

EXIGENCIAS ESPECIFICAS AL ESMALTE PARA LA APLICACION ELECTROESTATICA EN POLVO

W. JOSEPH
Bayer

RESUMEN Se tratan los principios del procedimiento de recubrimiento en polvo, la base física de su aplicación, las exigencias del polvo de esmalte, su fabricación y características reológicas. Se comentan la elaboración, el fenómeno de reionización y la regulación del espesor de las capas.

SUMMARY The principles of the procedure of powder coating are described together with the physical basis for its application, the requirements of the enamel powder, its fabrication and rheological characteristics. Elaboration, reionization phenomenon and layer thickness control are commented.

RESUME On expose les principes du procédé du recouvrement en poudre, la base physique de son application, les exigences de la poudre de l'email, sa fabrication et ses caractéristiques rhéologiques, On commente l'élaboration, le phénomène de ionisation et la régulation de l'épaisseur des couches.

ZUSAMMENFASUNG Es werden die Grundprinzipien des Pulverüberzugverfahrens, die physikalischen Voraussetzungen seiner Anwendung, die Anforderungen an das Emailpulver, seine Herstellung und rheologischen Eigenschaften dargelegt. Es folgen Ausführungen über die Erstellung der Schichten, ihre Reionisierung und Stärkenregulierung.

1. INTRODUCCION

Después de una década de experiencia práctica en el esmaltado con polvo, la aplicación del esmalte en polvo ha adquirido ahora aceptación técnica también en el campo eléctrico. Los motivos para el desarrollo de la tecnología referida al polvo fueron distintos en los casos de materias plásticas y del esmalte.

En el caso concreto del procedimiento EPS, prevalecieron los puntos de vista ecológicos, como baja polución y el aprovechamiento óptimo del material. Para el desarrollo de la aplicación del esmalte en polvo fueron decisivos la calidad del esmaltado, rentabilidad del procedimiento y la posibilidad de la esmaltación con dos capas de cocción.

2. ESMALTE EN POLVO Y BARNIZ EN POLVO

El esmalte en polvo y el barniz (laca) en polvo se diferencian por las características elementales de materia. Mientras que para el barniz en polvo las características de la materia están dadas ya en el momento de la elaboración de los polvos, estas características materiales deben regularse para el esmalte en polvo, durante ó después de moler las fritas del esmalte. La tabla I muestra los valores característicos esenciales de los polvos de esmalte y de materias sintéticas:

3. PRINCIPIOS DEL PROCEDIMIENTO

3.1. BASE FISICA DE LA APLICACION EN POLVO

Desde un electrodo corona conectado a tensión conti-

TABLA 1
CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE POLVOS DE BARNIZ Y DE ESMALTE

BARNIZ			ESMALTE
Densidad	(g/ml)	aprox. 1	2,5-2,7
Resistencia Eléctrica Específica	(cm)	10^{16-18}	Sin Tratar 10^6 Preparado 10^{12-16}
Dimensión Media de Partículas	(um)	5-10	15-25
Forma de las Partículas		Esférica	Angular

nua negativa de 60–90 kilovoltios se incrementan electrones en el espacio lleno de gas circundante e ionizan los componentes del aire. Mientras que los iones de nitrógeno resultantes son atraídos por el electrodo negativo y descargados inmediatamente, los iones de oxígeno de carga negativa se depositan en las partículas del esmalte dispersadas en el aire transportador.

Tal como lo muestra la figura 1, las partículas experimentan así una aceleración dirigida hacia la pieza metálica de trabajo con toma de tierra, es decir, positiva. En el metal son separados las partículas sólidas.

La pieza de trabajo atrae también los iones libres de oxígeno. Con ello se eleva la carga negativa de la capa de polvo ya formada. El polvo es transparente de forma mecánica en la corriente de aire hasta el electrodo corona.

El curso de vuelo de las partículas de esmalte desde el electrodo hasta el metal con toma de tierra es determinado por la superposición de fuerzas mecánicas y fuerzas eléctricas.

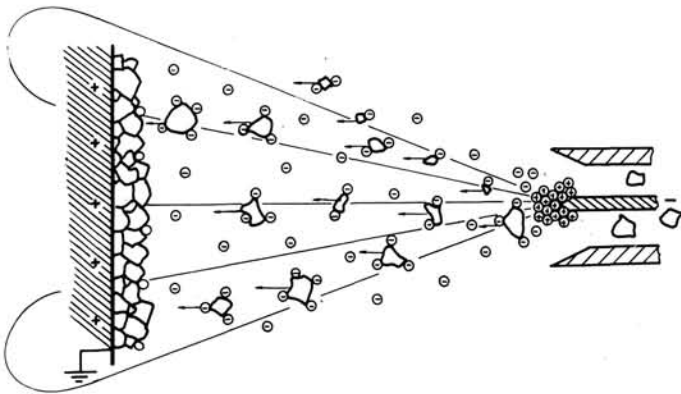


Fig. 1- APLICACION DEL POLVO

3.2. FORMACION DE CAPA

El proceso de formación de capa se refleja en la figura 2. Al iniciarse el proceso de aplicación (P1), las partículas de esmalte con sus iones de oxígeno acumulados y negativos hacen contacto directo con la superficie del material metálico.

Ahí quedan adheridas las partículas porque las cargas negativas solo son pasadas lentamente a la chapa y la resistencia eléctrica específica del polvo de esmalte preparado es elevada.

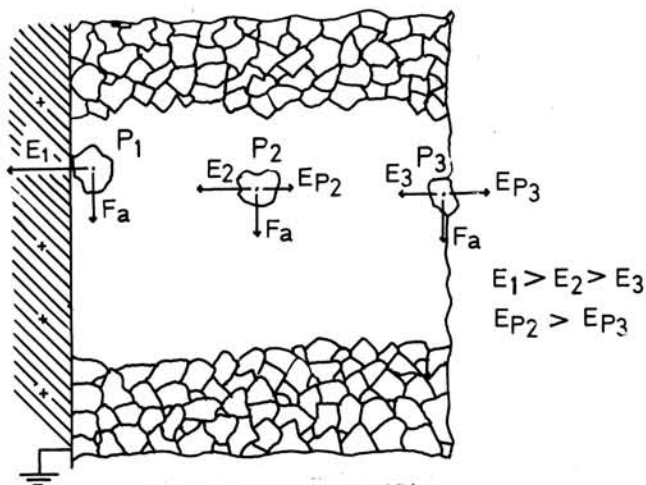


Fig. 2- FORMACION DE CAPA

Además son sustituidas constantemente las cargas pasadas a través de la chapa durante la aplicación por iones libres de oxígeno.

Una vez formada la primera capa, otras fuerzas eléctricas actúan sobre las piezas siguientes (P2). La mayor distancia hasta la superficie del metal origina menor fuerza de atracción E2 (ley de Coulomb). Además, la fuerza de atracción resultante es mermada por fuerzas repulsivas, pues las cargas negativas situadas entre la superficie y P2 provocan la fuerza contraridrigida. EP2. Sobre la partícula P3, que se encuentra a distancia del grosor máximo de la capa con referencia al metal, actúan fuerzas de atracción E3 de igual potencia desde el metal que fuerzas de repulsión EP3 por las partículas de fritas con carga negativa. La partícula ya no es separada, la capa se auto-delimita.

El grosor máximo de la capa puede ser regulado, no obstante, por la tensión así como por la corriente de masa y de carga.

4. EXIGENCIAS AL POLVO DE ESMALTE

Condición previa para un transporte perfecto de los polvos en el campo eléctrico y buena adherencia sobre la pieza de trabajo a recubrir, son: elevada resistencia eléctrica específica, buen flujo y distribución definida de la granulometría del polvo.

5. PROPIEDADES DEL ESMALTE EN POLVO

5.1. RESISTENCIA ELECTRICA ESPECIFICA

Aunque el esmalte tiene, como lo tiene también otros vidrios inorgánicos, una resistencia al flujo eléctrico muy elevada, su resistencia superficial en presencia de aire húmedo es, sin embargo, menor en algunos números elevados a diez, ya que la superficie absorbe moléculas de agua y las sorbe químicamente.

Debido a la gran superficie del esmalte en polvo juega un papel decisivo para la técnica de aplicación, la resistencia eléctrica específica de la superficie.

Con el fin de medir la resistencia específica se introduce una muestra de polvo entre los electrodos con placas. Distancia constante entre placas, tensión constante de medición y grado de densificación igualado del polvo, conducen a una buena disposición de reproducir las mediciones.

En la figura 3 se reproduce la resistencia específica del esmalte en polvo molido dependiente de la temperatura.

Se observa, que un polvo de esmalte sin preparar (según tipo de esmalte y condiciones climatológicas del almacenamiento) tiene una resistencia eléctrica específica de menos

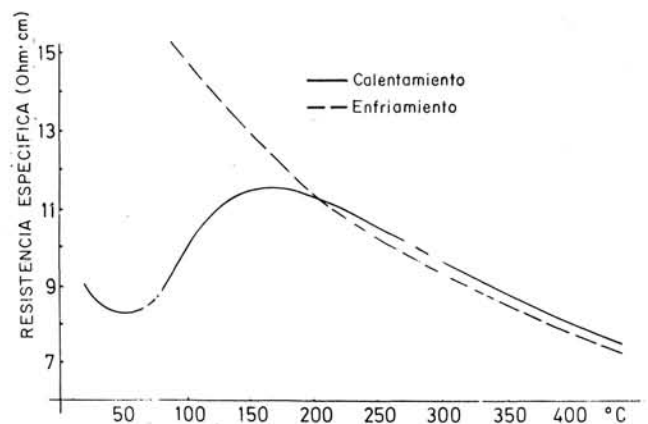


Fig. 3- DEPENDENCIA DE TEMPERATURA DE LA RESISTENCIA ESPECIFICA DE UN ESMALTE EN POLVO

de 10^{10} Ω cm. Al calentarlo y debido a que las moléculas de agua se hacen más móviles, la resistencia, de momento decae. Una vez eliminada toda el agua de la muestra en polvo, de momento, aumenta la resistencia con la temperatura en ascenso. Por encima de los 200°C la línea resistencia-temperatura transcurre de forma característica para los vidrios. La ascendente movilidad de los iones conduce a un descenso continuado de la resistencia eléctrica específica.

5.2 CARGA DEL ESMALTE

Mediante la reacción de los grupos de silanol de superficie del esmalte con materias hidrófobas se consigue evitar la absorción de agua que reduce la resistencia específica y es perjudicial para la capa de polvo. Para ello se ofrecen todas las materias que reaccionan a los grupos SiOH. Algunas reacciones típicas están condicionadas en la figura 4.

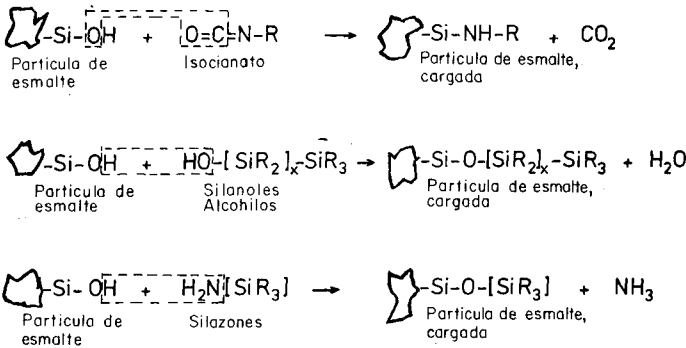


Fig. 4 - REACCIONES DE CARGA DEL ESMALTE

La carga puede tener lugar antes, durante o después de la molienda que las fritas de esmalte. En la práctica, se eligen materias orgánicas o mezcla de materias que total o parcialmente reaccionen con los grupos de silanol o son absorbidos físicamente.

De un polvo de esmalte cargado de esta manera se siguieron de nuevo la resistencia específica en su dependencia de la temperatura, por medio de mediciones. La trayectoria de la línea está reflejada en la figura 5.

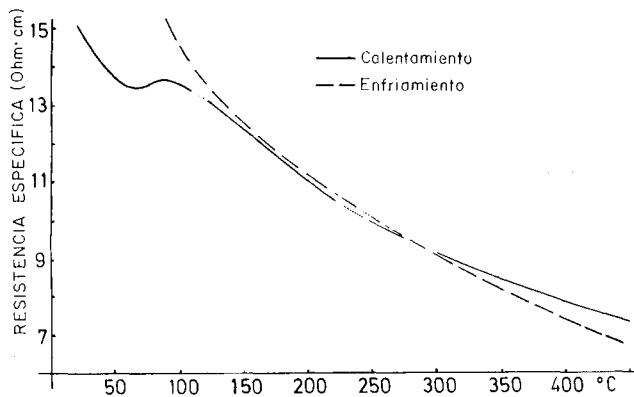


Fig. 5 - DEPENDENCIA DE LA TEMPERATURA DE LA RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL POLVO DE ESMALTE CARGADO

Las curvas de calentamiento y del enfriamiento llevan, a excepción de una pequeña discontinuidad, casi el mismo curso a 60°C. La resistencia específica de 10^{15} a Ohm.xcm. a 20°C, disminuye de forma constante con aumento de la temperatura y muestra de nuevo la característica de vidrio. La resistencia específica de 10^8 Ohm.xcm. a 400°C aún es suficiente para una adherencia satisfactoria del polvo. Con temperaturas aún más elevadas, los esmaltes empiezan a reblandecerse y fuerzas adhesivas asumen la función de adherencia.

La cantidad de carga se elige de tal forma que el esmalte no absorbe agua ni siquiera durante un almacenamiento prolongado en ambiente húmedo y así conserva la alta resistencia específica.

Con el fin de evitar fallos debidos a disgregación de los productos de carga durante la cocción, se utilizan en lo posible materias de combustión exenta de residuos, en concentración mínima.

5.3. ESMALTE EN POLVO PRODUCIDO POR PROCEDIMIENTO TECNICO

Al cargar los polvos con sustancias orgánicas puede ocurrir que los granos de frita de esmalte formados irregularmente, de arista viva y astillada, no estén envueltos por completo en una capa uniforme.

Además, también quedan parcialmente al descubierto superficies cubiertas durante el transporte del polvo en el aire transportador del polvo en el aire transportador y sistema de retorno por golpe y procesos de fricción. En contacto con el aire húmedo y movido, un polvo apto para ser aplicado por electrostática, puede pues "envejecer". El descenso de la resistencia eléctrica específica depende del contenido de agua del ambiente con el que tiene contacto el polvo en movimiento, y del esfuerzo mecánico del polvo, por ejemplo, debido a tubos estrechos y largos de transporte, grandes cantidades de aire y elevada velocidad del polvo. Este fenómeno inevitable de la reducción de resistencia requiere una resistencia lo más elevada posible del polvo. Aparte, la instalación de aplicación debe ser regulable de forma que la cantidad consumida de polvo pueda ser sustituida continuamente por "polvo fresco". La mezcla de polvo recuperado y polvo fresco debe tener la resistencia específica que permite una aplicación impecable.

6. CARACTERÍSTICAS REOLOGICAS DEL POLVO

La aplicación electrostática del esmalte en polvo requiere polvos fácilmente fluidizables que se deje transportar por tubos y pistolas de pequeño diámetro y difundir en una nube de polvo que consiste en partículas separadas a ser posible bien dispersadas o en aglomerados mínimos. La reología del polvo determina la velocidad máxima alcanzable en el transporte y aplicación de la capa así como la calidad de la capa de bizcoche.

Para recoger las características reológicas de unos polvos se averigua apoyándose en los requerimientos de la práctica, la capacidad del polvo de difundirse en el aire y dispersarse. Para ello, la casa SAMES nos ha propuesto un sistema de medición sencillo y que viene representado en la figura 6. Para ello se coloca una cantidad predeterminada de

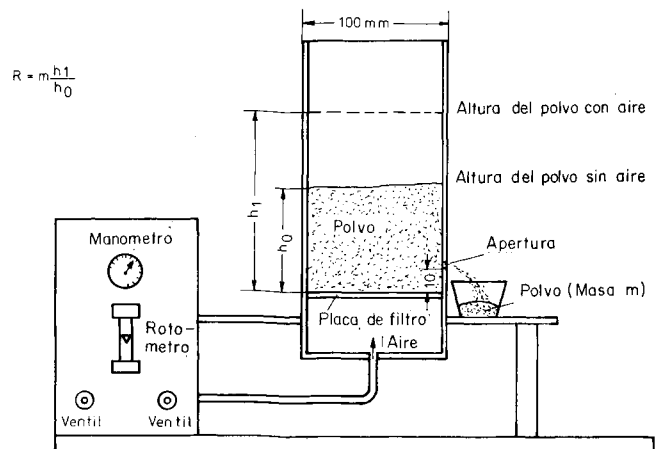


Fig. 6 - MEDICION DE LA FLUIDEZ DEL ESMALTE EN POLVO

polvo sobre una frita porosa de cobre o vidrio. Con un caudal de aire predeterminado se puede averiguar en cuanto asciende la cantidad de polvo hl en el cilindro de vidrio colocado sobre la frita.

El polvo difundido en el cilindro y en "ebullición" se comporta, según las características reguladas, como un líquido. Si se deja salir el polvo suspendido en el aire por una apertura definida en el cilindro, entonces la cantidad de polvo salido en un tiempo determinado define la medida de "viscosidad" del polvo, al igual que los viscosímetros de salida para líquidos.

La medida R de la relación:

$$R = m \cdot \frac{hl}{hO}$$

es una medida de fluidez del polvo.

Distribución del tamaño de granulación del polvo.

El espectro granular tiene influencia esencial para la adherencia del polvo, velocidad de aplicación y grosor de capa alcanzable. Con ello obtiene forzosamente una influencia sobre la calidad del esmaltado.

La vigilancia de la distribución del tamaño granular es parte del control de producción para el fabricante del polvo. Por medio de control de todos los parámetros de molienda y clasificación adecuada, el fabricante está en situación de mantener en límites reducidos las oscilaciones del espectro granular. Una variación de la distribución del tamaño granular en la elaboración, por recuperación inadecuada, no se deja excluir.

Para reflejar el espectro del tamaño granular se emplean distintos procedimientos de elevado costo en tiempo y aparatos de los cuales solamente en análisis combinado de tamiz y de sedimentación según Andreasen ha dado resultados sin salvedades.

7. CARACTERISTICAS DE ELABORACION DEL POLVO

7.1. ADHERENCIA DEL POLVO

En la manipulación de las piezas de trabajo con aplicación electrostática del polvo pueden darse golpes mecánicos que deben ser recogidos por la capa del polvo. Así mismo, requieren una buena adherencia del polvo sobre el metal las vibraciones procedentes del sistema de transporte.

Entre otros, la adherencia del polvo depende de la resistencia específica eléctrica y de la distribución del tamaño granular del polvo. La resistencia eléctrica puede descender por esfuerzo, por fricción del polvo en ambiente húmedo. Por ello es recomendable comprobar el nivel de humedad del aire ambiental y de transporte regularmente mediante mediciones psicométricas e iniciar a tiempo contramedidas.

También debiera ser interrumpido el circuito del polvo cuando se presentan deficiencias de funcionamiento prolongadas, con el fin de evitar un "envejecimiento" innecesario del polvo en la "marcha en vacío".

Otra cosa a comprobar es que la granulogía regulada en la fabricación del polvo no cambie esencialmente por separación en la recuperación. Una proporción fina determinada es necesaria para la adherencia óptima del polvo.

7.2. AUTODELIMITACION DE LA CAPA DE POLVO

Se ha hecho mención ya del proceso de formación de capa. En la aplicación del polvo se produce un equilibrio entre fuerzas eléctricas repulsivas y atractivas que llevan a una autodelimitación de la capa.

El grosor de la capa depende de la intensidad del campo eléctrico, de la resistencia eléctrica específica del polvo y de la masa de las partículas. La capa de polvo puede ser

dirigida por la tensión así como por la corriente de masa y de carga.

7.3. EL FENOMENO DE REIONIZACION

Con la formación de la capa de polvo se depositan más y más cargas negativas en la, con relación a la capa de polvo, chapa positiva con puesta a tierra..

La muy elevada resistencia específica impide una compensación rápida de carga. Así que el sistema acero/capa de polvo chapa representa un condensador que se carga cada vez más fuerte en la aplicación. En la capa de polvo se forma un fuerte campo eléctrico al que aún se sobrepone el campo exterior entre pistola y chapa.

Como todo dieléctrico técnico, también el sistema acero/capa de polvo-chapa, tiene sus puntos débiles (superficie de la chapa, poros en la capa de polvo), que posibilitan una penetración eléctrica al sobrepasar un determinado valor de intensidad del campo.

Estos "relámpagos de descarga" ocasionan la pérdida de las cargas negativas de las partículas de polvo en la cercanía próxima de contragolpe. Las partículas de polvo neutrales, es decir convertidas en positivo, son repelidas ahora por la chapa o bien atraídas por el electrodo corona y repelidas por la chapa o bien atraídas por el electrodo corona y refundidas por la chapa. El proceso de redifusión o reionización es acompañado por la aparición del viento eléctrico y por la onda de presión mecánica en los lugares de penetración (chasquido).

En los cráteres de reionización así abiertos no se depositan en absoluto nuevas partículas, al seguir el proceso de aplicación sino que estos agujeros que llegan hasta la chapa ofrecen a las partículas libres de oxígeno la posibilidad de pasar sus cargas negativas a la chapa. Se forman cráteres grandes con los dibujos en forma de estrellas de la figura de Lichtenberg.

Durante la cocción subsiguiente, aunque los agujeros de penetración se cierran y desaparecen en gran medida las figuras Lichtenberg, si que permanecen pequeños relieves que recuerdan la ondulación fuerte de inyección del inyectado en húmedo.

7.4. POSIBILIDADES DE REGULAR EL GROSOR DE LAS CAPAS

Para regular el grosor de la capa de polvo deseado existen diversas posibilidades. Los parámetros más importantes son:

Distancia entre pistola y pieza de trabajo.

La distancia entre las pistolas y la pieza de trabajo a recubrir determina no solo la intensidad y forma del campo eléctrico sino también la distribución de velocidad del caudal de aire, las condiciones aerodinámicas. Una distancia reducida de la pistola origina una elevada intensidad eléctrica del campo, un chorro de polvo concentrado con gran velocidad. Esto ocasiona una rápida formación de capa con buena adherencia; sin embargo, relativamente pronto se presenta la reionización. Una

distancia grande entre pistola y pieza de trabajo tiene el efecto contrario.

Tensión e intensidad de corriente.

Tensión e intensidad de la corriente determinan la intensidad del campo eléctrico, el número de cargas negativas que se producen y con ello la intensidad de la carga de las partículas de frita. La tensión ha de ser elegida de forma que, con suficiente adherencia del polvo, se alcance el grosor deseado y no se vea disminuída la calidad del esmaltado por cráteres de reionización. Por medio de la aceleración de las partículas de frita,

tensión e intensidad de la corriente tienen influencia sobre la densidad de la capa de bizcocho en formación y con ello sobre la calidad de esmaltado.

Carga de polvo y de aire.

La proporción de las fuerzas procedentes de la pistola influyen sobre:

*forma de la nube de polvo

*velocidad de las partículas

*intensidad de la dispersión

*cantidad de carga por partícula

*formación de acumulados en la tobera

La regulación de los valores de tensión e intensidad de corriente y la, mencionada, regulación de carga de polvo y de aire, son las posibilidades más importantes de dirigir calidad y grosor de la capa.

Condiciones climatológicas.

Un elevado contenido en humedad en el ambiente de la cabina posibilita una alta velocidad de formación de la capa. Si bien es cierto que el descenso de la resistencia origina una salida más rápida de la carga. Por eso, la rápida formación de la capa y el gran tamaño de capa alcanzable tienen sus límites en la disminución simultánea de la adherencia del polvo. Por otro lado, el aire demasiado seco impide un espesor suficiente de capa y facilita la aparición de la reoxidación.

8. ESMALTACION EN POLVO EN DOS CAPAS Y EN UNA COCCION

La técnica del polvo ofreció la posibilidad de la esmal-

tación en dos capas en una cocción. Este procedimiento hace posible la utilización de aceros normales laminados en frío y de instalaciones convencionales de pretratamiento, sin necesidad de secado. Esta tecnología "two Coat-One-Fire" es rentable, ahorra energía y favorece el medio ambiente.

Para esta técnica fue necesario desarrollar especiales esmaltes básicos cuyas características se coordinaron con los esmaltes cubridores. Los esmaltes de base bien humedecidos por la aspersión deben cumplir, en una capa de 20-30 μm todas las características de combinaciones básicas convencionales. Además deben adherirse bien y ser capaces de resolver el óxido de hierro que se forma durante la cocción.

Por parte del fabricante de polvo, se regula más baja la resistencia eléctrica específica del polvo de esmalte de base μm aproximadamente $2 \cdot 10^2 \approx \text{cm}$ que la del esmalte cubridor. Para evitar una difusión del esmalte, base en el esmalte cubridor durante la cocción común, deben diferenciarse las tensiones superficiales de los esmaltes base y cubridor en por lo menos 0,005 N/m.

La esmaltación en dos capas está experimentada hoy día técnicamente y se ganará terreno especialmente en aquellos países donde el acero sin carbono es caro o indisponibles. Esta técnica es una alternativa auténtica a la esmaltación directa.

La técnica del polvo dará nuevos impulsos a la industria de la esmaltación. Ofrece la posibilidad de mantener competitiva la esmaltación, con inversiones relativamente escasas, frente a otros recubrimientos de superficies.

LO QUE UN EXPERTO CERAMISTA DEBE SABER ACERCA DE PASTAS CERAMICAS

No se trata de un libro de divulgación. Tampoco pretende ser un libro didáctico. "Pastas Cerámicas" se ha escrito pensando en aquéllos que se dedican a la cerámica y que poseen una experiencia y una formación técnica suficientes.

El planteamiento es el de una discusión. Su autor, Enrique Gippini, Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad de Madrid, expone su opinión acerca de una serie de cuestiones referentes a las pastas cerámicas, intentando provocar la confrontación y discusión con las experiencias individuales de cada lector.

Sin duda alguna, se trata de lo más científico y completo que sobre el tema se ha editado en nuestro país.

Los procesos de moldeo y cocción son sometidos a un riguroso análisis, así como las características físico-químicas más importantes que deben presentar las pastas para que los resultados de estos dos procesos resulten plenamente satisfactorios.

En fin, "Pastas Cerámicas" es un libro indispensable que no debe faltar nunca en la biblioteca de un auténtico experto en cerámica.

Consiga su ejemplar en la
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERAMICA Y VIDRIO
Carretera de Valencia, Km. 24,300
ARGANDA DEL REY (Madrid) - Telf.: 871 18 00

PRECIO DE LA OBRA

MIEMBROS S. E. C. V.
1.500 PTAS.

NO MIEMBROS
2.000 PTAS.



pastas cerámicas

por Enrique Gippini

