



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

GEL COAT

El Gel coat es una resina pigmentada, modificada y no reforzada que constituye la superficie de las partes moldeadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio.

El gel coat desempeña tres funciones:

- ❖ Proteger el laminado contra la acción de la intemperie y la humedad.
- ❖ Proporcionar un acabado coloreado, liso y brillante a la superficie de la pieza.
- ❖ Servir como base para la aplicación de pintura.

Por lo general, el gel coat se aplica sobre la superficie del molde, y después se realiza el laminado estructural. En este caso, el gel coat reproduce las características superficiales del molde (por supuesto, cubierto con el desmoldante), y las transfiere a la parte moldeada. Los moldes lisos y brillantes permiten el moldeado de piezas con las mismas características que el molde.

El gel coat de acabado debe ser aplicado sobre moldes muy pulidos, cuidando el acabado superficial. A su vez, los que sólo sirven como fondo para pintura o protección contra la intemperie, no requieren un acabado brillante y pueden ser aplicados sobre superficies mate. En esas condiciones, el acabado requerido del gel coat no es tan importante.

En algunos casos, como en las reparaciones cosméticas o estructurales de laminados dañados, cuando se desea proteger a la superficie externa de tanques o tubos contra la intemperie, no se aplica el gel coat contra el molde, sino sobre el laminado. En estos casos, se debe usar el gel coat parafinado para evitar la inhibición del curado de la resina expuesta al aire.

También se debe considerar que en esos casos sólo se obtienen superficies lisas y brillantes a costa de lijar y pulir.

Una de las funciones del gel coat es proporcionar un acabado superficial a las piezas, lo que no hace necesaria la pintura convencional. Las diferencias principales entre el gel coat y las pinturas así llamadas, se pueden sintetizar en los siguientes comentarios:



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0
www.pq.cl

- El gel coat se aplica en capas gruesas, generalmente entre 0.4 y 0.5 mm, mientras que las pinturas convencionales tienen un espesor mucho más bajo.
- El gel coat coloreado requiere menor cantidad de pigmento, que el utilizado por las pinturas, cubriendo la misma superficie y obteniendo el mismo color. Esto es una consecuencia directa de su mayor espesor comparado al de las pinturas.
- Generalmente se aplica el gel coat sobre los moldes. Las capas de pintura se aplican siempre sobre la pieza.
- El gel coat puede ser lijado y pulido fácilmente para eliminar rayas y manchas. Las pinturas, debido a su poco espesor, tienen que ser pulidas cuidadosamente para evitar exponer el sustrato.
- El gel coat está formulado a base de resinas poliéster termofijas. Las pinturas pueden ser formuladas con varios tipos de resinas, ya sean termoplásticos o termofijas.
- Las pinturas generalmente se secan por la evaporación de solventes, lo que deja sobre la superficie una película polimérica sólida. El gel coat se seca por medio de una reacción química entre el solvente (estireno) y la resina poliéster.

Aplicación

El gel coat puede ser aplicado con pistola, rodillo o brocha. Para obtener mejores resultados, se recomienda la aplicación con pistola, ya que permite la laminación de capas de mayor uniformidad y espesor. En los ambientes cerrados o lugares de acceso difícil, se pueden usar los rodillos de pintor como alternativa.

El gel coat aplicado con brocha puede presentar estrías y poca uniformidad en el espesor lo que perjudica la calidad del acabado.

Por lo general, se hace la aplicación en dos manos, la primera de 0.10 a 0.15 mm, y la segunda de 0.30 a 0.35 mm. El espesor final varía entre 0.40 y 0.50 mm. Las capas muy gruesas son quebradizas y pueden presentar cuarteadoras superficiales. Las capas muy delgadas son susceptibles a arrugarse, debido al ataque del estireno de la resina de laminación, además de facilitar el surgimiento del "fotografiado de la fibra" en la superficie de la pieza. Si se aplica el gel coat por aspersión, puede hacerse en una sola mano, con el espesor final de 0.4-0.5 mm (0.15" a 0.080").



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

No se debe empezar el moldeo sobre el gel coat antes de que alcance el estado de "toque". Ese estado se caracteriza por el curado parcial del gel coat, y es cuando el moldeador puede tocar la superficie sin mancharse los dedos. Si se inicia el moldeo antes del estado de toque, el estireno contenido en la resina de laminación puede atacar y arrugar el gel coat.

Si el moldeador toma algunas precauciones antes y durante la aplicación del gel coat, se evitarán muchos problemas. Si se utiliza la aplicación por aspersión, el aire de atomización debe estar limpio y seco sin contaminación de aceite o humedad provenientes del compresor.

La cera de desmolde debe ser cuidadosamente distribuída y pulida sobre la superficie del molde, evitándose la acumulación o excesos localizados. De preferencia se debe usar solamente una cera sin silicón. El operador no deberá aplicar el gel coat en capas muy gruesas, para evitar escurrimientos excesivos y cuarteadoras superficiales. El espesor tampoco debe ser muy reducido, para evitar el arrugamiento por el efecto del estireno contenido en la resina de la laminación. El gel coat siempre es atacado por la resina de laminación, pero ese ataque sólo se muestra como arrugamiento si el espesor es muy reducido. Debe evitarse un espesor menor de 0.3 mm, y mayor a 0.5 mm, (0.010" a 0.080").

Durante la aplicación, la pistola no debe acercarse mucho al molde, con el fin de evitar que el aire de atomización arrastre el gel coat ya depositado y provoque ondulaciones y estrías en la superficie de la pieza. Por esta misma razón, se deben evitar altas presiones en el aire de atomización.

El tiempo de gelado de la resina de laminación también puede causar arrugamiento. Esto sucede si la resina se tarda mucho en curar, lo que da tiempo a que el estireno en ella contenido ataque al gel coat. Si eso ocurre, el operador debe aumentar el contenido de catalizador de la resina, para reducir el tiempo de ataque del estireno.

Las partes de Plástico Reforzado que tienen contacto permanente con el agua, como los cascos de barcos, albercas, etc., desarrollan con el tiempo burbujas de agua en la capa ubicada entre el gel coat y el laminado estructural. Esas burbujas se forman debido a la acumulación de agua en pequeñas fallas de laminación de la entrecapa gel coat laminado, en donde hay sustancias solubles en agua. Estas sustancias solubles pueden deberse al exceso de catalizador, exceso de glicol libre en la resina, así como a la inhibición del curado del gel coat expuesto al aire (formación de benzaldehídos solubles). El agua atraviesa el gel coat hasta la falla de laminación, y allí encuentra a esas sustancias solubles. Con la acumulación de agua en la entrecapa del gel coat laminado, ocurre entonces la formación de una célula osmótica, que origina la burbuja. Este fenómeno ocurre lentamente y sólo se manifiesta después de una larga inmersión.



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

Se pueden reducir las burbujas de agua al atacar sus causas principales, que son los benzaldehídos solubles (que están presentes en la superficie del gel coat expuesto al aire), el exceso de glicoles libres y las fallas de laminación. También se puede hacer reforzando el gel coat con un velo de superficie. En este caso, se aplica normalmente el gel coat e inmediatamente se coloca el velo sobre él.

Los velos de superficie pueden ser impregnados fácilmente con el gel coat, y esta operación es muy fácil y rápida. Luego, empieza la laminación del gel coat y de la Fibra de vidrio, mientras el gel coat todavía está húmedo. Cuando se utilice el velo de superficie, no es necesario esperar el tiempo de toque; de este modo no ocurre la inhibición del curado, ni la formación de benzaldehídos solubles. Por otra parte, debido a que la laminación se realiza sobre el gel coat húmedo, es mucho menos la incidencia de fallas de laminación en la entrecara del laminado –gel coat. Se puede evitar el exceso de glicol libre usando una resina de viniléster en lugar de poliéster.

Se debe también evitar el exceso de catalizadores y otras sustancias solubles en agua, tanto en el gel coat como en la resina de laminación.

A continuación, se mencionan las fallas más comunes en la aplicación de gel coat, así como sus causas probables y correcciones:

FALLA	CAUSA PROBABLE	CORRECCIÓN
Baja opacidad del gel coat, lo que permite el paso de la luz	<ul style="list-style-type: none">- Poco espesor de la capa de gel coat.- Bajo contenido de pigmentos	<ul style="list-style-type: none">- Aumentar el espesor del gel coat (mínimo 0.3 mm)- Aumentar el contenido de pigmentos
Insuficiente dureza del gel coat	<ul style="list-style-type: none">- Curado incompleto- Exceso de agua en el MEKP.- Contaminación del gel coat por la cera desmoldante	<ul style="list-style-type: none">- Ajustar la concentración del catalizador (puede ocurrir el curado incompleto por exceso o escasez de catalizador)- Usar MEKP de buena calidad, sin agua.- Esperar que seque la cera desmoldante, antes de aplicar el gel coat.- Evitar el trabajo en temperaturas muy bajas.- Evitar los solventes no polimerizables.



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

<p>Ondulaciones o arrugas en la superficie del gel coat (piel de cocodrilo)</p>	<ul style="list-style-type: none">- Aplicación de la resina antes del tiempo de toque.- Espesor insuficiente para resistir el ataque del solvente de la resina.- Evaporación del estireno, lo que imposibilita el curado del gel coat.- Escurrimiento del gel coat en paredes verticales.	<ul style="list-style-type: none">- Esperar el curado al punto de toque antes de iniciar la laminación.- Aplicar una película muy gruesa.- Aumentar el contenido de catalizador en la resina de laminación.- Evitar corrientes de aire sobre el gel coat.- Añadir más agente tixotrópico.
<p>Cuardeadoras o grietas en el gel coat (esa falla ocurre en la capa curada ya en uso).</p>	<ul style="list-style-type: none">- Exceso o escasez de catalizador.- Rotura del gel coat, debida a impacto o deformación excesiva.- Capa muy gruesa de gel coat.- Resina quebradiza o con exceso de estireno.	<ul style="list-style-type: none">- Evitar los refuerzos muy rígidos.- Aumentar el espesor de la pieza- Ajustar la cantidad de catalizador- Evitar diluir el gel coat en exceso de estireno.- Espesor máximo del gel coat 0.5 mm (0.20").
<p>Falta de uniformidad del color con el surgimiento de estrías</p>	<ul style="list-style-type: none">- Escurrimiento del gel coat en las superficies del molde, después de la aplicación, debido al bajo índice tixotrópico o capa muy gruesa.- Arrastre del gel coat por el aire de atomización.- Aplicación con brocha o pistola muy cercana al molde.	<ul style="list-style-type: none">- Evitar las capas muy gruesas de más de 0.5 mm (0.20").- Aplicar primero una capa delgada de gel coat solo, para mojar la superficie del molde. Luego, aplicar otra capa más espesa.- Agregar un agente tixotrópico- Alejar la pistola del molde.- Reducir el aire de atomización.- Evitar la adición de estireno y otros aditivos reductores de viscosidad.- Evitar la aplicación con brocha.



Casa Matriz
 Ñuble 324
 Santiago
 Bodegas Generales
 Los Libertadores
 Lote 125 Colina
 Mesa Central
 4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

<p>El gel coat no forma una película continua y nivelada, surgiendo pequeños cráteres.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación del molde, lo que impide la distribución del gel coat. - Contaminación del gel coat o aire de la atomización 	<ul style="list-style-type: none"> - Lavar la superficie del molde con agua y detergente, antes de aplicar el desmoldante. - Evitar la cera que contenga silicón. - Chequear la línea de aire, teniendo la precaución de evitar que se contamine con el aceite del compresor.
<p>Manchas que presentan variedad de coloración</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Arrastre del gel coat por el aire de atomización - Poca atomización. - Chorro excesivo de la pistola. - Aplicación de la resina de laminación antes del tiempo de toque. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alejar la pistola del molde. - Aumentar la presión del aire de atomización. - Reducir la presión en el bote de gel coat. - No moldear antes del tiempo de toque.
<p>Manchas oscuras o amarillentas en el gel coat, advertidas antes de la laminación</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aceite en la manguera de aire (aplicar aire en la palma de la mano: surgirán las manchas de agua o aceite). 	<ul style="list-style-type: none"> - Chequear los anillos del compresor - Limpiar los filtros - Limpiar la línea de aire con un solvente.
<p>Falta de brillo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pieza retirada del molde antes de completar el curado. - Desmoldante húmedo. - Molde sin brillo 	<ul style="list-style-type: none"> - Esperar que se complete el curado antes de sacar del molde. - Esperar el secado del desmoldante antes de aplicar el gel coat. - Limpiar y pulir la superficie del molde.



Casa Matriz
 Ñuble 324
 Santiago
 Bodegas Generales
 Los Libertadores
 Lote 125 Colina
 Mesa Central
 4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

<p>Dibujo de la fibra, perceptible bajo la luz reflejada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Laminación prematura, antes del curado apropiado. - Poco espesor. - Retirada del molde con la pieza aún caliente, no curada completamente. - Hebras de Fibra de Vidrio muy gruesas o con un tratamiento superficial de baja solubilidad en el estireno. - Elevada temperatura, generada por el curado del laminado estructural. - Escurrimiento del gel coat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Esperar el tiempo de toque antes de empezar la laminación. - Aplicar una capa "aislante" entre el gel coat y la fibra. Esa capa "aislantes" puede ser construída con un velo de superficie. - Aplicar el gel coat con un espesor mínimo de 0.3 mm. - Esperar que la pieza se enfríe antes de sacarla del molde. - Usar fibra de Vidrio en hebras más delgadas o con un tratamiento superficial más soluble. - Laminar las capas estructurales por etapas, para evitar altas temperaturas. - Reducir la cantidad de catalizador y acelerador usada en el curado del laminado estructural. - Aumentar el agente tixotrópico.
<p>Distorsión o pandeo de la pieza</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Resina con un alto coeficiente de contracción en el curado. - Laminado no uniforme, presentando diferente encogimiento en las distintas capas. - Elevada exotermia. - Gel coat demasiado grueso. - Desmolde prematuro 	<ul style="list-style-type: none"> - Usar una resina de baja retracción al curado. - Use cargas para controlar el encogimiento. - Reduzca la exotermia. - Disminuya el espesor del gel coat. - Evite el desmolde prematuro. - Coloque la pieza desmoldada en un armazón, hasta alcanzar el curado deseado.



Casa Matriz
 Ñuble 324
 Santiago
 Bodegas Generales
 Los Libertadores
 Lote 125 Colina
 Mesa Central
 4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

<p>Porosidades superficiales con apariencia de "agujeros de alfiler"</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El gel coat no puede ser distribuido en la superficie del molde. - Agua en el MEKP. - Suciedad en el molde. - Aire retenido en el gel coat. - Agua en el aire de atomización. - Curado forzado usando acetona u otros solventes para reducir la viscosidad del gel coat. - Mala dispersión de las cargas. - Gases provenientes de la descomposición de agua oxigenada en el MEKP. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuya la cantidad de carga del gel coat. - Chequee la humedad del MEKP - Use sólo aire seco para la atomización. - Gel coat muy viscoso. - Limpie el molde. - Reduzca la presión del aire de atomización. - Esperar que seque el desmoldante antes de aplicar el gel coat. - Aplicar dos manos de gel coat. - Reduzca la temperatura de la estufa. - No use acetona para eliminar la viscosidad. - Aumentar el tiempo de mezclado de las cargas, para asegurar una buena dispersión. - Usar un MEKP sin agua oxigenada.
<p>Pérdida del brillo original</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Curado incompleto. - Resina del gel coat inadecuado al ambiente. - Absorbente de UV insuficiente o inexistente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustar el contenido de catalizador. Tanto el exceso, como la escasez puede afectar al curado. - Usar un absorbente de UV. - Formular el gel coat con una resina más adecuada al ambiente.



Casa Matriz
 Ñuble 324
 Santiago
 Bodegas Generales
 Los Libertadores
 Lote 125 Colina
 Mesa Central
 4 9 5 2 4 0 0
 www.pq.cl

<p>Burbujas de agua después de un contacto prolongado con la misma</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Presión osmótica en la entrecara gel coat-laminado, ocasionado por la presencia de sustancias solubles en agua en el gel coat, resina, catalizador, acelerador, etc. - Estas sustancias solubles también se originan de la inhibición del curado del gel coat cuando es expuesto al aire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Usar un velo de superficie, seguido de la laminación inmediata de las capas reforzadas para evitar la inhibición del curado del gel coat expuesto al aire. - Evitar el exceso de catalizador y acelerador. - Evitar fallas de laminación, así como burbujas de aire en la entrecara gel coat-laminado. - Usar una resina adecuada (en el gel coat y en la estructura), desprovista de glicoles y otras sustancias solubles en agua.
<p>Delaminación – mala adherencia entre el gel coat y el laminado estructural.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Laminación hecha sobre un gel coat excesivamente curado, lo que dificulta su adherencia. - Parafina en el gel coat. - Contaminación del gel coat. - Agua condensada en la superficie del gel coat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si el gel coat se presenta en un avanzado estado de curado, es recomendable limpiar la superficie con acetona para facilitar la adherencia del laminado estructural. En este caso, también se puede lijar el gel coat, para ayudar a la adherencia. - El gel coat no debe estar contaminado con aceites, parafina, residuos grasos, sudor, etc. - Si hay sospecha de condensación de agua (moldes fríos), lavar el gel coat con acetona. Esperar a que seque antes de iniciar el laminado.



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0
www.pq.cl

<p>Cambio de color o pérdida de brillo, localizado cuando hay contacto con el agua.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Curado incompleto o irregular.- Inestabilidad o cantidad insuficiente de pigmentos.- Exceso localizado de cera desmoldante.- Mala distribución de la carga.- Cambios en el índice de refracción debido a la absorción de agua.	<ul style="list-style-type: none">- Ajustar el catalizador. Usar sólo el MEKP-cobalto.- Mezclar bien el catalizador y el acelerador.- Usar cantidades adecuadas de pigmentos de buena calidad.- Distribuir la cera a modo de evitar acumulación localizada.- Las cargas, así como otras sustancias sólidas, deben ser mezcladas con dispersores de alto poder o molinos de 3 rodillos.- Deben evitarse los glicoles y otras sustancias hidrofílicas en la formulación del gel coat.
---	--	--

Materias primas para Gel Coat

El gel coat es formulado a partir de los siguientes materiales:

Resina Poliéster

Se usan resinas rígidas y flexibles de los tipos ortoftálicos o isoftálicos. Las resinas bisfenólicas o de viniléster son empleadas muy pocas veces y sólo se justifican para el contacto con ambientes agresivos. En estas situaciones, se recomienda el uso de velo de superficie como refuerzo del laminado protector que está en contacto con el ambiente agresivo. Los velos de superficie aseguran un espesor más uniforme y una mayor resistencia a la abrasión que el gel coat y se usan casi exclusivamente en esos casos.



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

Las resinas ortoftálicas son las utilizadas para uso general. Tienen buena resistencia a la intemperie y ambientes moderadamente agresivos. Debido a su bajo costo, son utilizadas para formular gel coat de uso general. El gel coat ortoftálico modificado con neopentilglicol (NPG) quizá sea la mejor opción en términos de costo contra desempeño para el usuario de estructuras construídas con fibra de vidrio, al aunar el bajo costo de las resinas ortoftálicas al desempeño del NPG. Las resinas isoftálicas, cuya cadena molecular es más grande que la de las ortoftálicas tienen un desempeño mejor que éstas cuando son expuestas a la intemperie y a altas temperaturas, así como al contacto permanente con agua.

Por lo menos en lo que respecta a resistencia a la intemperie, las resinas ortoftálicas formuladas con NPG pueden ser tan buenas o hasta mejores que las isoftálicas formuladas con propilenglicol. En esa situación, la influencia del NPG puede encubrir el efecto del ácido isoftálico.

Las resinas rígidas tienen un brillo superficial mejor y una mayor resistencia a la intemperie que las flexibles. El problema es que en el uso, las resinas rígidas son más susceptibles a las cuarteadoras superficiales, que facilitan la penetración de la humedad y la erosión, lo que perjudica a la durabilidad de la capa protectora. En la práctica, es común el empleo del gel coat semirrígido, o elástico, que contiene de un 90 a un 70 % de resina rígida modificada por un 10 o un 30% de resina flexible. De este modo, se pierde un poco en brillo y resistencia a la intemperie, pero se gana en resistencia a las cuarteaduras de superficie.

El gel coat usado para moldes constituye una excepción a esa norma. En este caso es necesario el uso de resinas que presenten una buena estabilidad en altas temperaturas. Para esta aplicación, se usan generalmente las resinas isoftálicas de elevado peso molecular (punto alto de termodistorsión).

Las resinas usadas para el gel coat de moldes no necesitan ser muy flexibilizadas, ya que los moldes son rígidos y por ello no presentan tantos problemas de cuarteadoras debido al uso. La flexibilidad requerida por el gel coat de moldes es "construida" por el fabricante de la resina en la cadena molecular del poliéster, a través de la modificación de la relación entre el ácido isoftálico y el ácido maleico. No es recomendable que el moldeador agregue una resina flexible al gel coat usado para moldes.



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

Catalizadores y Aceleradores

De preferencia, sólo se debe usar el sistema MEKP-Cobalto. El peróxido de benzoilo acelerado con aminas terciarias (DMA o DEA) no es recomendable para el curado del gel coat por las siguientes razones:

- Afecta el color del gel coat
- Perjudica la resistencia a la intemperie
- No cura satisfactoriamente las capas poco gruesas, como es el caso del gel coat.
- Las partes con el peróxido de benzoilo deben ser postcuradas antes de que transcurran 24 horas después del moldeo. Al revés, las piezas curadas con el MEKP-cobalto pueden ser tratadas en cualquier momento.
- El sistema MEKP-cobalto produce un curado más completo que el sistema BPO-DMA. El contenido del estireno residual (no copolimerizado) que permanece "libre y suelto" en el el gel coat (y perjudica a la resistencia química y a la intemperie) es más bajo para el curado realizado con el MEKP-cobalto que con el sistema BPO-DMA.

Pigmentos y Colorantes

Los pigmentos son partículas sólidas, insolubles en la resina y disolventes, mientras que los colorantes si son solubles en la resina y en sus disolventes. Los pigmentos proporcionan cobertura (es decir, opacidad) y coloración al gel coat, mientras que los colorantes, al ser solubles en la resina, no tienen poder cubriente y por ello no se usan en la formulación de gel coat.

Entre los distintos pigmentos disponibles, el fomulador de gel coat puede basar su elección en los pigmentos orgánicos o inorgánicos, sintéticos o naturales. Por lo general, los inorgánicos muestran una mejor estabilidad a la intemperie que los orgánicos, aunque haya pigmentos orgánicos muy buenos en ese aspecto. La selección del pigmento o combinación de ellos, para colorear las resinas poliéster en general y el gel coat en particular se debe fundamentar en las siguientes consideraciones:

- Estabilidad térmica
- Solidez a la intemperie (UV)
- Influencia en el tiempo de gelado y curado de la resina
- Poder de cobertura
- Poder de teñido

En general, los pigmentos inorgánicos poseen un mejor poder de cobertura que los orgánicos. Respecto al poder de teñido, ocurre lo contrario. Para que los pigmentos puedan cumplir eficientemente las características de cobertura y teñido, es necesario que sus partículas estén bien dispersas en el poliéster. Es un hecho conocido el que las partículas pequeñas de pigmento tienden a aglomerarse (flocularse), formando partículas más grandes.



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

Esos aglomerados tienen que ser rotos para permitir que las pequeñas partículas de pigmento se distribuyan lo más uniformemente posible en la resina.

Entre mejor dispersos estén, el brillo, el poder de cobertura y el poder de teñido del pigmento se optimizan, dando mejores resultados.

La dispersión de los pigmentos no es una tarea fácil y requiere el empleo de equipos especiales (para ese trabajo, mencionamos los molinos de tres rodillos). A veces es más conveniente comprar los pigmentos ya dispersos en pastas que hacer la dispersión del material en polvo.

Si se adquieren los pigmentos en pasta, la colocación de la resina puede ser llevada a cabo con batidores comunes, del tipo hélice y se evita la inversión y las molestias asociadas a los molinos. La dificultad existe sólo cuando se desea trabajar con pigmentos en polvo. Los pigmentos sintéticos son producidos con partículas muy pequeñas, que se aglomeran (floculan), formando partículas más grandes.

Para que los pigmentos ofrezcan el máximo poder tintóreo y de cobertura, se hace necesario romper los aglomerados e incorporarlos en la resina poliéster. La rotura del aglomerado (dispersión) se hace generalmente en molinos de tres rodillos, el cual consiste en tres cilindros metálicos paralelos, movidos con distintas velocidades de rotación.

Los tres cilindros giran con velocidades distintas, N_1 , N_2 , y N_3 . Se coloca el material a ser molido entre los cilindros 1 y 2. La diferencia de velocidad tangencial entre los rodillos 1 y 2 somete la base de molino a fuerzas enormes de cizallamiento, que provocan la rotura de los aglomerados. Una parte del material que pasa entre los cilindros 1 y 2 se queda adherida al rodillo 1 y es alimentada hacia el molido. Otra parte es captada por el rodillo 2 y molida entre los rodillos 2 y 3, en donde se repite el proceso; una parte del material regresa a la entrada por adherirse al rodillo 2 y así sucesivamente.

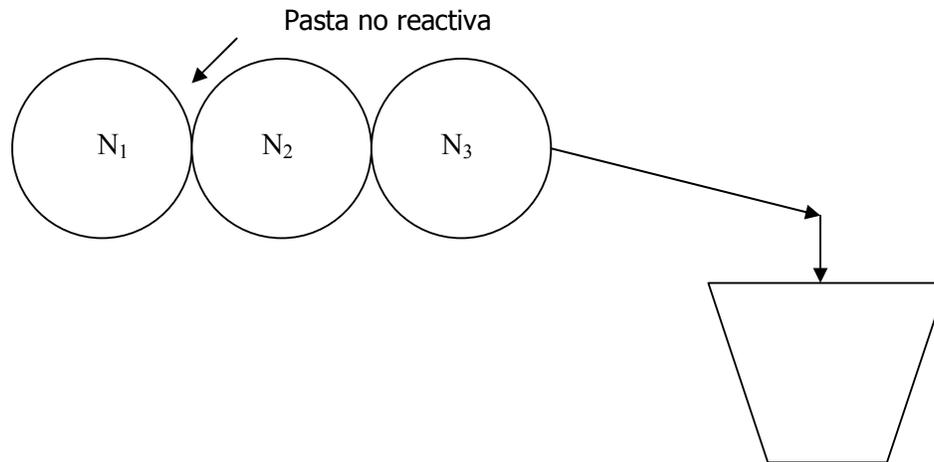


Diagrama de un molino de 3 rodillos

Es posible obtener un grado de dispersión mayor o menor de las partículas aglomeradas variando las velocidades de rotación y la separación entre los rodillos. Por ejemplo, mientras mayor sea la velocidad N_1 en comparación a N_2 mayor será la cantidad de material que quede adherida al rodillo 1, la cual es realimentada hacia el molino. Lo mismo se aplica a la velocidad N_2 respecto a N_3 . Cuando mayor sea la diferencia entre esas dos velocidades, mejor será la dispersión de los pigmentos. Este comentario también se aplica a la fuerza que comprime los cilindros. Cuando más comprimidos estén los rodillos, mejor es la dispersión y la producción del molino.

El material molido agregado al rodillo 3 es captado por la canaleta de salida y su grado de dispersión es analizado por el medidor Hegman. Cuando más pequeñas sean las partículas (mejor dispersión), mejor es el poder de cobertura y mayor el poder tintóreo del pigmento (es decir, puede ser usada menor cantidad de pigmentos). Además el brillo del gel coat mejora notablemente con la rotura de los aglomerados.

Por lo general, la separación entre los rodillos 1 y 2 es ligeramente más grande que la existente entre los cilindros 2 y 3. De este modo, los rodillos 1 y 2 ejecutan una especie de premolido y alimentan a los rodillos 2 y 3 con un material más delgado.



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

Los molinos de tres rodillos son adecuados para trabajar con bases de alta viscosidad y bajo contenido de volátiles. Cuanto mayor sea la viscosidad de la base de molido, mayor es la producción del molino. Ello sugiere que la dispersión se haga en lotes con un elevado contenido de pigmento y una cantidad pequeña de resina. También sugiere que la resina poliéster no debe contener estireno (volátil).

Las llamadas pastas no reactivas consisten en una base poliéster (no saturado-sin estireno) que contiene pigmentos orgánicos o inorgánicos, dispersos por molinos de 3 rodillos. El contenido de pigmento de las pastas no reactivas depende del peso específico, índice de absorción de aceite y tamaño de las partículas de los pigmentos (sabemos que cuanto menor es el tamaño de las partículas, mayor es su influencia en la viscosidad). Los pigmentos inorgánicos, que son pesados y tienen partículas de mayor tamaño, constituyen alrededor del 60 a 75% del peso de las pastas no reactivas. Los pigmentos orgánicos, que son ligeros y contienen partículas más pequeñas, contribuyen con aproximadamente del 8 al 10% del peso de las pastas no reactivas.

Los molinos de tres rodillos también son muy útiles para dispersar a los agentes tixotrópicos y las cargas finas (carbonato de calcio precipitado, talco micronizado, etc), en la fabricación del gel coat.

Cargas

Las cargas minerales se distinguen de los pigmentos por no aportar coloración o poder de cobertura significativos al gel coat. Por esa razón, las cargas pueden tener partículas de mayor tamaño que los pigmentos. Por lo general, no es necesario "moler" las cargas en molinos de 3 rodillos. Los dispersores de alta velocidad generalmente son suficientes para la incorporación de cargas a la resina. Los molinos de 3 rodillos sólo se usan para dispersar cargas cuando se desea un gel coat que tenga mucho brillo.

La principal justificación para el uso de cargas minerales en la formulación del gel coat quizá sea la reducción del coeficiente de dilatación térmica y encogimiento de la resina en el curado. Esta contribución es importante en el caso de piezas planas y de espesor reducido; además el gel coat que contiene cargas inertes ayuda a controlar los problemas de pandeo.

Las cargas utilizadas más comúnmente son el carbonato de calcio precipitado y el talco micronizado. El gel coat autoextinguible puede ser preparado con alúmina trihidratada (45% por peso, tamaño promedio de las partículas: 9 micras).

El contenido de carga varía según la necesidad de cada aplicación. Es importante que no sea muy elevado, para no perjudicar las características (viscosidad) del gel coat. Cabe señalar que existen varias sustancias químicas que pueden ser aplicadas a las cargas con el propósito de reducir la influencia en la viscosidad del sistema.



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

Cuando sea conveniente el uso de alto contenido de cargas minerales, hay que considerar el empleo de esos reductores de viscosidad.

Cabe mencionar que las cargas aumentan el peso específico del gel coat. Esto es importante y debe ser tomado en cuenta en la especificación de la cantidad de gel coat a ser aplicada para mantener el espesor final dentro de los límites deseados.

Solventes

Los solventes utilizados en la formulación del gel coat, se clasifican en dos categorías:

La primera incluye a los reductores de viscosidad no copolimerizables, los cuales sirven para reducir la viscosidad del gel coat para la aplicación con pistola. Deben presentar como característica principal un grado de evaporación extremadamente rápido, de preferencia que se evaporen completamente antes que el gel coat alcance la superficie del molde. Generalmente se usa acetona para esa finalidad. Aproximadamente el 3 al 5 % de acetona reduce la viscosidad del gel coat (formulado para la aplicación con brocha) para valores compatibles con la aplicación con pistola.

Esta disolución es realizada por el usuario del gel coat en el momento de la aplicación. Este procedimiento debe ser ejecutado con mucha precaución, para garantizar la evaporación total del solvente no copolimerizable, antes de que el gel coat alcance el molde. No recomendamos la disolución del gel coat con acetona o cualquier otro solvente no polimerizado.

La segunda categoría incluye a los solventes copolimerizables, que forman parte integrante del gel coat curado. Al contrario de los solventes incluidos en la categoría anterior, éstos deben estar provistos de un bajo grado de evaporación. El solvente más común de esta clase es el monómero de estireno. El fabricante agrega y mezcla el estireno a la base poliéster del gel coat. Dentro de límites relativamente estrechos, el usuario puede agregar pequeñas cantidades de estireno para corregir la viscosidad, según sus necesidades.

Para que este procedimiento no perjudique la resistencia del gel coat a la intemperie, debe ser utilizado con mucho criterio.

Lo ideal para la aplicación del gel coat, es que sea suministrado con la viscosidad correcta, sin necesidad de usar solventes adicionales. Actualmente encontramos en el mercado gel coat de baja o alta viscosidad, para aplicación con pistola o brocha.



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

www.pq.cl

Agente Tixotrópico

El gel coat debe presentar una viscosidad suficientemente baja para que su aplicación (con brocha, rodillo o pistola), distribución y nivelación sobre el molde no sea perjudicado. Por otra parte, las capas líquidas espesas (como las de gel coat), aplicadas sobre superficies inclinadas tienden a escurrir, lo que origina variaciones sobre el espesor, que a su vez puede facilitar el surgimiento de arrugas, cuarteadoras superficiales y el "dibujo de la fibra" a través del gel coat. El problema del "escurrimiento" en paredes inclinadas y sus consecuencias indeseables, podrían ser evitados si el gel coat tuviera una alta viscosidad; pero esto involucraría una dificultad de aplicación, distribución y nivelación.

En cuanto a la viscosidad, el gel coat debe satisfacer dos exigencias que se contraponen:

- Poseer una viscosidad suficientemente baja durante e inmediatamente después de la aplicación, para facilitar la distribución en el molde.
- Poseer una viscosidad suficientemente elevada (después de la aplicación) para reducir los problemas de escurrimiento en superficies verticales.

Estas dos exigencias que se contraponen, se pueden resolver con la ayuda de los agentes tixotrópicos.

Los agentes tixotrópicos están constituidos por partículas extremadamente pequeñas (sílica pirogénica o arcillas organofílicas), con alta tendencia a la floculación, lo que origina un retículo tridimensional que aumenta considerablemente la viscosidad de la resina. Esta estructura es rota fácilmente por los altos niveles de cizallamiento, a los cuales es sometido el gel coat durante la aplicación con brocha, pistola o rodillo. Una vez que se rompe la estructura flocular, la viscosidad del gel coat pasa a ser controlada por los pigmentos, cargas y base de poliéster. Por supuesto la refloculación del agente tixotrópico tiende a ser reestablecida inmediatamente después de la aplicación, lo que permite la recuperación de la elevada viscosidad original.

De este modo, se advierte que, en condiciones de reposo, es decir, antes y después de la aplicación del gel coat, el "retículo floculado" de los agentes tixotrópicos aumenta considerablemente la viscosidad de la base poliéster. Sin embargo, en el momento de la aplicación (rodillo, brocha o pistola) dichos retículos se rompen y el gel coat asume su viscosidad "natural".

De preferencia los agentes tixotrópicos deben ser incorporados al gel coat a través de dispersores de alta velocidad o molinos de 3 rodillos.



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0

Inhibidores

Los inhibidores son agregados al gel coat para impedir el gelado prematuro. Según sean suministradas por los fabricantes, las resinas contienen ya inhibidores adecuados y en cantidad suficiente para asegurar una estabilidad apropiada al gel coat. Sin embargo, si lo desea, el formulador puede agregar un pequeño refuerzo. Con ese propósito se puede utilizar tanto el TBC (terbutilcatecol) como la hidroquinona.

Absorbentes de Ultravioleta

La energía contenida en las radiaciones ultravioleta, puede romper enlaces químicos, promover enlaces moleculares, cambiar la coloración y volver quebradiza la base polimérica del gel coat. Los absorbentes de UV sirven a la función de absorber la energía electromagnética contenida en las radiaciones ultravioleta, al disiparla de manera inocua. Para este propósito, se usa generalmente hidroxibenzofenona. La eficacia de los absorbentes de ultravioleta se limita a un máximo de 3 años de uso continuo. Después de ese período, se pueden proteger superficialmente las partes con una pintura adecuada para exteriores.

Secuencia de la mezcla

Es muy fácil de comprender la "filosofía" de la mezcla. La única dificultad es la dispersión de los ingredientes sólidos (tixotrópicos, pigmentos y cargas) en la base poliéster. La dispersión se debe hacer en el molino de 3 rodillos.

Hay que tomar en cuenta el aumento de la temperatura de la base de molido durante la operación de dispersión. Dicho aumento reduce la viscosidad de la resina y facilita la acción de mezclar, pero dificulta la dispersión de los ingredientes sólidos, lo que reduce la eficiencia del molino. Además si la resina poliéster contiene estireno (resina reactiva), se corre el riesgo de gelado a altas temperaturas. Para evitar este inconveniente, los molinos de 3 rodillos deben ser refrigerados con agua.

De ser posible deben dispersarse los sólidos de resina no reactiva (sin estireno). Si eso no es posible se debe usar una resina de baja reactividad (flexible).

A continuación se describe como debe hacerse la dispersión y la mezcla de los diferentes ingredientes:

- i. Mezclar el agente tixotrópico con una parte de la resina flexible, hasta que sea alcanzada una consistencia pastosa. Luego, pasar esa mezcla por el molino de 3 rodillos para romper las oclusiones y dispersar las partículas sólidas.
- ii. Mezclar la resina flexible con el pigmento hasta lograr una consistencia pastosa. Enseguida, pasar la mezcla por el molino



Casa Matriz
Ñuble 324
Santiago
Bodegas Generales
Los Libertadores
Lote 125 Colina
Mesa Central
4 9 5 2 4 0 0
www.pq.cl

- iii. tantas veces como sea necesario, para lograr la fineza de 7 de la escala de Herman.
- iv. Mezclar la resina rígida, el absorbente ultravioleta y las cargas inertes, hasta conseguir una consistencia pastosa. Pasarla por el molino. Este paso se puede eliminar si no se usan cargas.
- v. Consiste en mezclar los tres componentes de los puntos i, ii, iii. Una vez hecha la dispersión de los sólidos en el molino, esta mezcla puede hacerse con mezclador de pala o hélice.
- vi. Agregue y mezcle estireno en cantidad suficiente para lograr la viscosidad deseada.
- vii. Añada el acelerador de cobalto y mezcle bien.
- viii. Agregue el catalizador (peróxido de metil-etil-cetona), para el tiempo de gelado deseado al momento de iniciar la fabricación de la pieza.

Generalmente se debe agregar el acelerador (naftenato u octoato de cobalto) al gel coat antes de la aplicación. No se usa mucho el gel coat previamente acelerado, debido a que las cargas y pigmentos contenidos en el gel coat absorben el acelerador y afectan las características del curado.