

Ensayos para la caracterización de pantallas serigráficas

M. MONZÓ¹, E. BOU¹, E. SÁNCHEZ¹, L. GARGALLO², C. ARRÉBOLA²

(1) Instituto de Tecnología Cerámica. Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas. Universitat Jaume I. Castellón. España.

(2) Gres de Nules, S.A.-Keraben, S.A.Nules. Castellón. España

La serigrafía es una técnica ampliamente utilizada para llevar a cabo la decoración de las baldosas cerámicas. Con ella se consigue reproducir el diseño existente en la pantalla serigráfica (tejido que contiene una máscara) sobre las baldosas haciendo pasar una suspensión (tinta serigráfica) a su través. Las características de las pantallas influyen en gran medida en la calidad de la reproducción del diseño, por lo que éstas deben ser controladas y mantenerse constantes dentro de las diferentes pantallas, que contienen un mismo diseño, empleadas en la fabricación de un modelo. La determinación de la tensión y el espesor de la pantalla son los únicos controles que se realizan, aunque no habitualmente, previa a la puesta en producción de la pantalla. En el presente artículo se detallan los ensayos a realizar con el objeto de llevar a cabo una adecuada caracterización de las pantallas serigráficas: determinación de las características del tejido, de la tensión, el espesor y el área libre de paso de la pantalla. Además, también se indican los ensayos puestos a punto con el objeto de determinar dos propiedades muy importantes relacionadas con la duración de la pantalla: la resistencia a la abrasión y la adherencia de la emulsión fotográfica al tejido de la pantalla. El empleo de los métodos de caracterización indicados permite llevar a cabo un adecuado control de las pantallas y así evitar problemas posteriores durante la utilización de las mismas en la línea de producción.

Palabras clave: Control, Pantallas Serigráficas, Decoración, Baldosas.

Printing screen characterisation tests

Screen-printing is a widespread tile decorating technique, in which a screen (masked fabric) design is reproduced on ceramic tile by putting a suspension (screen-printing ink) through the screen fabric. Screen characteristics greatly affect design reproduction quality, so that they need to be closely controlled and held steady across the various screens bearing the same design, which are used for producing a given model. The only controls that are sometimes conducted before the screen is put into production involve the determination of screen tension and thickness. The present study sets out the tests required to adequately characterise such screens. The tests comprise the determination of fabric characteristics and screen tension, thickness and open area. The paper also describes the tests that have been fine-tuned for determining two key properties relating to screen durability: abrasion resistance and bonding of the photographic emulsion to the screen fabric. Using these characterisation methods enables suitable screen control to be implemented, thus suppressing subsequent problems on using the screens in production.

Key words: Control, Printing screens, Decoration, Ceramic tiles.

1. INTRODUCCIÓN

El empleo de la serigrafía como método para la decoración de baldosas cerámicas permite la reproducción de dibujos con detalles finos. La calidad de esa reproducción depende de las características de las pantallas serigráficas, las cuales deben mantenerse constantes, tanto entre las sucesivas pantallas que, de un mismo modelo, se emplean en la producción de un lote, como entre éstas y las empleadas en la fabricación de lotes posteriores del mismo modelo.

Las características a controlar se han establecido teniendo en cuenta aquellas que pueden afectar a la calidad de la impresión y las que pueden afectar a la duración de la pantalla en la línea.

La variación en la tonalidad de las baldosas cerámicas es uno de los factores que influye en gran medida en la calidad del producto [1]. En las baldosas cerámicas decoradas por serigrafía la tonalidad de las mismas está afectada en gran

medida por la cantidad de tinta serigráfica depositada sobre la baldosa durante la operación de serigrafiado [2-3], la cual viene determinada por el *área de paso y el espesor de la pantalla* (cuanto mayores sean estas dos variables mayor será el volumen de tinta depositada sobre la baldosa).

Un inadecuado tensado de la pantalla serigráfica puede dar lugar a fallos en la impresión (variaciones en el depósito de tinta, mala calidad de la imagen impresa, etc.) [4-6], por lo que otra de las características a controlar será la *tensión de la pantalla serigráfica*.

La duración de la pantalla serigráfica en la línea depende de la resistencia que ofrezca ésta al desgaste mecánico que sufre debido al propio proceso de serigrafiado (fricción de la espátula y de la tinta con la pantalla y contacto de la pantalla con la baldosa), lo cual provoca una disminución del espesor de la pantalla y un aumento del área de paso, ambos fenómenos

debidos a una pérdida de emulsión [5][7]. Existen dos parámetros que pueden mostrar el comportamiento de una pantalla frente a este tipo de desgaste, que son la *resistencia a la abrasión y la adherencia de la emulsión a la tela*.

Estas características de las pantallas acabadas vienen afectadas por las propiedades de los tejidos que se hayan utilizado en su elaboración. Es por ello que una caracterización completa de la pantalla debería incluir la determinación de las propiedades del tejido, la cual debería realizarse antes de proceder al emulsionado e insolación de las pantallas a fin de descartar su utilización y así evitar problemas posteriores. Sin embargo, en la mayoría de los casos esto no es posible debido a que las empresas fabricantes de baldosas cerámicas no disponen de laboratorios serigráficos y reciben las pantallas serigráficas acabadas. Por lo tanto, los ensayos anteriores se ampliaron con los correspondientes a la caracterización del tejido, los cuales son: *determinación del espesor del tejido, del diámetro del hilo y de la abertura de malla*.

Seguidamente se detallan los ensayos a realizar para llevar a cabo una adecuada caracterización de las pantallas serigráficas acabadas. Algunos de estos ensayos ya están siendo realizados con determinada frecuencia por algunas empresas, como son la determinación del espesor y la tensión de la pantalla, sin embargo, para la realización de otras determinaciones, como resistencia a la abrasión o adherencia de la emulsión a la tela, ha sido necesario el desarrollo de procedimientos específicos.

2. DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE PANTALLAS SERIGRÁFICAS

Existe gran variedad de aparatos para medir el espesor que emplean principios de medida distintos, desde los muy simples y relativamente económicos, hasta los más sofisticados y consecuentemente más caros.

Por las características de la pantalla serigráfica, la medida de su espesor puede llevarse a cabo empleando equipos que operan con los siguientes métodos de trabajo:

- Mecánico.
- De inducción magnética.
- Corriente de Foucault (parásita).

Los medidores de espesor mecánicos suelen utilizarse para controlar el espesor del tejido antes del tensado. Tanto el medidor de espesor de inducción magnética como el de corriente parásita son equipos electrónicos, siendo el más utilizado el de inducción magnética.

2.1. Equipo de medida

En este trabajo se ha utilizado un medidor de espesor con microprocesador del tipo inducción magnética MINITEST 500 de la marca ELEKTRO-PHYSIK KOLN (figura 1). Dicho equipo consiste en una unidad portátil a la cual está conectado un sensor mediante un cable flexible. Los resultados de la medida se leen en una pantalla digital en la unidad portátil que, además, contiene un panel de control para las diferentes funciones. El instrumento incluye cuatro hojas de calibración y una placa metálica que se utiliza para realizar las medidas.

La medida se efectúa situando el objeto a medir sobre la placa metálica y poniendo en contacto el sensor con el objeto; de este modo se crea un campo magnético entre el sensor y la placa de metal, cuya intensidad varía en función del espesor



Figura 1. Equipo empleado en la realización de las medidas del espesor.

del objeto; esta intensidad se traduce en espesor, en micras, que se muestra en la pantalla digital de la unidad portátil. Este instrumento sólo mide sustancias no magnéticas, tal es el caso de los materiales de la pantalla (tejido y emulsión).

2.2. Procedimiento de ensayo

Un factor importante a tener en cuenta a la hora de realizarse la determinación del espesor de la pantalla es la cara de la misma por la cual efectuarlo (cara en la que el sensor se pone en contacto con la pantalla). Se comprobó que si las medidas de espesor se tomaban por la cara de la pantalla que está en contacto con la espátula, los valores obtenidos presentaban una gran dispersión; mientras que tomando las medidas de espesor por la cara de la pantalla que está en contacto con la baldosa, dichos valores presentaban una dispersión menor. Este hecho se debe a que la zona de la pantalla que está en contacto con la baldosa posee una mayor proporción de emulsión que la zona opuesta y, por ello, el acabado de la pantalla por dicha zona es más regular y homogéneo, siendo más fácil y representativa la medida del espesor.

En la figura 2 se muestra un corte transversal de una pantalla serigráfica; la parte superior corresponde a la zona que está en contacto con la baldosa, mientras que la parte inferior pertenece a la zona que está en contacto con la espátula, comprobándose lo expuesto anteriormente.

Tras la realización de diversos ensayos, se comprobó que como espesor de la pantalla debe tomarse un valor medio de varias medidas realizadas en distintas zonas de la misma. Las medidas deben efectuarse en lugares donde no hay diseño, para asegurar que se está determinando realmente el espesor de la pantalla acabada (tejido y emulsión). Por lo tanto, se consideró apropiado la realización de la medida del espesor en 10 zonas de la pantalla, distribuidas alrededor del diseño. Hay que tener la precaución de realizarlas antes de introducir la pantalla en producción, ya que el recubrimiento de ésta con laca o con cintas adhesivas altera el valor de la medida.

A modo de ejemplo se indican en la tabla 1 los resultados de la determinación del espesor de algunas pantallas serigráficas junto a sus errores absolutos, calculados teniendo en cuenta la incertidumbre del equipo de medida y la dispersión de las 10 medidas realizadas.

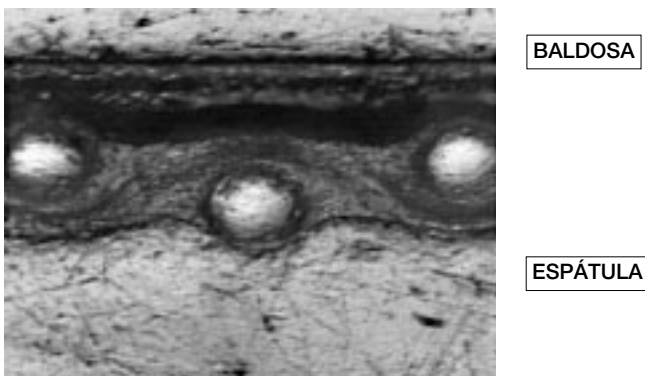


Figura 2. Corte transversal de una zona de una pantalla serigráfica (10 aumentos).

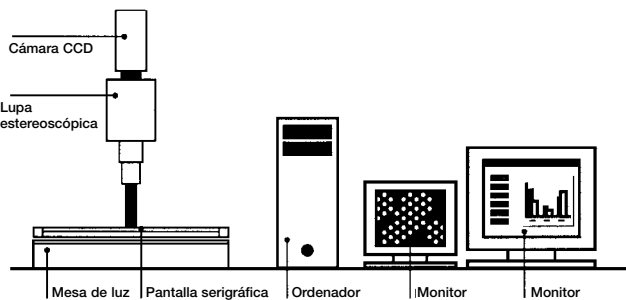


Figura 3. Esquema del dispositivo experimental utilizado para la determinación del área libre de paso

3. DETERMINACIÓN DEL ÁREA LIBRE DE PASO

Así como para determinar el espesor y la tensión de las pantallas serigráficas existen una serie de equipos con los que se pueden llevar a cabo, para la determinación del área de paso no hay equipos específicos, por lo que para su determinación, se utilizó un dispositivo desarrollado y patentado [8-9] por el Instituto de Tecnología Cerámica para tal fin.

3.1. Equipo de medida

El dispositivo experimental empleado, que se representa esquemáticamente en la figura 3, permite la observación de la superficie de las pantallas a través de una lupa estereoscópica. La imagen de la pantalla, convenientemente iluminada, puede ser capturada mediante una cámara CCD que permite la digitalización de las imágenes para que puedan ser tratadas informáticamente, mediante un programa de análisis de imágenes.

La resolución global del dispositivo de medida viene determinada por el sistema óptico, la cámara CCD, el monitor sobre el cual se presentan las imágenes capturadas, el programa de tratamiento de las imágenes y las condiciones de iluminación, fundamentalmente. Estos factores pueden ser considerados conjuntamente si, una vez definidos y fijados, se procede a la medición de un patrón. En un trabajo realizado con anterioridad [8] se calculó la resolución del dispositivo de medida mediante la determinación de la proporción de área opaca en fotolitos, los cuales habían sido obtenidos mediante filmadora láser de elevada resolución, con diferentes tramas. Se obtuvo una buena correlación entre los valores reales y los determinados mediante el sistema de análisis de imágenes, siendo el error relativo, respecto del patrón, inferior al 4%,

TABLA I. VALOR MEDIO DEL ESPESOR DE TRES PANTALLAS SERIGRÁFICAS DISTINTAS.

Pantalla	Espesor (μm)
A	66 \pm 3
B	103 \pm 3
C	78 \pm 3

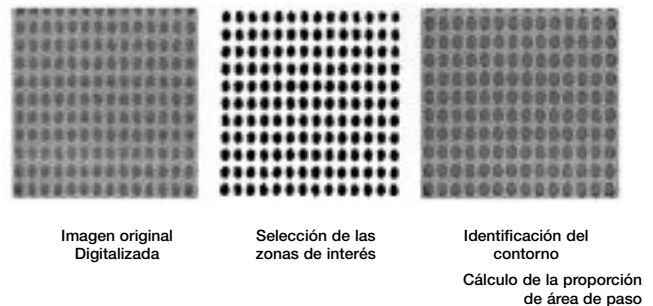


Figura 4. Etapas realizadas para la determinación de la proporción de área de paso

salvo para los valores de área opaca inferiores al 10%, en cuyo caso el error relativo era inferior al 15%.

La técnica utilizada para el análisis de la imagen de la pantalla digitalizada ha sido la correspondiente a la delimitación del contorno de los objetos, ya que la selección última del contorno no depende, tan marcadamente, del operador que maneja el sistema de medida y sí de la propia información contenida en la imagen, por lo que el método resulta ser suficientemente reproducible y preciso.

3.2. Procedimiento experimental

La pantalla se sitúa en el dispositivo experimental de modo que la zona más cercana a la fuente de luz sea la correspondiente a la que en producción estará en contacto con la espátula, en caso contrario la imagen obtenida no tiene una buena definición. Posteriormente se captura la imagen de la zona sobre la que se desea realizar la determinación y se procede a su tratamiento. En la figura 4 se indican las diferentes etapas que se realizan hasta obtener el valor del área de paso de dicha zona.

Para poder llevar a cabo un control rápido del área de paso es aconsejable disponer de pantallas serigráficas que posean impresas una "trama de control" con diferentes áreas de paso; de este modo se pueden realizar medidas en zonas de pequeño y elevado porcentaje de paso y llevar a cabo una comparación rápida entre pantallas. Se recomienda hacer como mínimo cinco medidas en zonas diferentes: una en el 50% de paso, dos para porcentajes inferiores a éste y otras dos para porcentajes superiores. El número de zonas a medir puede ampliarse en función de la existencia de algún problema específico.

En el caso de que las pantallas serigráficas no lleven impresa una "trama de control" puede realizarse la medida sobre una zona del diseño, aunque, para realizar una comparación entre pantallas, la elección de la zona debe realizarse con la mayor precisión posible, ya que pequeños desplazamientos de dicha zona pueden ser una fuente considerable de errores. En este supuesto también se aconseja realizar medidas en el diseño en varias zonas, como mínimo tres, con distinto paso. Aunque la exactitud de este último método es menor que en el anterior, puede resultar de gran ayuda cuando se supone que existen diferencias entre pantallas en una determinada zona del diseño.

4. DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN DEL TEJIDO

En la introducción se ha indicado que una inadecuada tensión del tejido puede dar lugar a una serie de problemas, de entre los cuales cabe destacar los siguientes:

- Si la tensión de la pantalla es demasiado baja puede ocasionar la aparición de una doble imagen en la impresión, así como el alargamiento de la misma. La baja velocidad de impresión y el hundimiento del tejido en pantallas grandes también son problemas causados por un tejido demasiado flojo.

- Una excesiva tensión en la pantalla, aparte de dar lugar a la rotura temprana de la misma, puede ocasionar la distorsión de la abertura de malla sobre todo en las esquinas del cuadro.

- Una tensión localizada desigual puede conllevar como consecuencia un depósito de tinta desuniforme.

Por todo ello, y dado que a nivel industrial se utilizan diariamente varias pantallas serigráficas, es necesario que éstas posean una tensión homogénea y adecuada.

4.1. Equipo de medida

Una de las formas más prácticas y cómodas de supervisar la tensión de la pantalla serigráfica durante el proceso de tensado y después de él, es haciendo uso de un medidor de tensión o tensiómetro (figura 5). Este instrumento fue uno de los primeros adoptados por los fabricantes de pantallas, cuando la industria empezó a conocer que la tensión de la pantalla tenía influencia directa en la calidad de impresión y la consistencia.

El medidor de tensión es un instrumento que puede ser mecánico o electrónico. Ambos tipos se basan en el mismo principio de funcionamiento: utilización de una sonda que trabaja contra el tejido estirado. La medida que da la escala o la pantalla varía en función del grado de tensión del tejido. La unidad de medida adoptada en la actualidad es el Newton por centímetro.

4.2. Procedimiento experimental

La medida de la tensión en el cuadro de la pantalla se realiza en cinco puntos de control para garantizar que la tensión sea uniforme. Uno de esos puntos deberá encontrarse en el centro de la pantalla y los otros cuatro en cada una de las esquinas del marco; en estos últimos hay que tener en cuenta que la medida debe realizarse a unos 10 cm, aproximadamente, del borde interior del marco, ya que las medidas demasiado cercanas al marco dan tensiones más altas, que serán diferentes a las del centro de la pantalla. Cada medida de la tensión debe realizarse en las dos direcciones (urdimbre y trama).

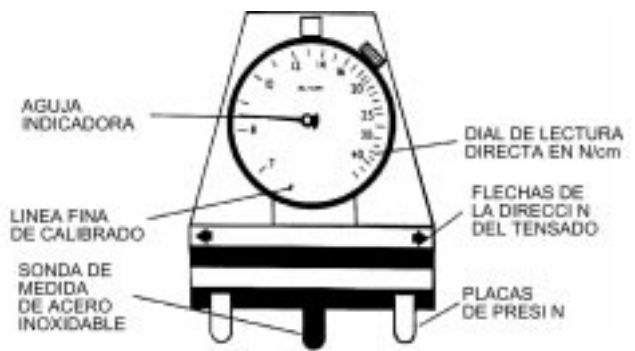


Figura 5. Medidor de tensión o tensiómetro



Figura 6. Equipo de medida de la resistencia a la abrasión de materiales.

Los valores de tensión de la pantalla dependen en gran medida del modelo que se esté fabricando y de las propias condiciones de trabajo que utiliza cada empresa. Habitualmente, los valores de tensión se encuentran alrededor de los 15 N. Dentro de una misma pantalla, los valores de la tensión no deben superar una diferencia de 1N.

5. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Este ensayo se ha puesto a punto con el objeto de evaluar el deterioro que sufre la pantalla con el tiempo debido al contacto con la espátula y con la baldosa cerámica. Se puede considerar que este deterioro es provocado por un fenómeno de abrasión de la pantalla, por ello, para poder establecer el comportamiento de cada pantalla se procedió a la puesta a punto de un sistema que permitiese determinar la resistencia a la abrasión de las pantallas serigráficas acabadas.

La pantalla serigráfica no es más que un tejido recubierto de una emulsión, luego, para determinar su resistencia a la abrasión, pueden utilizarse los equipos existentes en el mercado para la determinación de esta propiedad en tejidos [10].

5.1. Equipo de medida

El equipo de medida utilizado fue un abrasímetro digital TABER normalizado, modelo 5131 con pantalla de lectura digital. En la figura 6 se muestra una fotografía del mismo.

El abrasímetro consta de dos partes fundamentales que son: por un lado, la unidad de vacío y, por el otro, el abrasímetro propiamente dicho.

La unidad de vacío se utiliza con la finalidad de aspirar el polvo que se desprende como consecuencia del rozamiento entre la probeta ensayada y el medio abrasivo.

Forman parte del abrasímetro dos ruedas abrasivas (figura 6, 1) que son el material utilizado para abrasionar la superficie a ensayar. Existen varios tipos de ruedas, siendo la diferencia entre ellas el poder abrasivo. La situación de las dos ruedas reside en el centro del equipo, alrededor de la boquilla de aspiración (figura 6, 2).

En la parte exterior de cada una de las ruedas se encuentra la posición preparada para la colocación de la carga, formando todo ello las denominadas cabeceras abrasivas. Normalmente se utilizan las siguientes cargas: 250, 500 y 1000 gramos. Cuando no se usa ningún peso la carga aplicada es de 250 gramos; para trabajar con cargas de 500 y 1000 gramos existen unas pesas (figura 6, 3) que encajan adecuadamente en el montaje.

En la parte inferior de las cabeceras abrasivas se encuentra el plato giratorio (figura 6, 4) donde se situará la muestra a ensayar; dicha muestra puede ser fijada mediante un aro que posee un tornillo de sujeción.

Finalmente, en la zona delantera del abrasímetro se encuentra el panel de mandos (figura 6, 5) desde el cual se le da el orden para que realice el número de ciclos que se desee, así como la puesta en marcha de la unidad de aspiración.

5.2. Procedimiento de ensayo

En la realización de un ensayo de abrasión de este tipo era necesario obtener un fragmento del tejido de la pantalla serigráfica de tamaño adecuado. Dicho fragmento se preparó a partir de una zona de la pantalla donde no existía diseño, ya que en la parte del diseño la resistencia a la abrasión se puede ver afectada por la menor cantidad de emulsión presente.

El tejido que se sometía al ensayo de abrasión era pesado con el objeto de poder determinar, tras la realización del ensayo de abrasión, la pérdida de peso que sufría éste como consecuencia del desgaste a que había sido sometido.

Con el objeto de establecer las condiciones para la realización del ensayo, fue necesario efectuar una serie de medidas en las que se modificaron de forma controlada las siguientes variables:

- Tipo de abrasivo

Se ensayaron dos tipos: el CALIBRADE H-18, más enérgico, y el CALIBRADE CS-10.

- Carga sobre las ruedas abrasivas

Se efectuaron ensayos con las tres cargas posibles 250, 500 y 1000 g.

- Zona de la pantalla en la que se efectúa la abrasión

Se realizó sobre las dos caras de la pantalla.

- Número de ciclos de abrasión.

Se efectuaron ensayos desde 100 hasta 1000 ciclos de abrasión.

Tras la realización de los distintos ensayos, modificando las distintas variables en estudio, se concluyó que la utilización del abrasivo H-18 provocaba una rotura de la tela de la pantalla, por lo que se procedió a utilizar el abrasivo CS-10. Con este abrasivo la carga de 1000g era la que provocaba un desgaste que se podía cuantificar con mayor exactitud. Se observó que si se realizaban los ensayos en la zona de la pantalla

que está en contacto con la espátula los valores de pérdida de masa eran muy pequeños, por lo que se decidió realizarlos sobre la zona que está en contacto con la baldosa. Se ensayaron 1000 ciclos de abrasión, tomados de 100 en 100, llegando a la conclusión de que este valor de pérdida de peso a 1000 ciclos de abrasión podía utilizarse para comparar pantallas en cuanto a su resistencia a la abrasión.

A partir de todos los ensayos realizados se obtuvieron las condiciones que se consideran adecuadas para la realización de este ensayo, las cuales fueron:

- Abrasivo: CALIBRADE CS-10.

- Carga: 1000 g.

- Zona de la pantalla: la que está en contacto con la baldosa.

- Número máximo de ciclos de abrasión: 1000 aplicados en intervalos de 100.

A modo de ejemplo se muestran los ensayos realizados sobre una pantalla serigráfica que fue utilizada en el serigrafiado de baldosas cerámicas y que fue descartada debido al elevado deterioro por abrasión que presentaba. Este deterioro se veía reflejado en una pérdida de espesor de la zona que estaba en contacto con las piezas a serigrafiar (disminución del espesor en 8 mm). En la figura 7 se muestra un corte transversal de la pantalla en la zona no abrasionada (a) y en la zona que había sufrido la abrasión (b). En ella puede observarse la pérdida de emulsión que se ha producido.

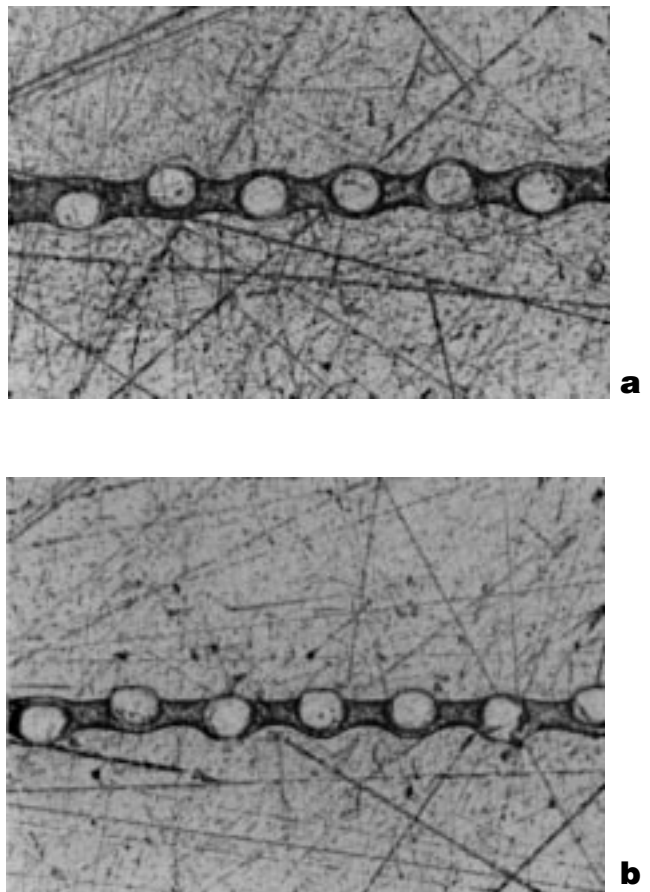


Figura 7. Corte transversal de una pantalla utilizada industrialmente (182 aumentos). a) Zona que no ha sufrido la abrasión y b) Zona abrasionada.

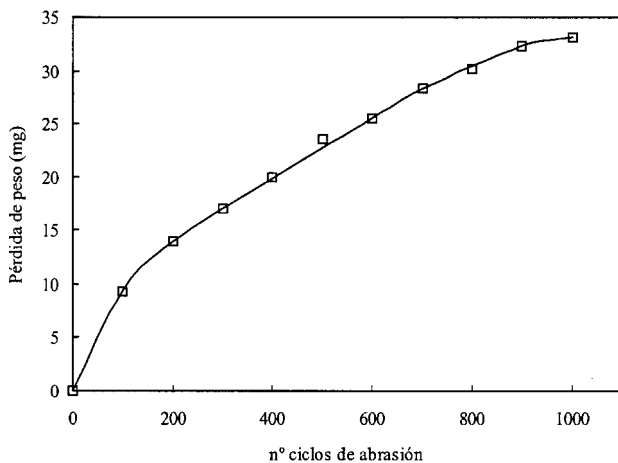


Figura 8. Pérdida de peso de la porción de pantalla ensayada en función del número de ciclos de abrasión.

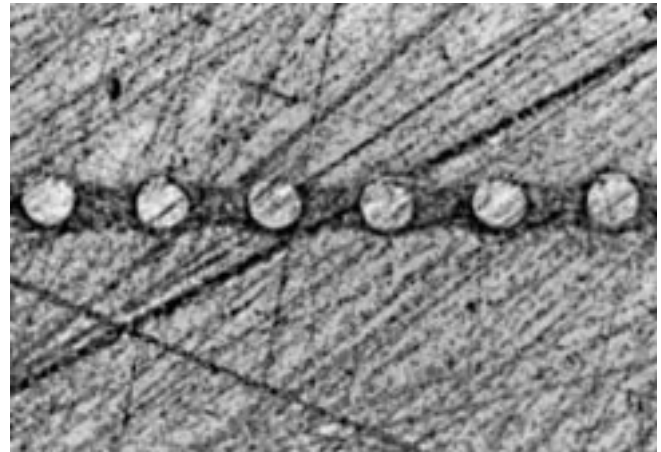


Figura 9. Corte transversal de la porción de pantalla sometida a 500 ciclos de abrasión. 182 aumentos.

De las esquinas de la pantalla en las que la espátula no llegaba a hacer contacto se cortaron probetas con el objeto de someterlas a la abrasión en el abrasímetro TABER. Una de estas probetas se sometió a 1000 ciclos de abrasión, obteniéndose la pérdida de masa que se muestra en la figura 8.

A la probeta sometida a 1000 ciclos de abrasión se le determinó la pérdida de espesor que había experimentado, la cual resultó ser de $12\mu\text{m}$, algo superior a la obtenida industrialmente.

Debido al sistema de sujeción de la porción de pantalla en el abrasímetro, la medida del espesor no se puede registrar de forma continua, como se realiza con la masa. Por lo tanto, para poder conocer cuántos ciclos de abrasión corresponden a un desgaste similar al industrial se procedió a someter a una porción de la pantalla a 500 ciclos de abrasión y, posteriormente, se le determinó la disminución de espesor que había experimentado, comprobándose que éste era de $9\mu\text{m}$, muy similar a la obtenida industrialmente. Con el objeto de comprobar si el desgaste ocasionado por este sistema es similar al que ocurre industrialmente se procedió a observar, transversalmente, la probeta sometida a los 500 ciclos de abrasión; en la figura 9 se muestra una fotografía de dicha zona. En ella se puede observar que la abrasión ocasionada con este método es muy similar a la que se obtiene industrialmente.

6. ADHERENCIA DE LA EMULSIÓN AL TEJIDO

Una mala o insuficiente adherencia de la emulsión al tejido puede traer como consecuencia defectos que surgirán a lo largo de la utilización de la pantalla. Entre los más comunes se encuentran: el desgaste prematuro de la pantalla y la falta de definición del punto. Esta deficiente adherencia de la emulsión al tejido puede ser debida a causas como una inadecuada exposición de la pantalla, pero también, aunque quizás con algo menos de importancia, a un tejido mal desengrasado, una malla demasiado basta o una pantalla no secada totalmente antes de la impresión, entre otras.

No existe un método ya establecido para la determinación de la adherencia de la emulsión al tejido de la pantalla, por lo que se procedió a la puesta a punto tanto del equipo necesari-

rio para efectuar la determinación como del procedimiento experimental a utilizar.

Como base para el desarrollo de este ensayo se tomó la norma UNE 48-387-79, la cual indica el método utilizado para determinar la fuerza de adherencia entre las varias capas de un tejido unidas por una sustancia adhesiva.

En las pantallas serigráficas acabadas se pretende determinar la fuerza de adherencia entre la emulsión y el tejido. Con el objeto de realizarlo de una forma similar a la expuesta en la norma indicada anteriormente, se procedió a adherir dos fragmentos del tejido emulsionado, correspondientes a la pantalla acabada, mediante una sustancia de mayor poder de adhesión que el presentado por la emulsión al tejido. De esta forma, al separar los dos fragmentos se producirá el despegue de la emulsión del tejido, pudiendo conocer de esta forma la fuerza de adherencia existente entre ambos.

Para la realización de este ensayo fue necesario disponer de un equipo adecuado para determinar la fuerza de adherencia y de la sustancia adhesiva idónea para pegar los fragmentos del tejido.

6.1. Equipo de medida

Se utilizó una máquina de ensayos universales de la marca INSTRON, en la cual se instaló un dispositivo que permitía separar los dos fragmentos de la pantalla unidos por un adhesivo (figura 10). Dicho dispositivo dispone de dos pinzas que permiten la sujeción del tejido mediante un sistema neumático; una de ellas está suspendida del sensor de fuerza (figura 10, pinza superior) y la otra se encuentra situada sobre la traviesa (figura 10, pinza inferior).

La probeta a ensayar era preparada de tal modo que en uno de sus extremos los dos fragmentos del tejido emulsionado quedasen sin adherir, con el fin de poder sujetarlos con las pinzas (uno con cada pinza) y así facilitar el inicio de la separación de la emulsión del tejido. La separación viene provocada por el movimiento descendente de la traviesa; el valor de la fuerza que provoca la separación es registrado por el sensor de fuerza, obteniéndose como resultado del ensayo una serie de valores de fuerza en función del desplazamiento.



Figura 10- Montaje para la determinación de la adherencia de la emulsión al tejido.

Durante la separación de la emulsión del tejido la fuerza se mantiene prácticamente constante y su valor es la denominada fuerza de adherencia.

6.2. Procedimiento experimental

Como ya se ha indicado anteriormente, los ensayos se realizaron del modo indicado en la norma UNE 40387: 1979 “Determinación de la fuerza de adherencia entre varias capas de tejido unidas por un adhesivo”.

Así pues, las probetas debían ser de un tamaño de 50x150 mm por lo que se cortaron dos tiras de la pantalla acabada de este tamaño y se pegaron dejando un extremo de aproximadamente 40 mm sin adherir. Se confeccionaron dos probetas en el sentido de la urdimbre y otras dos en el sentido de la trama del tejido.

El pegado se llevó a cabo por el lado del tejido en el que la pantalla estaba en contacto con la baldosa, ya que como se ha comprobado anteriormente (figura 2), es donde más emulsión existe, lo cual facilita el despegue de la emulsión del tejido, hecho comprobado experimentalmente.

Tras el pegado se acondicionaron las probetas durante 24 horas en atmósfera standard (65% humedad relativa y 20°C). Transcurrido este tiempo se procedía a la realización del ensayo.

Se ensayaron diferentes adhesivos con pantallas que contenían emulsiones distintas, comprobándose que el poder de adhesión dependía de la emulsión a pegar, no encontrándose un adhesivo que actuase igual con todas las emulsiones ensayadas.

Debido a ello se procedió a utilizar como adhesivo la propia emulsión, obteniéndose resultados satisfactorios. El pegado se realizaba aplicando una fina capa de emulsión entre los dos trozos de pantalla a ensayar, encarados por la zona que está en contacto con la baldosa; la emulsión se secaba aplicando aire caliente durante aproximadamente 5 minutos, y posteriormente se procedía del modo indicado anteriormente.

Como ejemplo del ensayo, en la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para varias pantallas serigráficas. Únicamente se indica el valor medio, ya que se obtuvo la misma fuerza de

TABLA II. RESULTADOS DEL ENSAYO DE ADHERENCIA DE LA EMULSIÓN AL TEJIDO DE LA PANTALLA.

Referencia	Fuerza de adherencia (N)
D	9±1
E	29.7±0.7
F	19±1
G	59±1

adherencia para las probetas preparadas en el sentido de la urdimbre que en el sentido de la trama del tejido.

La pantallas D y E presentaban distinto tipo de emulsión. La diferencia existente entre la pantalla E y F era el número de hilos (77 y 60 hilos/cm, respectivamente), presentando esta última problemas de despegue de la emulsión durante la utilización de la pantalla en línea. La pantalla G había sido fabricada de igual modo que la E, pero utilizando un tejido tratado para mejorar la adherencia de la emulsión al tejido.

7. CARACTERIZACIÓN DEL TEJIDO

Como ya se ha indicado en la introducción, la caracterización del tejido debería realizarse en la pantalla serigráfica previamente al emulsionado y la insolación para evitar con ello problemas posteriores. Esta caracterización puede llevarse a cabo sobre una pantalla serigráfica acabada en una zona del diseño o de la trama de control donde exista un área de paso del 100%.

La caracterización consistirá en la determinación del espesor del tejido, del diámetro del hilo y de la abertura de malla.

La medida del espesor del tejido se realizará de la forma indicada en el apartado 2, en una zona de la pantalla serigráfica donde no exista emulsión.

La determinación del diámetro del hilo y de la abertura de malla se efectuará mediante el equipo utilizado para el cálculo del área de paso en la pantalla serigráfica (apartado 4.1). Se captura una imagen de la pantalla, mediante el montaje indicado en la figura 3, en una zona donde existe un 100% de área de paso. A partir de esta imagen, y mediante el empleo del análisis de imágenes, puede realizarse la medida del diámetro del hilo y de la abertura de malla, teniendo en cuenta los aumentos de la lupa estereoscópica. Para el cálculo de ambos parámetros se realizaron varias medidas dando como resultado un valor medio con su error correspondiente.

A modo de ejemplo en la tabla 3 se muestran algunos resultados de la caracterización del tejido en diferentes pantallas acabadas.

TABLA III. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL TEJIDO EN PANTALLAS SERIGRÁFICAS ACABADAS.

Pantalla	Espesor del tejido (µm)	Diámetro del hilo (µm)	Abertura de malla (µm)
H	76±1	40±4	74±4
I	78±1	48±3	60±3
J	86±1	72±5	87±4
K	80±1	56±3	72±4

Las pantallas H e I habían sido preparadas, según el fabricante, con el mismo tejido, sin embargo, puede observarse las diferencias existentes en sus características, al igual ocurre con las pantallas J y K.

8. CONCLUSIONES

En el presente artículo se presentan los métodos para la caracterización de las pantallas serigráficas, algunos de los cuales han sido puestos a punto específicamente para tal fin. Dichos métodos permiten llevar a cabo un adecuado control de las pantallas, y así evitar problemas posteriores durante la utilización de las mismas en la línea de producción de baldosas cerámicas.

Un adecuado control de las pantallas consistiría en llevar a cabo una caracterización completa, sin embargo, esto no es posible debido al elevado consumo de tiempo que requeriría y a que algunas de las determinaciones conllevan la destrucción de la pantalla (resistencia a la abrasión y adherencia de la emulsión al tejido).

Por lo tanto, se considera que, previamente a la puesta en producción de una pantalla serigráfica, se deberían controlar: la tensión, el espesor y el área de paso (en una "trama de control"). Con estos tres parámetros se garantiza una buena calidad en la impresión.

La resistencia a la abrasión y la adherencia de la emulsión a la tela van a depender principalmente del tipo de emulsión y del proceso de insolación de la pantalla.

El espesor de la capa de emulsión puede ser controlado mediante la determinación del espesor de la pantalla acabada, ya que para igualdad de características del tejido (lo cual debería controlarse previamente al emulsionado) una variación en el espesor de la pantalla indicará una modificación en el espesor de la capa de emulsión. Por otro lado, el proceso de insolación también puede ser controlado mediante la determinación del área de paso, ya que para el resto de variables

constantes, una variación en su valor indicará un distinto endurecimiento de la emulsión.

Teniendo en cuenta todo esto, para una pantalla que haya sido emulsionada e insolada del mismo modo, las propiedades de resistencia a la abrasión y adherencia de la emulsión al tejido deberían mantenerse constantes. Por lo tanto, en principio se considera adecuado determinar estas dos propiedades únicamente cuando se proceda a realizar un cambio en el tipo de tejido o en las características de la emulsión.

BIBLIOGRAFÍA

1. F. Negre; A. Moreno; E. Sánchez, *et al.* Factores que influyen sobre la variabilidad de la tonalidad de baldosas cerámicas. Ponencia presentada al XXXIV Congreso Anual de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. L'Alcorta (Castellón), 14-17 de Septiembre, 1994. (No publicada)
2. F. Negre; V. Sanz; S. Giménez, *et al.* Estado actual de la técnica de decoración de baldosas cerámicas mediante serigrafía. Ponencia presentada al XXXIV Congreso Anual de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. L'Alcorta (Castellón), 14-17 de Septiembre, 1994. (No publicada)
3. J. Peñalver; V. Martí; J. Portolés, *et al.* Estudio de las variables de control de aplicación serigráfica y su influencia sobre la dispersión de tonalidades en baldosas. EN: *IV Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico (QUALICER)*. Castellón: Cámara Oficial de Industria Comercio y Navegación, 1996, p. 323-335.
4. A. Kosloff. *Screen printing techniques*. 3ª ed. Cincinnati: ST Publications, 1993.
5. A. Peyskens. *Fundamentos técnicos de la realización de pantallas para serigrafía*. Appiano Gentile: Saati, 1991.
6. T. Mara. *Manual de serigrafía*. Barcelona: Blume, 1987.
7. G. Guerrieri. *La serigrafía sulle piastrelle in ceramica*. Faenza: Faenza Editrice, 1980.
8. F. Negre; A. Moreno; S. Gimenez, *et al.* Control de pantallas serigráficas utilizadas en la decoración de baldosas cerámicas. EN: *XXXVI Congreso Nacional de Cerámica y Vidrio: libro de resúmenes*. Arganda del Rey, Madrid: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1996, p. 132.
9. AICE. Dispositivo para el control de pantallas serigráficas. Patente Española P9400337
10. ISO 5470-1980 Rubber or plastics coated fabrics. Determination of abrasion resistance.
11. UNE 40387: 1979. Determinación de la fuerza de adherencia entre varias capas de tejido unidas por un adhesivo.

Recibido: 17.03.00
Aceptado: 31.08.00

10 th International Meeting on Ferroelectricity
September 3-7—2001 Spain

ORGANISED BY:

The IMF-10 Organizing Comité

COORGANISED BY:

Universidad Autónoma de Madrid
Universidad Politécnica de Madrid (E.T.S.I.T.)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Real Sociedad Española de Física
Academia de Ingeniería de España
Sociedad Española de Cerámica y Vidrio

Mailing Address: IMF-10 Secretariat: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. CSIC.
Ctra. Valencia, km. 24,300 • 28500 Arganda del Rey • Ph: +34 91 871 18 00 • Fax: +34 91 870 0550
E-mail: imf10@etsit.upm.es • http://www.imf10.etsit.upm.es