA DE LA RESINA DEL *GEL COAT*

A no ser que la adherencia del *gelcoat* al laminado de base sea muy mala, este defecto solo se observara cuando se esta manipulando la estructura y desprenden trozos del *gelcoat*. A veces pueden detectarse zonas de mala adherencia por la presencia de una vejiga, o por haber ondulaciones localizaciones en la superficie, cuando se la mira oblicuamente. La mala adherencia del *gelcoat* puede ser ocasionada por la consolidación inadecuada del laminado, la contaminación del *gelcoat* antes de colocar encima la fibra de vidrio o, más generalmente, por dejarse curar demasiado tiempo el *gelcoat*.

1.4. MANCHAS

Este defecto se manifiesta en forma de pequeñas manchas por toda la superficie del *gelcoat* del laminado. Generalmente se debe a que uno de los ingredientes de la resina no esta debidamente disperso.

1.5. ESTRIAS

Este defecto se debe a la flotación de pigmento, y es muy probable que se produzca cuando el color empleado es una mezcla de más de un pigmento siendo algunos de ello de alto peso específico. El remedio consiste en mezclar bien la pasta de los pigmentos o usar una pasta distinta.

1.6. AFLORAMIENTO DE LAS FIBRAS

A veces queda visible el dibujo formado por el refuerzo de fibra de vidrio o aparecen prominentemente en la superficie. Generalmente ocurre esto cuando el refuerzo se ha depositado y se ha pasado el rodillo antes de que el *gelcoat* se haya endurecido suficientemente, o cuando se saca el objeto del moldeo demasiado pronto.

En un molde extremadamente pulido, y en particular cuando se emplean ceras modificadas con siliconas, a veces el *gelcoat* "corre" de ciertas zonas, dejando puntos en los que este es casi inexistente. Este defecto se manifiesta en forma de lunares o manchas de color pálido, generalmente de hasta 6 mm. de diámetro. También puede ocurrir en líneas rectas largas después de haber pasado el pincel durante la aplicación.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

Este defecto raramente se experimenta cuando se aplica correctamente una película de alcohol polivínilico.

1.7. VEJIGAS

La presencia de vejigas indica que existe exfoliacion dentro del objeto moldeado y que ha quedado atrapado aire o disolvente. Las vejigas que se extienden sobre una superficie considerable también puede ser indicio de que la resina este insuficientemente curado, y que este tipo de vejiga puede que no se forme hasta algunos meses después del moldeo. También pueden producirse vejigas si el objeto se somete a una cantidad excesiva de calor radiante durante el curado.

1.8. CUARTEADO

La superficie puede cuartearse inmediatamente después de la fabricación o puede tardar algunos meses en producirse este defecto. Aparece en forma de grietas finas en la superficie de la resina. Frecuentemente la única evidencia inicial de este defecto es que la resina pierde brillantes superficial.

El defecto de cuarteado generalmente esta relacionado con las zonas ricas en resinas y la causa de ello es el uso de una resina o formulación de resinas inadecuadas en el *gelcoat*. La aplicación adicional de estireno a la resina del *gelcoat* es una causa corriente del defecto. El efecto cuarteado que aparece al cabo de algunos meses de exposición a la intemperie o ataque químico tiene su origen en haberse curado insuficientemente la resina, al uso de demasiada carga, o al uso de una resina que se ha vuelto demasiado flexible.

1.9. AGRIETAMIENTO EN FORMA DE ESTRELLA

Esto es el resultado de producir un *gelcoat* demasiado grueso, y sucede al recibir el laminado un impacto por el reverso. El *gelcoat* no debe hacerse jamás con un espesor mayor de 0.6 mm.

1.10. PORCIONES INTERNAS SECAS

Pueden ser causadas por haber intentado impregnar más de una capa de fibra de vidrio al mismo tiempo. La presencia de porciones interiores secas puede confirmarse fácilmente dando unos golpecitos sobre la superficie con una moneda.

1.11. MALA IMPREGNACIÓN DE LA FIBRA

La causa de que se moje mal la fibra se debe o bien al uso de insuficiente resina durante la laminación, o a una consolidación inadecuada del laminado. Este defecto normalmente aparece al reverso del laminado únicamente, es decir, el lado que no tiene *gelcoat*.

Procurar pasar correctamente el rodillo en todas las zonas de laminado.

1.12. AMARILLEO

Los laminados de plástico reforzado amarillean después de haber estado algún tiempo expuestos a la luz del sol. Generalmente solo se trata de un leve amarilleo, pero puede ser considerable en el caso de las placas traslucidas para techos y en los laminados con pigmento blanco. Es un fenómeno superficial que se debe a la absorción de radiación ultravioleta. El uso excesivo de estireno también provoca un alto grado de amarillamiento.

Ver anexo: Cuadro 6.1 Problemas comunes en laminados de fibra de vidrio

2. INSPECCIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN

El éxito o fracaso en la producción de un objeto moldeado de plástico reforzado de alta calidad depende en gran parte del conocimiento que tenga el fabricante de la naturaleza de las estructuras de los plásticos reforzados y de la importancia de las diversas fases durante la fabricación.

Al inspeccionar visualmente los objetos moldeados es preciso escrutar especialmente los siguientes puntos:

a. Imperfecciones de la superficie y aspecto general.

b. Carencia de burbujas de aire atrapadas en el laminado. El uso de resinas sin pigmento hace mucho más fácil la inspección visual de los laminados.

c. Laminados.

La mayoría de las pruebas, tanto mecánicas como químicas, son destructivas, es decir, hay que tomar un trozo del laminado para hacer la prueba. Es importante que se corte este trozo de una porción que diste por lo menos 25 mm. del borde del laminado, puesto que las variaciones del contenido de resina tienden a exagerar particularmente en los bordes. También es esencial que todas las pruebas se lleven a cabo durante 3 Horas a $80^{O}C$ para que alcancen la estabilidad más rápidamente, pero deben dejarse transcurrir por lo menos 24 horas después de la gelificación antes de postcurarla.

3. CONTROL DE VARIABLES

Los laminados de plástico reforzado no son estructuras homogéneas, y a diferencia de la mayoría de los metales existe un considerable grado de variabilidad de las propiedades físicas de los plásticos reforzados. Puede mantenerse al mínimo si se controlan los siguientes factores:

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

a. Variación del contenido de resina, es esencial trabajar bien el laminado con el rodillo: esta operación deberá consolidar el refuerzo sin perturbar su distribución ni romper hebras de la fibra de vidrio hasta convertirlo en filamentos.

b. Corrientes de aire, causan excesiva pérdida de estireno, lo cual conduce a que los plásticos no curren debidamente.

c. Tiempo de gelificación, si se prolongan demasiado, la pérdida de estireno por evaporación puede ser excesiva.

d. Temperatura ambiente, debe mantenerse constante. Pero si varía, conviene controlar el tiempo de fragüe ajustando el contenido de acelerador, y no de catalizador.

e. Mezcla adecuada de los agentes de curado.

f. Variedad de la densidad en el catalizador líquido, cuando se usa.

g. Intervalo que transcurre entre entre la adición del catalizador y la adición de acelerador.

4. CONTROL PRÁCTICO DE MATERIAS PRIMAS

4.1. VERIFICACIONES DE LA FIBRA DE VIDRIO

4.1.1. Humedad; si el material presenta indicios de humedad séquelos perfectamente bien antes de usarlo.

4.1.2. Manchas; descarte las partes que estén sucias, manchadas de grasa o con materia extrañas.

4.1.3. Impregnación; si tiene alguna duda sobre como esta impregnando la fibra con la resina, prepare una pequeña muestra entre dos pedazos de celofán o *maylar*. Observe si la fibra se impregna con la rapidez normal o si quedan visibles manchas o fibras marcadas. Si tiene alguna duda enseñe esta muestra a su proveedor.

4.1.4. Peso (por unidad de área) verifique el peso por unidad de área con una balanza con una exactitud de 0.1grs. Tome una muestra seca de 0.1Mt^2, por ejemplo de 316x316 mm. o de 400x250 mm.

El *MAT* debe estar dentro de los siguientes valores:

PESO NORMAL	PESO MÍNIMO	PESO MÁXIMO
1.0 oz/ft^2 (300g/Mt^2)	268.5	341.7
1.5 oz/ft^2 (450g/Mt^2)	420.9	517.7
2.0 oz/ft^2 (600g/Mt^2)	537.1	683.5

El *WOWEN ROVING* debe estar entre los sgtes. Valores:

PESO NORMAL	PESO MÍNIMO	PESO MÁXIMO
500g/Mt^2	450	550
850g/Mt^2	765	935

4.2. VERIFICACIONES DE LA RESINA DE POLIÉSTER

4.2.1. TIEMPO DE GELIFICACIÓN (TIEMPO DE TRABAJO)

Coloque 100 grs. o 100 ml. De resina acelerada en un vaso de cartón encerrado, agréguele 1 gr. o 1 ml. de peróxido (catalizador). Tome el tiempo y comience el batido y verifique si la resina aún está líquida y escurra, cuando deje de hacerlo es que se ha gelado. Anote el tiempo de que transcurrió hasta este momento. Aproximadamente será igual al tiempo que usted dispondrá para aplicar la resina antes de que gele. Si requiere de un mayor tiempo, disminuya la cantidad de catalizador y si por el contrario es muy lento el tiempo de gel aumente la cantidad de catalizador hasta un 2%.

Considerar la temperatura externa, deberá ajustar la cantidad de catalizador de acuerdo al tiempo que requiera para aplicar la resina.

4.2.2. TIEMPO DE ENDURECIMIENTO O DE DESMOLDE

Introduzca un termómetro encerado de hasta 250^{0}C en el centro de la masa gelada y verifique la temperatura a la que llega la masa y el tiempo que le toma.

Cuidado, esta temperatura sirve para comparar con la resina que ha adquirido antes. Si la temperatura es más alta de lo normal, se trata de una resina más reactiva que se calentará también en el molde. Está situación puede provocar problemas como deformaciones en el molde, en las piezas. Consultar con el proveedor para evitar este y otros problemas posibles.

4.2.3. TIXOTROPIA

Es importante que se cuente con estas propiedades cuando se aplican resinas con pistola en superficies verticales y/o inclinadas.

4.2.4. VISCOSIDAD

Coloque en dos tubos de ensayo dos diferentes tipos de resina sin llenarlo, tápelos y observe la rapidez con la que la burbuja de aire se desplaza de un extremo a otro del tubo. Esto le permitirá saber como se comporta una resina respecto a la otra determinando cual de ellas tiene mayor viscosidad. En la que el aire se desplaza más lentamente será la que tiene mayor viscosidad. No tiene caso guardar estas muestras, ya que el tiempo hará que su viscosidad aumente.

4.2.5. CONTENIDO DE SÓLIDOS

El procedimiento para obtener un cálculo aproximado del contenido de resina en un material sin carga es el siguiente:

a. Ponga 5ml. de resina en un tubo de ensayo *Pyrex,* graduado, de 15mm. de diámetro.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

b. Agregue alcohol metílico (metanol) hasta completar 10.5 ml.

c. Tape el tubo y agítelo vigorosamente durante 3 min.

Precaución:

- No ingiera, ni siquiera aspire el metanol o alcohol de madera porque es venenoso.

- Al terminar de agitar coloque e tubo en una gradil portatubos y toma el tiempo. Después de 30 min. mida la altura del fondo del material precipitado.

Por ejemplo, si la altura del precipitado fue de 3.2 cm. Se tendrá 68.8% de sólidos.

Generalmente una resina virgen debe estar entre 65%-70% de sólidos. Una resina a la que se agrega mayor cantidad de estireno (una resina preparada debe tener aprox. 55% de sólidos) el estireno nunca debe rebasar la proporción de la resina, ya que se están fabricando productos de poliéster no de poliestireno. Por ejemplo el 45% de sólidos implicaría ya un 55% de estireno.

Existen varios efectos que surgen en la resina que ya tiene alguna cantidad de estireno, cuando se le agrega aún más:

- Disminuye la viscosidad

- Aumenta el encogimiento en forma lineal, desde valores de 3%-4% de encogimiento de resinas sin estireno, hasta el 14% de contracción en materiales con 100% de estireno.

- El material se debilita y quiebra fácilmente.

- Disminuye la resistencia a la intemperie.

4.3. VERIFICACIONES DEL MONOMERO DE ESTIRENO

4.3. 1 . GRADO DE POLIMERIZACION

Es importante verificar el grado de polimerización, especialmente cuando el material ha estado durante algún tiempo de almacenamiento, ya que se polimeriza parcialmente ya no funcionara correctamente pues se habrá transformado en poliestireno. Mezcle en un tubo de ensayo una parte de monómero por cinco de alcohol de madera (metanol). Tenga precaución de no aspirarlo ya que es venenoso. Agite el tubo de ensayo y observe que tan turbia se vuelve la mezcla, esta proporcionará indicios de que está pasado el monómero, de acuerdo a la siguiente tabla:

ASPECTOS DE LA MEZCLA	% POLIESTIRENO
No hay nebulosidad comparando una muestra de metanol puro	Ninguna
Trazos de nebulosidad detectable solo por comparación con metanol puro.	0.001
Visiblemente nebuloso, pero transparente.	0.01
Líquido opaco, blanco lechoso sin evidencias de sedimentación	0.1
Líquido opaco, blanco lechoso con un precipitado blanco espeso.	1 ó más

4.4. VERIFICACIONES DEL CATALIZADOR (PERÓXIDO DE METIL ETIL CETONA)

4.4.1. EXAMEN DEL RECIPIENTE

Si el peróxido ya caducó de acuerdo a la fecha que el fabricante señala, descártelo.

4.4.2. CONTENIDO DE AGUA

Para saber si el catalizador contiene agua, mezcle una parte de catalizador con una parte o más de estireno, observe que tan turbia se pone la mezcla y, especialmente, verifique so los dos líquidos se separan, esto nos mostrará si el catalizador contiene agua, lo que no es conveniente. Si así sucede, adquiera un nuevo catalizador y verifique que pase esta prueba.

4.5. VERIFICACIONES DEL ACELERANTE (OCTOATO O NAFTENATO DE COBALTO)

4.5.1. ALMACENAJE

Este material no tiene límite de caducidad, almacénelo en un lugar fresco, bien cubierto, lejos del peróxido (catalizador) y no permita que por ningún motivo estos se mezclen.

4.5.2. CONCENTRACIÓN

Verifique siempre con su proveedor en que concentración viene el material. La concentración normal es del 6% para usarlo en 0.5% de proporción de la resina más el monómero. Cuando se trata de cobalto 12%, utilice la mitad de lo normal o sea 0,25% al peso de resina más el monómero.

4.6. VERIFICACIONES DE CARGAS

4.6.1. ABSORCIÓN DE ACEITE

Si requiere abaratar el material utilice “carga de baja absorción de aceite”, para que

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

no absorba mucha resina en su interior u, en cambio, desplace o sustituye la resina. Las cargas de baja o media absorción de aceite tienen valor de 50 o menos, las de alta absorción tienen un valor de más de 50.

4.6.2. PRUEBA DE LA ABSORCIÓN DE AGUA

Tome 5 grs. de una carga que haya funcionado correctamente, con el gotero agregue aceite de linaza hasta que se forme una pasta y la carga no absorba mas aceite. Anote el número de gotas que requirió para hacer esta pasta. Repita esta operación con el mismo gotero y el aceite de linaza en otra muestra de 5 gramos de otra carga. Verifique cual tiene menos absorción de aceite, esta le dará un mejor rendimiento para abaratar la resina.

En el caso del plástico reforzado se recomienda no utilizar mas del 20% o 30% de carga en peso, ya que arriba de estos valores la pieza comienza a debilitase, tiene menos duración..

4.7. VERIFICACIONES DEL GELCOAT (PLASTIESMALTE)

4.7.1. USO DEL PREACELERADOR

Normalmente el *gelcoat* vienen preacelerada, por lo mismo, estas resinas pueden almacenarse muy poco tiempo. Si comienzan a gelar deben descartarse.

4.7.2. TIXOTROPIA

Los *gelcoats* generalmente tienen buena tixotropía, es decir, bajo escurrimiento. Si quieren comparar el grado de escurrimiento de un plastiesmalte nuevo, contra uno ya conocido, utilice un vidrio rectangular, pequeño e inclínelo ligeramente 5^0 respecto a la horizontal. Ponga 2 grs. ó ml. De plastiesmalte de un extremo y mida cuanto tiempo tarda en llegar a una marca de unos 10 ó 15 cm. Más abajo. Repita la prueba con otro plastiesmalte que le haya dado buenos resultados o, mejor aún, haga la prueba y compare los dos *gelcoats* al mismo tiempo.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

7. MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LOS PRFV

1. NORMAS DE SEGURIDAD

Evite las atmósferas explosivas tanto para los lugares de almacenamiento de materias primas, áreas de fabricación, almacén de productos terminados, etc. siendo entre otros los siguientes:

-Sitios con instalaciones eléctricas defectuosas donde se pueden originar chispas y cortocircuitos.

- Áreas de electricidad estática.

- Zonas descritas anteriormente aunadas a la acumulación de vapores orgánicos de las resinas, estirenos, peróxidos, etc.

- Ambientes confinados sin ventilación adecuada.

Debemos considerar que las materias primas son altamente volátiles e inflamables (vapores de estireno), asimismo el proceso de fabricación incluye una reacción exotérmica y desprendimiento de vapores de estireno en la polimerización de la resina, debemos tener en cuenta que aún después del curado del producto se sigue

desprendiendo vapores de estireno, razón por lo cual debe haber suficiente ventilación para evitar su inhalación con efectos nocivos para la salud de efectos irreversible, así como evitar que se inflamen por contacto de cigarros, cerillos, fuego, soldadura autógena o eléctrica, motores eléctricos y de gasolina, estos motores deben de estar aterrizados para evitar que se acumulen cargas estáticas, partes con sobre calentamiento.

2. MANEJO DE MATERIALES

- Limpiar todo derrame de materiales (resinas, peróxidos, acelerantes, estireno, etc.), todo lo contaminado se deberá clasificar y disponer según el manejo de residuos.

- A fin de evitar que se produzca una chispa conectar el tambor a la red de tierra o varilla de cobre enterrado aprox. 50 cms. usando un cable de cobre.

- Contar con un extintor tipo ABC de 9 Kgs. para mitigar y controlar algún inicio de fuego por cada ambiente de trabajo, se recomienda contar con un extintor móvil de 50 Kgs. de Polvo Químico Seco o Espuma (*Foam*) en las instalaciones de la planta de producción, garantizando su operatividad de dichos equipos.

- Si va agitar la resina escoja un motor neumático. Si se trata de un motor eléctrico, tiene que ser a prueba de explosiones y estar correctamente instalada su descarga de corriente estática.

- Para instalaciones de motores eléctricos por inducción se debe considerar sus respectivos contactores, relees térmicos de acuerdo al amperaje del equipo, considerando un fusible termomágnetico para evitar cortocircuitos.

3. MANIPULACIÓN DE CATALIZADORES (*PEROXIDO DE MEK*)

Este el material debe ser manipulado con mayor precaución, es muy recomendable utilizar varios recipientes de catalizador. Utilice siempre recipientes de plástico y de preferencia use dosificadores, con esto logra uniformizar el uso del catalizador para el curado de la resina y evitar derrames.

Evitar su inhalación, sus efectos son altamente nocivos para la salud y de efecto irreversible, su manipulación se debe realizar con respiradores de vapores orgánicos, así como la renovación de los cartuchos utilizados según indicaciones del proveedor.

Evitar el contacto directo del catalizador con el acelerante, son muy reactivos pudiendo ocasionar fuego, evitar que se derrame peróxido-catalizador, cierre perfectamente el recipiente del catalizador y evite que le caiga cualquier tipo de material.

No usar recipientes metálicos para el almacenamiento del catalizador.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

Jamás diluya el peróxido, mucho menos con acetona, almacenarlo siempre en ambientes frescos y bien ventilados, evitar almacenar el peróxido y el acelerante en lugares cercanos.

4. PRIMEROS AUXILIOS

4.1. IRRITACIÓN DE OJOS Y PIEL

- Si le cae cualquier sustancia en los ojos, lavar con agua limpia durante varios minutos y acudir a un centro médico en forma inmediata.

- No arrojar el catalizador al aire o al suelo, deposítelo siempre en una bolsa, libre de todo contacto de acelerantes (naftenato de cobalto, octoato de cobalto, etc.).

- Usar jabón de pastilla al bañarse, para evitar irritaciones en la piel por la fibra de vidrio. Si le cae un material liquido en la ropa, quítesela y báñese inmediatamente.

- Usar siempre guantes de hule, nitrilo u otro material resistente a solventes orgánicos para manejar el catalizador.

4.2. INHALACIÓN DE VAPORES

- Ventile y aleje los vapores de la cara del operador, utilice respiradores de vapores orgánicos.

- De sentir algún síntoma de dolor de cabeza, mareos, etc. la persona debe retirarse de la zona de trabajo, comunicar a sus supervisores y acudir a un centro de atención médica en forma inmediata.

- Ubique los ventiladores cerca del piso (aprox. 80 cm.), use gabinetes para la extracción y de preferencia trabaje en locales ventilados y abiertos.

4.3. INHALACIÓN DE POLVOS

- Trabaje siempre en locales bien ventilados.

- Use siempre mascarillas de polvo en las operaciones de lijado y mascarillas de vapores orgánicos si no hay suficiente ventilación.

5. MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EL DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

-Por la disposición lateral de la planta se puede utilizar un equipo de extracción de vapores del tipo “TUBO AXIAL” o “EXTRACTOR CENTRÍFUGO”, con el motor eléctrico fuera del cuerpo de circulación del vapor.

-Para un área de 15 Mts^2 y una altura de Aprox. 3 mts y considerando ductos de descarga prom. de 5 Mts de longitud se debe tener un Caudal de 1350 Mts^3/Hora y 15 m.m.d.c.a. de caída de Presión.

-Para aprovechar en forma optima la eficiencia del extractor se debe cerrar ambiente de trabajo, usando por lo menos una cortina transparente de plástico (consiguiendo con esto iluminación natural), asimismo se le debe proveer al operario de la elaboración de los materiales semiprocesados de mascaras con respirador apropiado para solventes orgánicos como el monoestireno.

-La altura optima de la toma de extracción del vapor del monoestireno debe comprender entre los 0.8-1.0 Mts de altura, considerando que dicho vapor es pesado y tiende a descender.

-Para el área de laminación y aplicación del *gelcoat* el área debe ser lo más posible ventilado en forma natural y artificial posible, en este caso se debe considerar una ventilación natural en la parte frontal de dicha área de trabajo y un sistema de extracción diagonalmente opuesto distribuidos en forma uniforme en la parte posterior del área de trabajo en la dirección de cada punto de trabajo, el diseño de extracción debe evitar la generación altas corrientes de aire u otros que afectan directamente la calidad de los laminados..

-Para un área de 900 Mts^2 y una altura promedio de 3 mts, considerando ductos de descarga en promedio de 25 Mts de longitud (de acuerdo al diseño) se debe usar un equipo tipo “EXTRACTOR CENTRÍFUGO”, de Caudal del 81000 Mts^3/Hora y 75 m.m.d.c.a. de caída de Presión

-La altura optima de la toma de extracción del vapor del monoestireno debe comprender entre los 0.8-1.0 Mts de altura, considerando que dicho vapor es pesado y tiende a descender.

-En el área de corte de bordes al realizar el corte de los bordes se genera gran emisión de polvos residuales y en menor proporción vapores de monoestireno que se emanan porque el material todavía no esta completamente curado, se hace insprencindible el uso de respiradores para polvo y vapores orgánicos.

-Se puede utilizar en este caso un equipo de extracción de aire del tipo “TUBO AXIAL”, con el motor fuera del flujo de polvo para evitar que dicho motor se impregne del material y se malogre.

-Para un área de 41.25 Mts^2 y una altura promedio de 3 Mts, y un promedio de 5 Mts de ductos de descarga se debe usar un equipo de Aprox. 4000 Mts^3/Horas de caudal y 15 m.m.d.c.a. de caída de presión.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

6. NORMAS GENERALES

- Descarte los recipientes que se inflen “burbujeen” o se haya pasado su fecha de caducidad.

- Nunca arrojar residuos al drenaje, los desechos deben ser clasificados y rotulados, debidamente almacenados en bolsas de polipropileno para su disposición final de acuerdo al plan de medio ambiente de la empresa u localidad.

- Utilice recipientes de plástico, no de vidrio, ni metal (reactivos con el peróxido, etc.)

- No exponga el catalizador al calor o sol.

- Los vasos de cartón parafinados usar una sola vez,

- El catalizador y el acelerante no deben mezclarse porque explotan, únicamente deben mezclarse en el seno de la resina.

- Siempre almacenar por separado el catalizador y acelerante.

- Almacenar los materiales en el área asignada por su empresa (fresca, bajo sombra, a menos de 20^0 C).

- Si lo absorbe con trapos, mojelos inmediatamente o se prenderán mas tarde. Utilice únicamente trapos o *waype* blancos y limpios, que no contengan grasa, ni acelerador. Después eliminar de acuerdo al plan de manejo ambiental.

- Si tiene un equipo de aspersión manténgalo siempre limpio, especialmente el tanque de almacenamiento de catalizador.

- La manera correcta de mezclar el catalizador con acelerador a la resina es la siguiente:

- Verter la resina en el recipiente

- Agregar cantidad correcta de acelerador

- Mezclar perfectamente dicha mezcla

- Agregar la cantidad correcta de catalizador

- Mezclar otra vez correctamente hasta su homogenización de la resina.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

8. DISEÑO DEL PROYECTO

1. GENERALIDADES

En general los laminados por contacto usan moldes de fibra de vidrio, copiados de modelos de arcilla, madera, yeso u de alguna pieza existente. Este proceso consta de 3 etapas:

a. Proyecto, cuando son definidas todas las características dimensionales, acabados y otros detalles funcionales.

b. Modelo, construidos en arcilla, madera u alguna pieza existente. El modelo debe reproducir fielmente los detalles del proyecto.

c. Molde, generalmente construido en fibra de vidrio, debe reproducir todos los detalles de acabado del modelo.

Definidos estos detalles del proyecto, pasamos a la construcción del modelo, del cual será copiado el molde.

2. DISEÑO DEL PROYECTO

2.1. REGLAS DEL PROYECTO

Los procesos de laminado manual o a pistola son muy simples y no exigen la utilización de consideraciones especiales del proyecto. Sin embargo algunos proyectos básicos deben ser llevados a consideraciones para permitir el máximo aprovechamiento de la flexibilidad de los productos de fibra de vidrio.

2.2. CONSIDERACIONES DEL PROYECTO

El proyecto de piezas debe ser orientado para objetivos estéticos y de desempeño. Un buen proyecto lleva en consideración también aspectos relativos a la facilidad de laminación, modificaciones, traslados de la pieza. El proyectista debe aprovechar todas las oportunidades par acomodar el proyecto para futuras modificaciones de las piezas. No es siempre posible, pero el proyectista creativo debe estar siempre alerta a estas posibilidades. Al proyectar para PRFV, se debe tener las siguientes consideraciones:

a. Fácil acceso a todos los puntos, los procesos de molde abierto son muy útiles para laminados de piezas de grandes dimensiones. En este caso el proyectista debe considerar el acceso del laminador a todos los puntos de la pieza, para facilitar la aplicación de los materiales. Piezas muy grandes como casco de barcos, pueden requerir el uso de andamios o moldes basculantes, para facilitar la laminación.

b. Fácil desmoldeo, las piezas deben ser siempre concebidas de modo que se facilite el desmoldeo. Debido al encogimiento de la resinas de poliéster durante la cura, generalmente no ocurren grandes no ocurren grandes dificultades de desmoldeo. Al encoger, la pieza tiende a separarse del molde, en general facilitando el desmoldeo. Todavía puede acontecer el encogimiento dificultando el desmoldeo, en ves de ayudar la separación de la pieza y el molde.

c. Distribución de tensiones: Deber ser evitadas tensiones y variaciones bruscas de paredes y cantos de laminados. La transición debe ser realizada con radios del mayor valor posible y una variación gradual de espesor para evitar acumulación de tensiones.

3. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO ESTRUCTURAL

3.1. GENERALIDADES

Cuando en el uso, las estructuras son sometidas a cargas que generan tensiones de tracción, flexión, compresión, etc. siempre que las estructuras formen estructuras para soportar estos esfuerzos debemos de dimensionar con criterio de Resistencia.

Estas estructuras presentan deformaciones dentro de límites máximos aceptables. Tanto la deformación máxima como la estabilidad de la estructura pueden ocurrir en

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

niveles de tensiones inferior a la resistencia del material.

Son tres los criterios para dimensionamiento estructural de laminados:

a. Resistencia, considerar la resistencia del laminado a la tensión de tracción, flexión, compresión y cisallamiento.

b. Deformación, debe considerarse la rigidez estructural.

c. Estabilidad, debe ser considerada siempre cuando la estructura es sometida a compresión.

3.2. MÉTODOS PARA DIMENSIONAMIENTO

a. MÉTODO EMPÍRICO

Por este método, el espesor inicial del laminado se toma con base a la experiencia del proyectista.

Este método de dimensionamiento "estructural" es el más usado en fabricaciones de "poliéster reforzado en fibra de vidrio".

El método consiste en:

1. Espesor aprox. de 3.0 mm., se trata de un espesor "mágico" para cualquier laminado, como coberturas, partes de automóviles, partes diversas.

2. Proyectar una superficie curva, evitando ángulos vivos y superficies planas. Las superficies curvas son estéticamente mejor y confieren mejor rigidez estructural.

Existen algunas excepciones a la regla de 2.5-3.0 mm., tales como tejas traslúcidas de 0.8-1.52 mm., tanques y tubos para trabajar en ambientes agresivos deben tener un espesor mínimo de 4.5 mm.

3. Es diseño se realiza obteniendo un modelo (ya sea metal, madeja, acero, poliuretano, etc.) sobre el cual se procede a realizar el molde, el numero de partes del molde esta en función de la forma del modelo.

b. MÉTODO TEÓRICO

Estructuras de geometrías simples. sometidas a cargas también simples, son calculadas por la teoría de la elasticidad, con los recursos para cálculos estructural de cualquier otro material.

La teoría de elasticidad permite al calculista conocer las diferentes tensiones de tracción, flexión, etc. como las deformaciones, momentos flectores de la estructura.

Las tensiones admisibles de trabajo, dependen de la naturaleza del trabajo. Las tensiones admisibles son obtenidas por aplicaciones de coeficiente de seguridad a las tensiones de ruptura del material. En caso de las estructuras de poliéster reforzado en fibra de vidrio también debemos considerar la naturaleza del ambiente en contacto y la temperatura de trabajo.

Son recomendadas los siguientes coeficientes de seguridad:

1. Requerimientos estáticos de corta duración (2)

2. Requerimientos estáticos de larga duración (4)

3. Requerimientos de cargas cíclicas (5)

Las elongaciones máximas admisibles dependen de los materiales usados y secuencia del laminado, así como la naturaleza del ambiente agresivo. ASTM de manera conservadora establece un alargamiento máximo admisible de 0.1% para estructuras de fibra de vidrio en contactos con ambientes agresivos.

Las expresiones generales para cálculo de la Flecha Máxima y Momento Flector Máximo en placas planas sometidas a cargas uniformes son:

$$Y = K1\ (qa^4)/(E't^3) \qquad y<t$$

$$M = K^2qa^2$$

La máxima tensión de Flexión admisible en laminados es:

sigma' = 6M / t^2x(CS)

El espesor de pared esta dado por:

$$t = [K_1qa^4)/(E'y]^{1/3} \qquad y<t$$

$$t = [6K_2qa^2(CS)/sigma']^{1/2}$$

Respectivamente para los criterios de rigidez (deformaciones) y resistencias.

K1 y K2	Coeficientes dependientes de geometría de placa, tipo de apoyo.
Y	Flecha máxima admisible
Q	Carga lateral uniforme
A	Dimensión cualquiera (radio largo)
CS	Coeficiente de seguridad
E'	Modulo de flexión
sigma'	Resistencia a la flexión
T	espesor

El problema resulta resolviendo los coeficientes K1 y K2 en cada caso particular.

Veamos algunos ejemplos simples:

1. Placa de radio "a" sometido a cargamento lateral uniforme, placa engastada

K_1 = 3/16

K_2 = 1/8

placa simplemente apoyada

K_1 = 15/16

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

K_2 = 3/16

2. Placa rectangular de compartimiento "b" y largo "a", sometido a cargas cargamento lateral uniforme.

Nota: Ver anexo Cuadro 8.1 Coeficientes K1 y K2

C. MÉTODO COMPARATIVO

Este método puede ser usado para dimensionar una estructura cualquiera cuando se sabe de una estructura similar tiene desempeño satisfactorio. Las condiciones para aplicar este método son:

1. Las estructuras deben ser geométricamente similares.

2. Las cargas también deben ser similares.

3. Ambas estructuras deben ser apoyadas de la misma forma.

4. Las estructuras deben trabajar en ambientes similares.

Satisfechas estas condiciones, la conversión llevada a efecto es simple. a través de "coeficiente de espesor".

En los casos de estructuras con misma geometría, sometidas a cargas idénticas, conocidos los módulos de resistencia de cada material, la posibilidad de construir una tabla de "coeficiente de espesor" para obtener el espesor de estructura "A", conociendo de la estructura "B".

Los coeficientes de espesor dependen de lo se compara entre la estructura "A" con la estructura "B".

Si se desea que la estructura "A" tenga la misma resistencia de flexión que la estructura "B", deben usarse el coeficiente de flexión, para la misma rigidez el coeficiente de rigidez y así sucesivamente.

	% Vidrio	Coeficiente de tracción	Coeficiente de flexión	Coeficiente de rigidez
Fibra de Vidrio	30%	1,0	1,0	1,0
Aluminio	-	1,6	0,8	2,2
Acero	-	2,5	1,0	3,3

Ejemplo ilustrativo:

Supongamos un domo de cobertura construido en acero, con espesor de 1,0 Mm. se desea sustituirlo por fibra de vidrio con la misma geometría. Suponemos la el plástico reforzado en fibra de vidrio construido con 30% de *roving* picado e instalado de manera similar del de acero.

Las expresiones generales de cálculo del espesor de la estructura "A", conocida el espesor de la estructura "B" es:

$t_A = t_B$ x (coeficiente de espesor)

en nuestro caso especifico,

$t_{\text{fibra de vidrio}} = t_{\text{acero}}$

1. Para misma resistencia a tracción

$t_{\text{fibra de vidrio}} = (2,5)(1,0) = 2,5\text{mm}$

2. Para misma resistencia a flexión

$t_{\text{fibra de vidrio}} = (1,0)(1,0) = 1,0\text{mm}$

3. Para misma rigidez

$t_{\text{fibra de vidrio}} = (3,3)(1,0) = 3,3\text{mm}$

Es interesante observar que para la misma resistencia a la flexión, el espesor requerido para fibra de vidrio es prácticamente igual que el acero. Para una misma rigidez los laminados de fibra de vidrio requieren de 3,3 más de espesor.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

9. MÉTODO DE TRABAJO

1. GENERALIDADES

Todo proceso de fabricación de productos de Plásticos Reforzados en Fibra de Vidrio sigue un proceso similar de producción, razón por lo cual se ha tomado como ejemplo la fabricación de toboganes para juegos de recreación, desde el molde hasta el producto final (Tobogán).

Se ha logrado establecer una producción en línea y del cual se ha diseñado una distribución de planta (Ver anexo Figura 9.1 Distribución de planta de fabricación de toboganes), la cual se adapta fácilmente ha cualquier variación de productos incluido nuevos moldes, asimismo se contempla como medida de seguridad industrial la disposición de equipos de extracción de aire para una correcta evacuación de los vapores de estireno principalmente.

El lograr establecer una secuencia de producción versátil a cambios de modelos, tamaños, colores, etc. implica incrementar la eficiencia de la planta y minimizar costos de fabricación.

2. FABRICACIÓN DEL MOLDE

Por lo general se utiliza como prototipo una pieza de fibra de vidrio, madera, yeso u otro material debidamente reforzado para resistir las tensiones internas que se produce en el proceso de curado del molde.

La importancia del molde radica en que las piezas ha producirse serán un fiel reflejo de la calidad del molde, esto es tanto en la calidad superficial, dimensiones, formas requeridas, facilidad de desmoldeo, etc. asimismo el costo de cada molde es alto razón por lo cual deben ser debidamente reforzados para evitar que se deformen rápidamente, se recomienda que en promedio de 20-30 piezas estas deben tener un mantenimiento para reparar las fallas originadas por desgaste, deformaciones, etc.

Nota: Ver anexo cuadro 9.1 Fases de construcción de moldes, Figura 9.2 DOP fabricación de molde de Tobogán).

3. FABRICACIÓN DEL PRODUCTO

Tomándose como ejemplo la fabricación de toboganes el proceso se inicia en el adecuado suministro de materiales en proceso (*gelcoat*, resinas pre-aceleradas, fibra de vidrio, etc.), en forma seguida el operario se ubicara en el área de *gelcoat* y laminado, después de terminar esperara que seque el laminado (2 laminados como máximo), desmoldado la pieza esta se lleva al área de corte y para el curado completo de la pieza y finalmente al área de acabados y embalaje para su disposición final en el almacén de productos terminados. Ver anexo Figura 9.3 y 9.4 DOP y Diagrama de Hilo de fabricación de toboganes.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

10. ESTRUCTURA DE COSTOS DE LOS PLÁSTICOS REFORZADOS EN FIBRA DE VIDRIO “PRFV”

1. GENERALIDADES

La importancia de determinar la estructura de costos de producción que refleje exactamente la importancia de cada centro de costos al producto terminado es de vital importancia pues permitirá tomar decisiones sobre los recursos utilizados en la producción sin ir en contra de las bondades de estos productos terminados, mejorando y optimizando nuestros procesos productivos, asimismo permitirá medir nuestro grado de competitividad considerando que estamos en una economía de mercado orientado principalmente en estrategias de bajos precios, razón por lo cual se plantea un ejemplo con fines didácticos para evaluar dichos centros de costos y su repercusión sobre la estrategia a tomar.

2. EJEMPLO DE CÁLCULO DE COSTO DE PRODUCCIÓN

Podemos tomar un ejemplo para estimar el costo de producción de una pieza de fibra de vidrio con valores aproximados a los precios de mercado, con la finalidad de poder determinar los resultados aproximados y poder realizar una evaluación y tomar desiciones respectos a estos resultados.

Nota: Ver anexo Cuadro 10.1 Ejemplo de cálculo de costo de fabricación

3. ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS

3.1. RESUMEN DEL CALCULO DE LA ESTRUCURA DE COSTO

RESUMEN POR CENTRO DE COSTO		
	US$	**%**
MOLDE	6.61	8.19
LAMINADO	46.56	57.67
MONTAJE	0.00	0.00
PINTURA	22.11	27.39
EMBALAJE	5.45	6.75
	80.73	100

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

RESUMEN POR TIPO DE COSTO		
	US$	**%**
MOLDE	**6.61**	**%**
CFIJO	2.61	39.49
CVARIABLE	4.00	60.51
LAMINADO	**46.56**	**%**
CFIJO	11.67	25.06
CVARIABLE	34.89	74.94
COSTO VAR LAMINADO		**%**
CVariable Gel	7.76	22.24
CVLaminado	27.13	77.76
MONTAJE	**0.00**	
PINTURA	**22.11**	**%**
CFIJO	5.59	25.28
CVARIABLE	16.52	74.72
EMBALAJE	**5.45**	**%**
CFIJO	0.45	8.26
CVARIABLE	5.00	91.74

3.2.ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

a. Podemos determinar que el centro de costo laminado representa el 58% del total de costos, asimismo el centro de costos de pintura tiene una importante representación de 27% sobre el costo total de fabricación, y a la vez ambos son explicados por el 75% como costo variable, de este último se puede determinar que este valor se explica mayormente por la utilización de materiales como resina 40%, pigmentos 30%, fibra de vidrio aprox. 20%.

b. Se determina que los costos variables y fijos se representan por el 75% y 25% respectivamente del costo total, y de este último el costo fijo directo e indirecto explican el 46% y 54% respectivamente.

c. Esta estructura de costos se aproxima para otros productos de fibra de vidrio pues el proceso de fabricación es similar para todo estos productos, asimismo las relaciones de consumo de materiales también son similares, razón por lo cual este ejemplo es válido para tomar decisiones en situaciones reales.

3.3. RECOMENDACIONES PARA OPTIMIZAR COSTOS DE PRODUCCIÓN

a. Si consideramos que entre el proceso de laminado y pintado se tiene el 85% del costo total de producción y a su vez dicho componente variable (75%) esta representado principalmente por el consumo de resinas de poliéster, pigmentos de color y fibra de vidrio, entonces el ahorro sustancial de estos materiales van ha determinar una mejora

sustancial de los costos de producción.

b. Técnicamente la relación de consumo resina y fibra de vidrio varia de 2.2 a 2.5, es decir puede variar desde 2.2 a 2.5 kgs. de resina por 1.0 Kg. de fibra de vidrio, llevarlo al límite inferior representaría un ahorro de 12% en el consumo de resina sin afectar la calidad del producto terminado (esto se logra con un buen mojado de la resina y laminado con el rodillo).

c. También se observa que en la realidad las empresas no disponen de controles de consumo de materiales de acuerdo a los estándares de calidad, se desperdicia mucho material aprox. 25% del peso requerido, razón por lo cual se debe implementar controles y registros sobre el consumo de materiales y adicionalmente incentivar a los operarios para el ahorro de resina, siempre con la condición de mantenerse dentro de los límites de calidad.

d. Algunos fabricantes utilizan *gelcoat* suministrados por proveedores, se debe ver la posibilidad de elaborar sus propios *gelcoat* de preferencia a base de resinas de poliéster isoftálica y pigmentos de calidad certificada.

e. Cuando se requiera material para una cantidad elevada de producción se debe considerar la posibilidad de importar estos materiales, el ahorro representa un ahorro 40% del precio de mercado local, el uso de *internet* y otros medios lo hace más accesible.

f. Se puede optimizar los procesos de producción optimizando el uso de recursos, asimismo un adecuado control de calidad en todo el proceso de producción minimiza la necesidad de las reparaciones de productos fallados que implican un alto costo como materiales y demás recursos.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

11. EL CONTEXTO ACTUAL DEL MERCADO DE PRFV Y SUS PROYECCIONES DE DESARROLLO.

1. ANTECEDENTES

La industria de Plástico Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV), conocido comercialmente en el Perú como productos de Fibra de Vidrio empieza a tener demanda en los años 1975-1980, con la instalación de empresas dedicada a la fabricación de auto partes (carrocería de ensamblaje y otros), de la formación de estas primeras empresas en la industria de PRFV (FORTI PLAST S.A., AFV S.A., ETC..) empiezan a formarse empresas informales que con el tiempo han ido constituyendo empresas formales medianas orientadas básicamente a mercados de consumo masivo (tanques de agua, sanitarios, lavaderos, etc..) y otros en menor proporción orientados a la industria (tratamientos anticorrosivos, reactores, triciclos expendedores de gaseosas, aislamientos térmicos, calaminas para la construcción, etc..).

En los años 85-90 empieza una mayor demanda de productos en fibra de vidrio, constituyéndose las primeras empresas productoras de materia primas de PRFV, es en

los años 90 con las políticas de globalización de mercado y políticas de comercio internacional se incrementa el nivel de importaciones de materia prima, materiales, herramientas y equipos para la industria de Plásticos Reforzados y consecuentemente mejores condiciones técnicas para el desarrollo de la industria de PRFV, sin embargo también nuestra industria de plásticos reforzados en fibra de vidrio debió hacer frente a una fuerte recesión de mercado como la consecuente competencia de productos importados.

2. EL CONTEXTO ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE LOS PLÁSTICOS REFORZADOS.

En la actualidad existen pequeñas y medianas empresas constituidas formalmente y un universo de pequeños talleres artesanales en la mayoría de carácter informal en la industria de PRFV, la gran mayoría con poca inversión de capital que les hace difícil ser sujeto de líneas de crédito y afrontar en forma eficiente las oportunidades de negocio.

Por otro lado si bien es cierto la demanda de productos fabricados con fibra de vidrio (PRFV) se ha incrementado, sobre todo para los productos de consumo masivo (tanques de agua, tinas para baño, basureros, etc.) y en menor proporción para productos para la industria (tratamientos anticorrosivos, calaminas translúcidas, juegos infantiles, etc.), se puede ver que la mayoría de las empresas utilizan métodos manuales empíricos y con tecnología empíricas, además de su desconocimiento de procesos de producción óptimo, aseguramiento de la calidad y normas de seguridad básica, esto sumado a una negligencia de algunos fabricantes que envueltos por las condiciones de competencia por precio (principalmente en el mercado de consumo masivo) utilizan procesos y materiales no adecuados en desmedro de las excelentes propiedades de los PRFV y en consecuencia en algunos casos se ha distorsionado la calidad de estos productos.

En el campo de los Tratamientos Anticorrosivos se aprecia en la actualidad que muy pocas empresas formales e informales dedicadas a la industria de los plásticos reforzados desarrollan y aplican las nuevas tecnologías de producción, de materiales (Resinas Viniléster, Peróxido de Benzoilo/ Dimetil anilina, etc.), de métodos de trabajo óptimos, etc.., siendo la industria minera la que requiere en mayor proporción estos tipos de tratamientos por la naturaleza misma de sus procesos (tanques de almacenamiento de ácidos, solventes, canchas de lixiviación, torres de enfriamiento, etc..), también se esta solicitando estos tratamientos anticorrosivos en la industria papelera (Paramonga), Industria Química (Fabricación de Sal de consumo domésticos), sin embargo también se puede apreciar que existe en los usuarios desconocimiento de las nuevas tendencias de la ingeniería de Tratamientos Anticorrosivos.

Por el lado de los proveedores existen varias empresas dedicadas a la importación de materiales para la Industria de Plásticos Reforzados (Resina de Poliéster Ortoftálico e Isoftálico, Resina Viniléster, Fibra de Vidrio en todas sus presentaciones, Catalizadores, Acelerantes, *Maylar*, Pigmento pasta color, etc..) tal es el caso de empresas formales

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

como MOTOREX S.A., CITIUS S.A., etc. asimismo existen fabricantes de dichas de Poliéster que complementan el resto de los materiales importando de algún fabricante del exterior, tal es el caso de TECNOQUIMICA S.A., VENCEDOR S.A., etc.

En el campo de las instituciones de formación de profesionales se aprecia que no existe en la actualidad ninguna entidad estatal ni privada dedicada a la enseñanza de los Plásticos Reforzados, solo se aprecia que algunas empresas realizan talleres de capacitación de forma informal y consecuentemente sin carácter oficial, donde enseñan los conocimientos y métodos básicos para el laminado con fibra de vidrio.

En forma paralela al centralismo de la industria nacional la mayoría y principales empresas dedicadas a los plásticos reforzados se encuentran en Lima, sin embargo existen focos de desarrollo en Arequipa, Tacna, Trujillo, Huancayo principalmente.

Se puede apreciar que el universo de empresas dedicadas a esta industria se encuentran agrupadas de la siguiente manera:

- Fabricación de tanque de agua y afines.
- Calaminas traslúcidas.
- Carrocerías de automóviles de transporte.
- *Jacuzzies* y tinas de hidromasajes.
- Proyectos institucionales (Municipalidades, Embotelladoras de bebidas gaseosas, etc.)
- Tratamientos anticorrosivos.

3. PROYECCIONES DE DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE PRFV.

Se puede hacer una clasificación en función de la orientación del mercado de productos de Plásticos Reforzados en Fibra de Vidrio PRFV, de CONSUMO MASIVO (Tanques de Agua, Lavaderos, Espejos, Tinas de baño, etc.), e INDUSTRIALES (revestimiento anticorrosivos, carrocerías de transporte masivo, proyectos corporativos e institucionales, construcción, etc.).

El grupo de empresas de CONSUMO MASIVO que se encuentran dentro de una economía de gran recesión están enmarcado dentro de una política de competencia de bajos precios, es decir en una guerra de precios, con los riesgos implícitos de sacrificar las bondades de calidad de dichos materiales al usar materiales sustitutos de baja calidad y que desmedra enormemente la calidad del producto terminado y consecuentemente a mediano plazo el usuario final pierde credibilidad en estos materiales.

Sin embargo estas fuentes constituyen una fuente de trabajo activo (un promedio de 10-15 operarios por cada empresa pequeña ó mediana), su costo de inversión es mínimo (se puede poner una empresa de esta naturaleza con una inversión mínima de

(3000-5000) US $, y con una buena capacitación de los métodos de trabajo más eficientes, optimización del uso de materiales (existen parámetros de calidad para el ahorro sustancial de materiales sin perjudicar la calidad del producto final), desarrollar y promover nuevos productos orientados a nuevos mercados y con esto aprovechar las oportunidades de negocio.

Es importante que estas empresas formalicen su situación jurídica legal y ordenen sus actividades comerciales, con la finalidad de que sean sujeta de líneas de crédito preferencial del sector financieros con bajas tasas de interés (mejoras tecnológicas, inversión en bienes de capital "maquina de rociar fibra de vidrio y resinas *Spray*", herramientas neumáticas que minimicen costos de energía, etc.) asimismo pueden obtener buen trato comercial con los proveedores locales (créditos sin o bajos interés, mantenimiento de stock que garanticen la línea de producción, despachos oportunos, etc..) y de esta manera puedan obtener ventajas competitivas y comparativas para aprovechar mejor las oportunidades de negocio.

Dentro de las empresa orientados a las INDUSTRIAS, existen las dedicadas a las carrocerías (MORILLAS S.A., VEGUZTI S.A., INDUSTRIAL AISA S.A. "*Volvo*", MAC KAY TRADING S.A. "*Scania*", etc..) con mejor tecnología por la naturaleza del producto y las exigencias del cliente (inyector de poliuretano, laminado con *Spray*, laboratorios de control calidad, post-curado, etc.), estas empresas van a la par con el desarrollo de la industria del transporte, representan una fuente de trabajo de aprox. 75 operarios por planta, todas son sujetas de crédito y líneas de financiamiento buena, para ampliar su demanda pueden orientarse a mercados internacionales.

Otro grupo de empresas están orientados a proyectos institucionales y corporativos (Tricicolas para la Coca Cola e Inca Cola, proyectos de almacenamiento de agua con tanques de 500 litros para proyectos de mejora urbana de instituciones públicas, limpieza pública con tachos para basura MUNICIPALIDADES y BURGEN KINDS, ordenamiento de vendedores ambulante con expendedores de golosinas MUNICIPALIDAD DE LIMA, sanitarios públicos para proyectos de construcción, eventos artísticos, etc..) en resumen se puede observar un aumento diversificado de necesidades en fibra de vidrio, lo que hace oportuno que estas empresas que gozan con buena imagen y capacidad para desarrollar prototipos incrementen sus esfuerzos para promover a nivel usuario la utilización de estos materiales, dando a conocer sus bondades, ventajas a dichos usuarios tanto a los mercados existentes y nuevos mercados.

Se puede apreciar un grupo de empresa aunque en menor escala empresas dedicadas a los revestimientos y trabajos de tratamientos anticorrosivos especialmente al sector de la minería, una parte porque existe un desconocimiento gradual de las bondades de nuevos productos (resinas viniléster) superior a las conocidas, que presentan y garantizan en la mayoría de la veces mejores propiedades que las resinas bisfenólicas e isoftálicas que están más difundidas en nuestro medio, ante esto dichas empresa u otras que deseen desarrollar dicho mercado deben buscar una capacitación sobre el particular, recurriendo a sus proveedores (TECNOQUIMICA S.A., BASF S.A., VENCEDOR S.A., MOTOREX S.A., etc..) que dentro de sus estratégicas de competencia proporcionan información técnica de primer orden, capacitaciones, etc.. asimismo la ventaja de poder contar con INTERNET hace que dichas informaciones sean mas

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

accesibles y de bajos costos.

Es importante que estas empresas empiezan a difundir y promover de estos trabajos en otras industrias químicas (PAPEL, VINOS, ACEITUNAS, SAL, etc.) que por la naturaleza misma de sus procesos necesitan en gran escala estos trabajos anticorrosivos, consiguiendo con estos ampliar y mejorar sus mercados y oportunidades de negocio.

Existe también un grupo atomizado de empresas de carácter informal constituidos como TALLERES ARTESANALES, dedicados a la reparación de carrocerías “planchado”, fabricación de adornos de automóviles “*Spoyler* de autos”, etc..), estas empresas tienen gran desconocimiento de las bondades del productos y su capacidad varía generalmente en algunas herramienta manuales.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las Resinas de Poliéster representan una alternativa de material y producto terminado de grandes bondades y ventajas comparativas con otros materiales (madera, aceros, etc..) tanto en términos técnicos (mecánicas flexión, tracción, compresión, torsión, elasticidad, térmicas y aspectos económicos (bajo costo de producción, diseños fáciles y económicos de desarrollar, materias primas de *stock* local, etc.) lo que le da una gran ventaja comparativa con otros materiales, es importante para las empresas de este sector difundir en mayor proporción estas bondades y poder obtener mejores oportunidades de negocio.

- Es importante resaltar el uso de las resinas VINILÉSTER que en términos económicos y técnicos representa una gran alternativa para los tratamientos anticorrosivos, sobre todo en donde se requieren altas exigencias de resistencia química de gran concentración y temperatura de trabajo alto 120-150 ^{0}C, es imprescindible la difusión de este tipo de resina Viniléster tanto en la industria minera y otras industrias donde su conocimiento todavía es poco (papel, vinos, aceitunas, químicos, etc..) desarrollando y aprovechando en mayor escala estos materiales.

- Las empresas de acuerdo a las exigencias de precio por la competencia de mercado deben de buscar de minimizar sus costos optimizando sus procesos productivos (procesos en línea, orden, limpieza, etc..), invirtiendo en herramientas de mayor eficiencias y menor consumo de energía (neumáticas u otros), ahorrando el consumo de

material (dentro de las escalas de calidad permisibles, etc..), desarrollando buenas relaciones comerciales con los proveedores obteniendo de esta manera concesiones comerciales (mejores precios, líneas de crédito ventajosas, despachos oportunos, etc.) evitando la utilización de materiales baratos y de menor calidad que perjudican las propiedades de estos materiales y desmedran la imagen de estos productos.

- La capacitación constante de los aspectos técnicos y de dirección es importante, esto a través de los proveedores, instituciones a nivel nacional u internacional que proporciones conocimientos de las nuevas tendencias, Internet, etc. que proporcionen y garanticen la calidad y satisfacción plena de los usuarios, buscando una visión de desarrollo de nuevos productos y mercados.

- Las empresas dedicadas a este sector y todas en general deben de regularizar su situación jurídica legal, para poder ser sujetas de mejores condiciones financieras y comerciales con sus proveedores, buscando siempre la inversión en bienes de capital y buscando la optimización de los procesos productivos.

- Las empresas pequeñas, medianas y todas en general deben de instalar laboratorios de control de calidad (urómetro Balcol, viscosímetros, pruebas químicas, etc.) que garanticen inicialmente la calidad de las materias primas y materiales a usar (viscosidad, gelado, humedad de la fibra, etc..) y las propiedades finales del producto terminado.

- Dentro de las empresas de debe formar y mantener políticas y normas de seguridad (ambientes distribuidos de tal manera que garanticen la seguridad y correcto almacenamiento de los materiales, equipos básicos de seguridad personal, mascaras con filtros de polvo y vapores orgánicos, orden limpieza) que son básicos e inclusive proporcionan mejores ambientes de trabajo y de mayor *confort* y seguridad.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

BIBLIOGRAFÍA

BASF (1997). Materiales compuestos

BASF Chile (1992). Moldes Información Técnica

----------(1997). NORMAS OPTATIVAS (P S 15-69) RECOMENDADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS DE POLIÉSTER REFORZADO RESISTENTES A LOS AGENTES QUÍMICOS FABRICADOS POR EL PROCESO MANUAL DE MOLDEO.

DOW DERAKANE NEWS (1998). Vol. 17

DOW PLÁSTICOS (1997). Manual de Ingeniería y Resistencia Química

OWENS CORNING FIBERGLAS (1997). Guia de Laminacao e a Pistola

VFG-Sudamtex (1995). TALLER SOBRE FIBRAS DE VIDRIO.

"Programa Cybertesis PERÚ - Derechos son del Autor"

ANEXOS

Revisar en formato impreso.