

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE IMPRESIÓN POR CHORRO DE TINTA PARA BALDOSAS CERÁMICAS

Osamu Watanabe, Takeshi Hibino y Masashi Sakakibara

LIXIL Corporation, Tokoname, Japón

RESUMEN

El sistema de impresión por chorro de tinta tiene muchas ventajas comparado con los sistemas convencionales de impresión. Por ejemplo, se pueden imprimir trabajos sobre superficies cóncavo-convexas, ya que la impresión por chorro de tinta es un sistema de impresión sin contacto. El sistema de impresión por chorro de tinta permite también imprimir trabajos directamente a partir de datos digitales, por lo que no se requieren útiles de impresión ni tiempo para el cambio de estos útiles. Las piezas pueden ser producidas en el momento en que se necesiten. Además, todo lo que tenemos que hacer es preparar solo tintas de los cuatro colores de referencia, así que no es necesario preparar tintas de prueba de diferentes colores. Por estas razones, se espera que el sistema de impresión por chorro de tinta continúe desarrollándose en la industria cerámica.

Actualmente varios tipos de sistemas han sido desarrollados y puestos en práctica.

Nuestra empresa ha desarrollado también su propio sistema. En este sistema, se utiliza el método piezoeléctrico de gota bajo demanda. Las tintas utilizadas son suspensiones acuosas de cuatro colores: negro, magenta, azul y amarillo, lo que presenta una gran ventaja comparado con las tintas basadas en disolventes orgánicos. La resolución de este sistema es de 360dpi, la máxima anchura imprimible es de 460mm y la capacidad de impresión es de 24m/min, organizando los cabezales de impresión en 13 filas incluyendo cuatro colores.

Varios tipos de productos han sido comercializados en el mercado japonés utilizando este sistema de impresión por chorro de tinta.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos diez años, se han estudiado las posibilidades de decoración de baldosas cerámicas mediante la impresión por chorro de tinta y se han realizado avances significativos en las tecnologías subyacentes de diseño de impresión y formulación de tintas. En estos momentos se encuentran en el mercado varios sistemas de impresión^[1], tanto para su utilización en línea como fuera de línea. A finales del 2010 había un total de 548 máquinas para la decoración de baldosas cerámicas. Y las previsiones para el 2011 no muestran signos de desaceleración^[2].

La razón por la que la tecnología de impresión por chorro de tinta se ha extendido tan rápidamente son sus ventajas comparado con los sistemas tradicionales de decoración de baldosas cerámicas.

En primer lugar, es un proceso digital. La ubicación de cada gota de material puede ser determinada en un plano x-y, y si es necesario puede en principio ser cambiada en tiempo real, por ejemplo para ajustar la distorsión o falta de alineación del sustrato. Como el modelo a ser impreso se guarda como datos digitales, puede haber un ahorro significativo de costes sobre los procesos que implican el uso de fotolitos o plantillas.

En segundo lugar, es un método sin contacto. Las únicas fuerzas que son aplicadas sobre el sustrato resultan del impacto de gotas muy pequeñas de líquido. Superficies no planas pueden ser impresas, ya que el proceso tiene lugar a una distancia de al menos 1mm, y en algunos casos mucho más.

En tercer lugar, un amplio rango de materiales puede ser depositado. Las únicas limitaciones en el momento de la impresión son que el material está en forma líquida y debe presentar unas propiedades físicas (principalmente viscosidad y tensión superficial) dentro de un intervalo apropiado. Los pigmentos, colorantes, fritas y partículas metálicas pueden ser impresas a partir de suspensiones, así como un amplio intervalo de otros materiales que pueden ser utilizados para conferir funcionalidades ópticas y electrónicas.

En concreto, se han señalado los siguientes beneficios en comparación con los sistemas convencionales de impresión. La definición de la imagen digital y la flexibilidad del proceso significan que cada baldosa puede ser diferente si se requiere, permitiendo una representación más realista de materiales naturales como la piedra, y también la posibilidad de imprimir una sola vez productos como murales o suelos únicos. Diferentes patrones de baldosas pueden ser procesados de forma secuencial o incluso juntos. Se pueden conseguir imágenes de alta definición. Los tiempos totales de producción de prototipos y nuevos productos se acortan. La personalización, a través de pequeños cambios de un diseño base, es muy sencilla. El almacenamiento de los diseños en forma de datos digitales es simple y de bajo coste. La impresión de borde a borde permite patrones sin interrupción a través de los límites de la baldosa. Las baldosas con perfil pueden ser decoradas automáticamente evitando la costosa manipulación manual. Los tiempos de ajuste

son significativamente menores que en los métodos convencionales de impresión. Los cambios en el tamaño de imagen pueden ser realizados fácilmente para ser adaptados a diferentes tamaños de baldosas. Las posibilidades del procesado del color se alcanzan con una pequeña variedad de tintas, típicamente los cuatro colores estándar (CMYK) utilizados en los sistemas convencionales de impresión: cyan, magenta, amarillo y negro. Hay un uso más eficiente de las tintas, y por lo tanto menos desperdicios. Las dimensiones de la máquina son menores que las de procesos convencionales.

La mayoría de las tintas cerámicas para impresión por chorro de tintas introducidas en la industria cerámica consisten en una fase sólida y una fase líquida no acuosa [3]. Nuestra empresa ha desarrollado su propio sistema utilizando tintas de suspensión acuosa. Estas tienen una gran ventaja comparado con las tintas de disolventes orgánicos. En este trabajo, se describe a grandes rasgos nuestro sistema de impresión por chorro de tinta.

2. ESQUEMA DEL SISTEMA DE IMPRESIÓN POR CHORRO DE TINTA

En primer lugar, la composición de un sistema de impresión por chorro de tinta se muestra en la Fig. 1. El sistema no solo se compone de una máquina de impresión por chorro de tinta sino también de tintas acuosas cerámicas, esmalte y ajuste del diseño. La impresión por chorro de tinta se ha integrado en la tecnología cerámica.

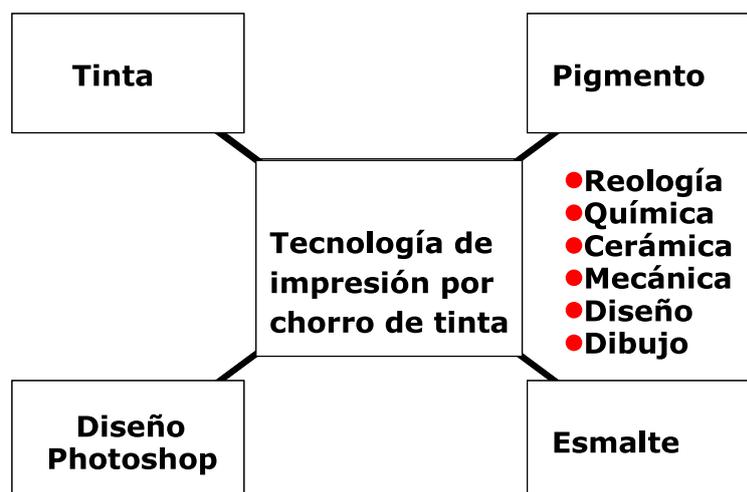


Fig. 1 Composición de un sistema de impresión por chorro de tinta

En principio, el proceso por el cual la impresión por chorro de tinta puede ser utilizada para decorar baldosas cerámicas es sencillo. Para integrar la impresión por chorro de tinta eficientemente en una línea de producción de baldosas, se requiere un proceso de una única pasada, en el cual las baldosas cerámicas pasan en

un flujo continuo a través de la máquina de impresión. En este paso único, la impresora debe depositar con precisión y fiabilidad la intensidad correcta de color en toda de la superficie a ser decorada. La Fig. 2 muestra el aspecto de la impresora por chorro de tinta y la Fig. 3 muestra esquemáticamente los componentes de un sistema de impresión de una única pasada y de cuatro colores.



Fig. 2 Aspecto de un sistema de impresión por chorro de tinta.

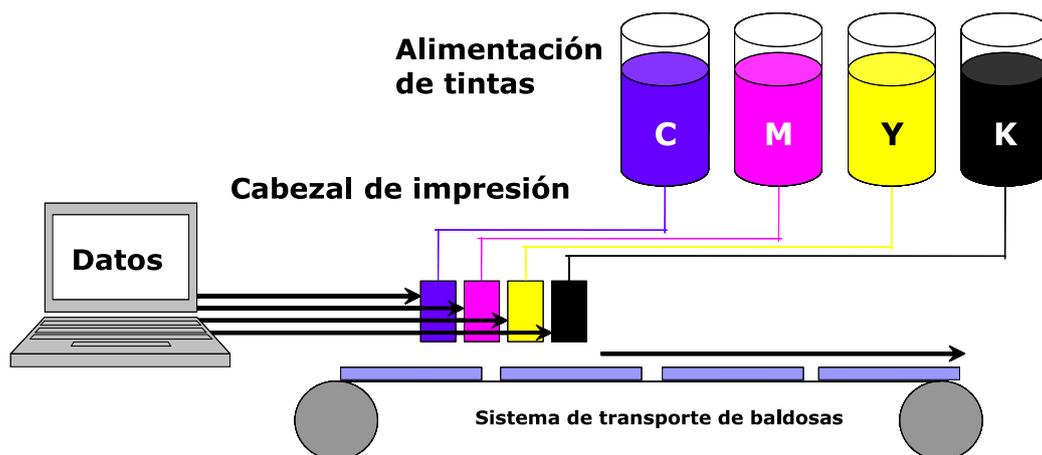


Fig. 3 Esquema de los componentes del sistema

Para cada color, los cabezales de impresión se montan en serie (conocido como una impresora) que presenta una línea continua de inyectores a los largo de la anchura de la baldosa. En este caso, 13 cabezales de impresión se disponen en línea.

3. TINTAS PARA LA DECORACIÓN DE LAS BALDOSAS CERÁMICAS

3.1. Composición de las tintas cerámicas

Las tintas utilizadas para la decoración de baldosas cerámicas deberán cumplir al menos dos requisitos importantes. En primer lugar, deben tener un comportamiento reológico correcto y otras propiedades para poder ser utilizadas en este proceso, es decir se deben poder imprimir. En segundo lugar, deben desarrollar el color final deseado después de su aplicación sobre la baldosa y su posterior procesado. En las tintas acuosas cerámicas, las tintas se componen de pigmento (15-20%), desfloculante (hasta un 1.0%), modificadores de tensión superficial (aproximadamente 1.0%), glicerina (30-40%) y agua (40-50%). La glicerina se utiliza para prevenir el secado de las tintas. Y los aditivos químicos, es decir desfloculantes y modificadores de tensión superficial se utilizan para estabilizar las propiedades físicas de las tintas.

3.2. Preparación de los pigmentos para las tintas

Las propiedades físicas y químicas de las tintas cerámicas se muestran en la tabla 1. El tamaño de partícula de los pigmentos en las tintas para impresión por chorro de tinta debería estar por debajo de los 150nm. Normalmente, casi todos los pigmentos pierdan su color con una molturación fina. Se requiere que los pigmentos utilizados para la impresión por chorro de tinta no pierdan demasiado color incluso a tamaños de partícula muy finos. Los pigmentos se han desarrollado en cooperación con una empresa de fabricación de pigmentos. Estos son preparados por molturación a tamaños por debajo de 150nm antes de ser disparados con el fin de mantener sus colores.

	Cyan	Magenta	Amarillo	Negro
Pigmento	Co-Al	Cr-Sn	Ti-Cr-Sb	Co-Cr-Fe-Al-Ni-V
Tamaño de partícula (nm)	90	<150	<150	<150
Tensión superficial estática (mN m ⁻¹)	<30	<30	<30	<30

Tabla 1 Propiedades físicas y químicas de las tintas cerámicas

Las tintas preparadas por medio de este proceso de síntesis son susceptibles a los fenómenos de inestabilidad que se derivan de las dispersiones sólido-disolvente por debajo de la micra. El primero de estos fenómenos es la migración de las partículas, la cual podría provocar una excesiva sedimentación de la fase sólida. El uso de aditivos especiales en la etapa de formulación de la tinta y un proceso de molienda adecuado ayuda a frenar considerablemente este proceso.

3.3. Aditivos químicos para la estabilización de las tintas cerámicas

Otro fenómeno típico asociado con la molturación por debajo de la micra es la aglomeración. Debido a la elevada superficie específica que se crea y a las cargas que se forman en la superficie de las partículas individuales, durante la molturación estas partículas tienen tendencia a volverse a agregar y formar aglomerados (un proceso conocido como floculación). Por esta razón es muy importante en el proceso de preparación de la tinta estabilizar las partículas para evitar que tenga lugar el fenómeno de floculación con el tiempo^[4].

Estos fenómenos de floculación deben evitarse a toda costa, porque la formación de estos agregados causa la obstrucción de los inyectores del cabezal que da lugar a defectos (rayas) en la baldosa impresa. Las partículas pueden ser estabilizadas para evitar la floculación por adición de un copolímero policarboxílico de injerto. Se trata de recubrir las partículas con polímeros cuyas cadenas finales actúan como separadores físicos o espaciadores entre las partículas. Este proceso se denomina estabilización estérica. Este es el método más ampliamente utilizado en la preparación de tintas cerámicas pigmentadas. La Fig. 4 ilustra la estabilización estérica de un copolímero policarboxílico de injerto.

Las tintas se caracterizan por numerosas propiedades físicas y químicas, algunas de las cuales (velocidad, tamaño, consistencia de la gota) afectan de manera significativa a su capacidad de ser disparada a través de los cabezales de impresión utilizando la tecnología de gota bajo demanda.

Viscosidad, tensión superficial y densidad son todos los factores que en cierto grado influyen en la formación de la gota. La onda de sonido generada por la deformación del elemento piezoeléctrico, la cual hace que las gotas salgan del inyector del cabezal de impresión, es fuertemente dependiente de la viscosidad. El uso de tintas con un comportamiento lo más cerca posible al newtoniano y con valores de viscosidad entre 7-11cp asegura una formación de gota óptima sin la formación de gotas satélite no deseadas (gotas mucho más pequeñas situadas alrededor de la gota principal) que da lugar a defectos durante la impresión.

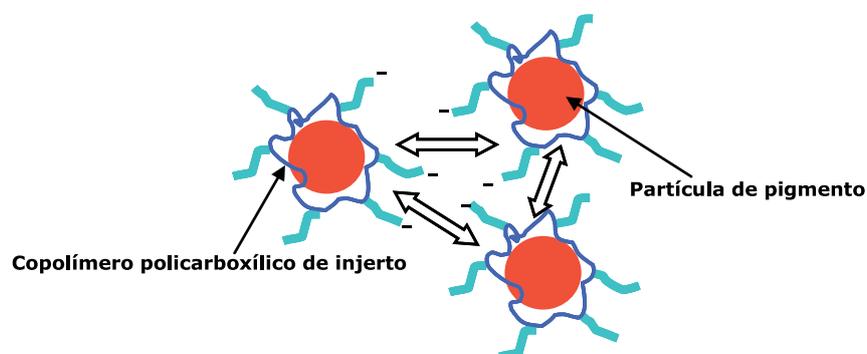


Fig. 4 Ejemplo de estabilización estérica de un copolímero policarboxílico de injerto

La tensión superficial tiene también una influencia directa en la formación de gota. Elevados valores de tensión superficial requieren un elevado voltaje para

alcanzar una velocidad de gota constante, mientras que bajos valores pueden conducir a la rotura del menisco dentro del inyector. Esto puede originar que quede aire atrapado, causando discontinuidades en el flujo de la tinta y la consiguiente aparición de defectos de línea durante la impresión. Valores de entre 22-30mN/m permiten una buena gestión de la tinta durante la producción. Olfine se utiliza como modificador de la tensión superficial. Este se adiciona para mantener las condiciones de disparo en la descarga del cabezal y mejorar la absorción en la capa de esmalte tras el impacto de la gota. Si la tensión superficial dinámica de la tinta es alta, esta no se puede disparar a altas velocidades de impresión. Así que esta se debe mantener por debajo de 40mN/m. Olfine se compone de materiales aditivados que contienen alcohol acetilénico y diol acetilénico. El alcohol acetilénico es un surfactante altamente volátil que también proporciona mojabilidad. Los principales usos de esta sustancia incluyen el tratamiento de superficies metálicas y aplicaciones con elementos base de síntesis reactiva. Los materiales aditivados que contienen diol acetilénico son producidos como surfactantes por nuestra empresa y proporcionan mojabilidad además de actuar como anti espumantes.

4. PREPARACIÓN DE DATOS DIGITALES PARA LA IMPRESIÓN POR CHORRO DE TINTA

Una consecuencia del proceso de molturar los pigmentos hasta las dimensiones submicrónicas requeridas para la producción de las tintas es que el gamut de color de las tintas cerámicas pigmentadas es muy estrecho comparado por ejemplo con las tintas utilizadas para la impresión de papel. En las aplicaciones cerámicas, debido a problemas técnicos asociados con los pigmentos inorgánicos los colores cyan, magenta, amarillo y negro (CMYK) son en realidad aproximaciones. Sólo el cyan (C) está a nivel de diseño, el magenta (M) tiene baja intensidad, así que se le baja la luminosidad para obtener una saturación elevada. El amarillo (Y) es pálido debido a la baja saturación de color y el negro (K) está teñido de rojo. Esto se traduce en un gamut de colores muy estrecho. La Fig. 5 muestra la comparación entre el color actual de las tintas y el ideal. El balance de color es insuficiente, de modo que se requiere el ajuste de los datos originales a datos imprimibles apropiados en el ordenador.

El procedimiento de preparación de los datos para la impresión digital se describe de la siguiente manera

1. Preparar un dibujo original
2. Convertir en datos digitales escaneando el dibujo
3. Realizar el perfil de impresión a partir de los datos digitales para obtener los colores objetivo para la impresión
4. Corregir el perfil de impresión para obtener el dibujo deseado en el ordenador

5. Imprimir y cocer para comprobar el balance de color
6. Ajustar los datos del perfil de impresión en el ordenador
7. Repetir entre la comprobación y el ajuste hasta conseguir la imagen deseada

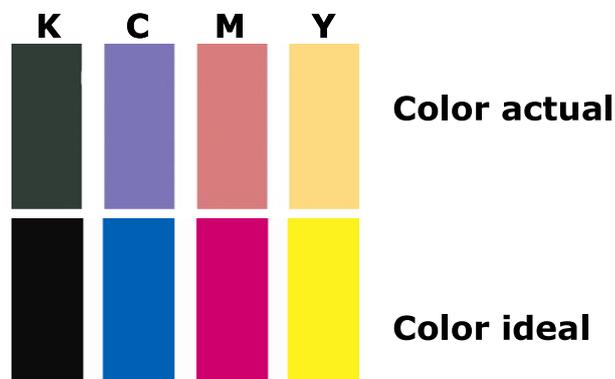


Fig. 5 Comparación entre los colores de las tintas actuales y los ideales.

5. COMPOSICIÓN DEL ESMALTE

La composición del esmalte es también muy importante en la tecnología de decoración por chorro de tinta de baldosas cerámicas. Los pigmentos sufren descomposición y fusión por parte del esmalte en el proceso de cocción ya que los pigmentos para las tintas cerámicas tienen tamaños muy pequeños. Así que la composición del esmalte debe ser optimizada para obtener un buen gamut de color.

Muchos tipos de óxidos metálicos son usados como componentes del esmalte. El óxido de litio, el óxido de boro, el óxido de zinc, el óxido de magnesio y el óxido de antimonio inhiben la coloración de todas las tintas, de modo que no se usan como componentes en el esmalte. Si estos deben ser usados, es mejor utilizar la mínima cantidad posible.

El óxido de potasio realza más la coloración de las tintas que el óxido de sodio. Los óxidos de calcio y bario no inhiben demasiado la coloración de las tintas de modo que pueden ser usados en lugar de los óxidos de litio y boro, etc. El óxido de estaño realza el color rojo pero se hace todo rojizo. El óxido de titanio realza los colores rojo y amarillo pero lo hace todo amarillento y disminuye la intensidad del color negro.

Por lo tanto, los óxidos metálicos influyen sobre el color de las tintas y se debe optimizar la composición del esmalte junto con el proceso de fabricación, especialmente las condiciones de cocción.

6. APLICACIÓN Y PREVISIONES FUTURAS

La Fig. 6 muestra ejemplos de baldosas cerámicas decoradas mediante el sistema de impresión por chorro de tinta.



Fig. 6 Algunos ejemplos donde se ha utilizado la impresión por chorro de tinta

Sus diseños hacen un completo uso de las características de la tecnología de impresión por chorro de tinta. Las muestras A y B fueron decoradas sobre una superficie ondulada. En el diseño de la muestra C las franjas están constituidas por líneas llenas de color. La muestra D está impresa sobre la porción cóncava de la baldosa. Estos diseños no se pueden realizar con los métodos convencionales de decoración.

7. RESUMEN Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

El sistema de decoración de impresión por chorro de tinta tiene muchas ventajas comparado con los métodos convencionales de decoración para la fabricación de baldosas cerámicas mencionados anteriormente. Pero todavía se está investigando sobre este sistema.

Para completarlo, es necesario desarrollar tintas de colores más intensos y otros colores de tinta especiales como el blanco o el marrón oscuro, a parte de los colores CMYK, para expandir el gamut de color.

Además, una de las claves de la tecnología de impresión por chorro de tinta es el desarrollo de tintas que contengan materiales funcionales como fotocatalizadores, materiales con actividad bactericida o conductividad eléctrica. Estos materiales son muy caros, por lo que no se puede aplicar en mucha cantidad en la industria cerámica. Pero con el uso de la tecnología de impresión por chorro de tinta, estos se pueden depositar solo en la superficie de la baldosa cerámica con lo

que se puede conseguir un gran efecto con una pequeña cantidad. Se espera que con el sistema de impresión por chorro de tinta se desarrollen baldosas cerámicas con nuevas funcionalidades.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ian Hutchings, "Ink-Jet Printing for the Decoration of Ceramic Tiles: Technology and Opportunities", Qualicer, 2010,
- [2] Paola Giacomini, "The Unstoppable Growth of Digital Technology", Ceramic World Review, No.91, 48-65(2011)
- [3] Daniele Verucchi, Maurizio Cavedoni, "Pigmented ceramic inks", Ceramic World Review, No.91, 66-69(2011)
- [4] Giovanni Baldi, Elena Cinotti, Isabella Zama, "Industrial Application of "Bottom-up" Nano Ink, Improvement of Ink-Jet Printing to Ceramic Tile Decoration", Proc. 10th ECerS Conf., 1574-1578(2007)