

2. Fabricación de substratos

2.1 Substratos para ensayos de cizalla.

Las dimensiones y geometría de los substratos de las probetas vienen definidas en la Norma UNE-EN 1465. Los substratos son de material compuesto de plástico reforzado con fibra de vidrio.

Plancha de 1.6 mm de espesor, de material compuesto de fibra de vidrio y resina de epoxi.

Materiales del substrato:

1-Fibra de vidrio: Tejido Roving 290 T, de 290 gr/m², con un espesor de 0,250 mm y de calidad de vidrio E.

-7 capas de tejido Roving 290 T, de 0,250 mm espesor y de dimensiones 1,500 x 2,500 m.

2-Resina de Epoxi: Resina de epoxi y 35% de endurecedor (lento).

-2 Kg de resina de epoxi, Vantico ref LY 3505.

-0.700 Kg de endurecedor lento, Vantico ref Xb 3403.

Materiales y herramientas necesarias para la fabricación del substrato.

Para la fabricación del laminado del substrato de fibra de vidrio con resina de epoxi, se precisan de los siguientes materiales y herramientas:

-Cinta de papel adhesiva.

-2 capas de peel plies de dimensiones 1,550 x 2,750 m.

-1 capa de film desmoldeante de dimensiones 1,600 x 2,600 m.

-1 capa de manta absorbente de dimensiones 1,625 x 2,625 m.

-Bolsa de vacío de dimensiones 2,000 x 3,000 m.

-Cinta adhesiva tacky tape 10 m.

-Manguera de vacío.

-Cubo de plástico.

-Peso electrónico Gram MM-5000, de sensibilidad 2 gr y capacidad máxima 5000 gr.

-Batidor eléctrico.

-Rodillos de pelo corto y de teflón.

-Horno.

-Bomba de vacío.

La superficie empleada como molde es un tablero de madera contra chapada, de dimensiones 0,200 x 2,000 x 3,000 metros.

Proceso de fabricación del substrato.

Una vez se preparan los materiales y herramientas necesarios, se prepara el molde sobre el que vamos a laminar.

Nota : las capas de fibra cortadas, se disponen enrolladas para una mejor manipulación de las mismas, así como para evitar arrugas bruscas en las fibras.

1º Encerado y protección del molde.

La superficie sobre la que se va a laminar (limpia y sin defectos), se encera para evitar que la resina se adhiera al molde y poder desmoldear la plancha.

Como esta superficie que actuará de molde es nueva, se encera como sigue:

Usamos cera MOLD-RELEASE de TR, el envase incorpora una esponja para su aplicación. Se realiza una primera aplicación de cera sobre toda la superficie y se deja secar 30 minutos, después se retira con un paño limpio, y que no deje restos de fibra, es muy importante retirar toda la cera, para esto se recomienda ir variando la zona del paño para no extender la que se acumula en el mismo. Posteriormente se aplica otra mano de cera y se retira sin esperar a que seque, esto se repite 5 veces. Es muy importante el encerado, si queda zona sin encerar se pegará la pieza al molde, y si quedan restos de cera en el molde estos al mezclarse con la resina, producirán zonas en las que no hay adhesión del laminado.

Después se protegen las zonas de la superficie sobre las que no se va a laminar, para no mancharlas de resina. Para la protección se utiliza cinta adhesiva de papel.

2º Laminado.

Laminación manual de una plancha monolítica de tejido Roving de fibra de vidrio E, con resina de epoxi y endurecedor lento al 35%.

Los rodillos para la aplicación de la resina deben estar limpios y secos de disolvente.

La cantidad de resina y endurecedor estimada es de 250gr, por capa de tejido de fibra de vidrio; para poder mezclarla con las proporciones adecuadas se utiliza un peso electrónico. La mezcla de resina y endurecedor se realiza por medio de un batidor eléctrico para asegurar una mezcla homogénea. La mezcla se realiza en cantidades de un kilogramo de resina y 350 gramos de endurecedor lento.

Una vez preparada la mezcla de 1500 gr de resina y 525 gr de endurecedor lento, se aplica una primera capa de resina sobre el molde. Seguidamente se coloca la 1ª capa de tejido peel-plies y se aplica resina sobre el mismo, y con el rodillo metálico ó de teflón se eliminan todas las burbujas de aire. Se coloca a continuación la primera capa de tejido de fibra de vidrio con las manos debidamente protegidas y se sitúa de forma que la fibra se adapte correctamente sin pliegues, se aplica una capa de resina uniformemente sobre el tejido y se procede, igual que en la capa anterior, con el rodillo de teflón. Hay que tener cuidado de no apretar demasiado el rodillo de teflón para no hacer surcos en el tejido.

Se repite el proceso con las seis capas restantes de tejido de fibra de vidrio, y se termina el laminado con otra capa de tejido de peel-plies.

Se retira la cinta adhesiva de papel que protege el molde y se procede a colocar los consumibles de vacío.

Una vez realizado el laminado se coloca el film desmoldeante o sangrador y a continuación la manta absorbente, la colocación de estas dos capas ha de estar centrada para que cubra bien todo el laminado, recordar que se le ha dado mayor dimensión para que pueda abarcar toda la pieza.

A continuación, se prepara la bolsa de vacío, se coloca el film de vacío estirado y sobre los bordes de una cara se coloca la cinta adhesiva de doble cara tacky tape, y se coloca por trozos para evitar que el film se arrugue y se solapa en las esquinas. Una vez colocado el tacky tape, sin quitar la protección de la cara adhesiva superior, se adapta correctamente al film haciendo presión con la yema de los dedos para así asegurar que no hay pérdida de aire.

Colocamos el film de vacío de modo que el tacky tape quede en la cara del molde, se centra el film, se retira la protección del tacky tape y se pega la bolsa al molde. Como la bolsa de vacío se hace mayor que la pieza para que se pueda adaptar correctamente, se hacen pliegues o pinzas para adaptar la bolsa y que cuando se produzca el vacío la bolsa se adapte a la pieza correctamente. Se deja una zona de la bolsa sin cerrar por donde introducimos la manguera de la toma de vacío. Para colocar la manguera de vacío se envuelve en manta absorbente y se coloca un trozo de manta de manera que comunique con el laminado. Hay que colocar la manguera de manera que luego no deje marca en la pieza. Finalmente se rodea la manguera de vacío en la zona de unión de la bolsa con tacky tape y se une al film de vacío en la zona que quedó sin cerrar, cerrando a continuación la bolsa.

3° Curado del laminado.

Esta pieza va a ser curada al vacío y en el horno a 80° durante seis horas, la conexión de la bomba de vacío esta fuera del horno.

Con la pieza aún fuera del horno, se conecta la manguera a la toma de vacío de la bomba de vacío y se comienza a producir el vacío en la pieza. Esto hay que hacerlo fuera del horno si este está encendido. Conforme se va produciendo el vacío se repasa todo el perímetro de la bolsa de vacío donde esta el tacky tape de manera que no haya pérdida de aire en el cierre o incluso en la bolsa que pueda estar dañada. Esto es esencial para poder realizar el vacío en la pieza.

Una vez se realiza el vacío en la pieza se introduce la pieza en el horno durante 6 horas, a una temperatura de 80 °C.

Transcurrido el tiempo de curado en el horno y con vacío, se desconecta el vacío y se extrae la pieza del horno, y se deja enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente. Es muy importante que la pieza este a temperatura ambiente antes de desmoldearla, pues al ser de un espesor muy pequeño puede haber riesgo de que se deforme la placha.

4° Desmoldeo:

Con la pieza a temperatura ambiente, sé desmoldea y se deja el laminado con las dos capas de peel plies, esto nos asegura que no se va a contaminar la superficie. Para desmoldear la plancha, se realiza con cuñas de madera y con ayuda de una espátula con mango de madera.

1° Se introduce la espátula cuidadosamente, en la zona de unión de la plancha y el molde, para despegar la capa de resina, que la mantiene unida al molde.

2° Se introducen con cuidado las cuñas de madera por la zona despegada, empezando por una esquina y con ayuda de la espátula se va haciendo palanca suavemente para que se vaya despegando la plancha. Se repite este proceso a lo largo del perímetro de la plancha, hasta que este totalmente desmoldeada.

5° Corte y repaso de las planchas:

Con una amoladora con disco de diamante se recortan los bordes de la pieza y se comprueba que el espesor es el requerido.

De esta pieza se cortan diez placas de 235 x 105 mm. Con ayuda de una plantilla de cartón se marcan los rectángulos a cortar sobre la pieza, y con la amoladora con disco de diamante se procede al corte.

Las dimensiones finales de las placas cortadas deben ser de 230 x 100 mm. Se prepara una plantilla de 230 x 100 mm y se marcan las dimensiones finales. Con un taco de lija y papel de lija de grano 40, se repasan los cantos hasta conseguir las dimensiones

requeridas. Hay que asegurarse de colocar la superficie a lijar perpendicularmente a la superficie del taco y realizar pasadas uniformes para conseguir una superficie recta.

Finalmente se comprueban las dimensiones y se elimina el polvo que resultó del corte y repaso de las piezas.

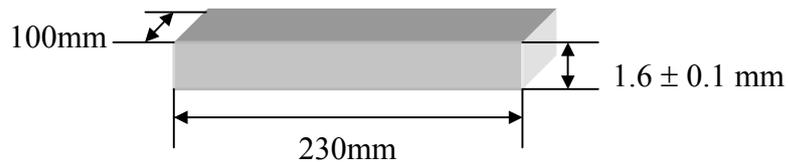


Figura 2.1: Substratos para ensayos de cizalla.

2.2 Substrato para ensayos de tracción.

La geometría y dimensiones de los substratos de las probetas, vienen definidas en la Norma UNE-EN 26922.

Los substratos son de material compuesto de plástico reforzado con fibra de vidrio.

Prisma rectangular de sección cuadrada, de longitud de lado 10 mm y longitud del prisma 30mm.

Materiales del substrato:

1-Fibra de vidrio: Cuadriaxial de 840 gr/m², con un espesor de 0.800 mm y de calidad de vidrio E.

-12 capas de cuadriaxial de vidrio de 840 gr/m², de dimensiones 0.500 x 0.250 m

2-Resina de Epoxi: Resina de epoxi al 35% de endurecedor (lento).

-1,500 kg de resina de epoxi, Vantico referencia LY 3505

-0,525 kg de endurecedor lento, Vantico referencia Xb 3403

Materiales y herramientas necesarias para la fabricación.

Para la fabricación del laminado del substrato de fibra de vidrio con resina de epoxi, se precisan de los siguientes materiales y herramientas:

-2 capas de tejido Peel plies, de dimensiones 0,550 x 0,255 m.

-Cubo de plástico.

-Peso electrónico Gram MM-5000, de sensibilidad 2 gr y capacidad máxima 5000 gr.

-Batidor eléctrico.

-Rodillos de pelo corto y de teflón

-Horno.

La superficie empleada como molde, es un tablero de madera contrachapada de dimensiones 0,200 x 1,000 x 0,500 metros.

Proceso de fabricación del substrato.

Una vez son preparados todos los materiales y herramientas, se procede a preparar el molde sobre el que vamos a laminar.

Laminación manual de plancha monolítica de cuadriaxial de vidrio E, con resina de epoxi y endurecedor lento al 35%.

1º Encerado del molde.

La superficie sobre la que se va a laminar (limpia y sin defectos), se encera para evitar que la resina se adhiera al molde y poder desmoldear la plancha. El proceso de encerado es el descrito en el apartado 2.1-2º, de este capítulo.

2º Laminado.

La cantidad de resina y endurecedor estimada es de 150gr, por capa de tejido de fibra de vidrio; para poder mezclarla con las proporciones adecuadas se utiliza un peso electrónico. La mezcla de resina y endurecedor se realiza por medio de un batidor eléctrico para asegurar una mezcla homogénea. La mezcla se realiza en cantidades de un kilogramo de resina y 350 gramos de endurecedor lento.

Una vez preparada la mezcla de 1500 gr de resina y 525 gr de endurecedor lento, se aplica una primera capa de resina sobre el molde. Seguidamente se coloca la 1ª capa de tejido peel-plies y se aplica resina sobre el mismo, a continuación con el rodillo metálico ó de teflón se eliminan todas las burbujas de aire. Se coloca la primera capa de tejido de fibra de vidrio con las manos debidamente protegidas y se sitúa de forma que la fibra se adapte correctamente sin pliegues, se aplica una capa de resina uniformemente sobre el tejido y se procede, igual que en la capa anterior, con el rodillo de teflón. Hay que tener cuidado de no apretar demasiado el rodillo de teflón para no hacer surcos en el tejido.

Se repite el proceso con las seis capas restantes de tejido de fibra de vidrio, y se termina el laminado con otra capa de tejido de peel-plies.

3° Curado del laminado.

El curado del laminado se realiza a 80°C durante seis horas.

No se realiza el curado por vacío, pues así el espesor final es mayor, ya que en el proceso de curado por vacío, la utilización de manta absorbente, como su nombre indica, absorbe el exceso de resina del laminado y con ello se reduce el espesor.

Transcurrido el tiempo de curado, se extrae la pieza del horno y se deja enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente.

No se retiran las capas de peel plies para evitar que se contamine la superficie.

4° Desmoldeo.

1° Se introduce la espátula cuidadosamente en la zona de unión de la plancha y el molde para despegar la capa de resina, que la mantiene unida al molde.

2° Se introducen con cuidado las cuñas de madera por la zona despegada, empezando por una esquina y con ayuda de la espátula se va haciendo palanca suavemente para que se vaya despegando la plancha. Se repite este proceso a lo largo del perímetro de la plancha, hasta que esté totalmente desmoldeada.

El espesor de la plancha es de 10 mm aproximadamente, con este espesor es menos probable la deformación del laminado si el desmoldeo se produce cuando la pieza aún no ha alcanzado la temperatura ambiente.

5° Corte y repaso de las planchas.

Con una amoladora con disco de diamante se recortan los bordes de la pieza y se comprueba que el espesor es el requerido.

Se cortan diez planchas de 255 x 105 x 35 mm. Con una plantilla de cartón de estas dimensiones se marcan las dimensiones, y con la amoladora con disco de diamante se cortan las placas.

Las dimensiones finales de las placas cortadas, para pegar, deben ser de 250 x 100 x 30 mm. Se prepara una plantilla de 250 x 100 x 30 mm y se marcan las dimensiones finales.

Con un taco de lija y papel de lija de grano 40, se repasan los cantos hasta conseguir las dimensiones requeridas. Hay que asegurarse de colocar la superficie a lijar perpendicularmente a la superficie del taco y realizar pasadas uniformes para conseguir una superficie recta.

Finalmente se comprueban las dimensiones y se elimina el polvo que resultó del corte y repaso de las piezas.

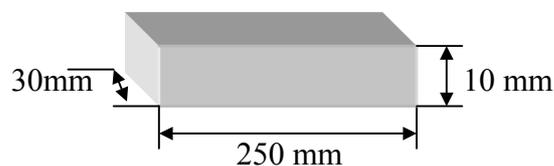


Figura 2.2: Substratos para ensayos de tracción.

2.3 Substratos para ensayos de pelado.

Las dimensiones y geometría de los substratos de las probetas vienen definidas en la Norma UNE-EN 1464 Adhesivos. Determinación de la resistencia al pelado en juntas pegadas de alta resistencia. Método del rodillo móvil.

Substrato rígido: Plancha de $1,6 \pm 0,1$ mm de espesor, de material compuesto de fibra de carbono y resina de epoxi.



Figura 2.3: Substrato rígido.

Substrato flexible: Plancha de $0,5 \pm 0,02$ mm de espesor, de material compuesto de fibra de vidrio y resina de epoxi.



Figura 2.4: Substrato flexible.

Materiales de los substratos.

1-Substrato rígido:

Fibra: Fibra de carbono. Tejido Roving RC 300T, de 300gr/m², con un espesor de 0,250 mm.

-7 Capas de tejido Roving RC 300T, de dimensiones 1,000 x 0,750 m

Resina : Resina de Epoxi LY 3505, y 35% de Endurecedor lento Xb3403.

-1 Kg de resina de epoxi..

-0,350 Kg de endurecedor.

2-Substrato Flexible:

-Fibra: Fibra de vidrio. Tejido Rovig 290T, de 290 gr/ m², con un espesor de 0,250 mm y calidad de vidrio E

-2 Capas de tejido Roving 290T, de dimensiones 1,000 x 1,500 m.

-Resina: Resina de Epoxi LY 3505, y 35% de endurecedor lento.

-1,500 Kg de resina de epoxi.

-0,525 Kg de endurecedor.

2.3.2 Fabricación del substrato rígido.

Tanto los materiales y herramientas, como el proceso de fabricación para la fabricación del substrato rígido y curado del mismo, son los seguidos en el apartado 2.1 del presente Capítulo.

2.3.3 Fabricación del substrato flexible.

El substrato flexible tiene una geometría en ángulo recto, por lo que el molde que usamos para el laminado tiene un radio de 90° para conseguir la geometría requerida.

Materiales y herramientas necesarias para la fabricación del substrato

-2 capas de tejido Peel plies, de dimensiones 1,050 x 1,550 m.

-Cubo de plástico.

-Peso electrónico Gram MM-5000, de sensibilidad 2 gr y capacidad máxima 5000 gr.

-Batidor eléctrico.

-Rodillos de pelo corto y de teflón.

-Horno.

Proceso de fabricación.

El proceso de fabricación del laminado, curado y desmoldeado del mismo es el descrito en el apartado 2.2, del presente capítulo.

3. Observaciones del Procedimiento Experimental.

De los ensayos previos realizados se observó:

-Se observó que los adhesivos curados a temperatura ambiente 7 días, rompían a menor valor de fuerza de rotura, que los ensayados después de curados con calor cinco horas a 50°C.

-La preparación de superficies usando diferentes tamaños de grano de papel de lija, influye en la rotura de la unión de modo directo, esto significa que para preparaciones superficiales de poca rugosidad, la rotura se produce valores menores de fuerza que para rugosidades mayores.

-La calidad superficial de los substratos también fue objeto de estudio, dando como resultado, mayores fuerzas de rotura las uniones cuyas superficies estaban libres de polvo u otras impurezas.

-En la aplicación del adhesivo con espátula, en vez de usando medios de dispensación en masa, se observó, la aparición de pequeños poros.