

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO .

\*  
FACULTAD DE QUIMICA .

ESMALTADO PORCELANIZADO.

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO.

PRESENTA

FERNANDO VAZQUEZ MELLADO ARGUELLES.

MEXICO, D. F.

1 9 7 4 .



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

338

1245  
1974

345T

PROC.

~~1245~~



QUIMICA

PRESIDENTE. JAVIER GARFIAS AYALA.

VOCAL. LIBERTO DE PABLO GALAN.

SECRETARIO. FRANCISCO J. BARNES DE CASTRO.

JURADO ASIGNADO 1er. SUPLENTE. JORGE MARTINEZ MONTES.  
2do. SUPLENTE. OSCAR E. HUIZ CARMONA.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: FERRO ENAMEL CORP.  
DE MEXICO.

SUSTENTANTE FERNANDO VAZQUEZ MELLADO ARGUELLES.

ASESOR DEL TEMA. JAVIER GARFIAS AYALA.

## I N D I C E .

### ANTECEDENTES.

CAPITULO I GENERALIDADES.

CAPITULO II SELECCION, DISEÑO, SOLDADO Y PREPARACION DEL METAL PARA EL ESMALTADO PORCELANIZADO.

CAPITULO III FORMULACION Y MANUFACTURA DEL ESMALTE PORCELANIZADO .

CAPITULO IV APLICACION DEL ESMALTE PORCELANIZADO.

CAPITULO V SECADO Y CEPILLADO.

CAPITULO VI QUEMA DEL ESMALTE PORCELANIZADO.

CAPITULO VII CONTROL DEL PROCESO.

CAPITULO VIII OPERACION DE UNA PLANTA DE ESMALTADO.

## " E S M A L T E P O R C E L A N I Z A D O "

### A N T E C E D E N T E S .

La historia del esmalte porcelanizado se remonta a si glos antes de N. S. J., su origen probablemente es Asiático Occidental y hay evidencias de que los egipcios, asirios y griegos fueron los primeros en practicar este arte, que más tarde se extendió a China y Japón y posteriormente a Europa. Existen piezas esmaltadas que fueron hechas hace miles de - años y que prueban de manera irrefutable la durabilidad y - belleza de este acabado.

El oro, la plata y el cobre fueron los primeros mate - riales usados para manufacturar objetos de arte por un méto - do de porcelanizado rudimentario. En el Museo Británico y - en el Louvre pueden admirarse piezas de joyería esmaltada, - fabricadas en Egipto, Asia y Grecia hace más de veinte si - glos.

El primer esmaltado sobre hierro fundido por el méto - do de proceso seco se hizo en Bohemia, alrededor de 1830. En 1859 se aplicaron los esmaltes sobre lámina de hierro en -- Austria y Alemania. Durante este periodo se realizaron -- grandes avances en la química de materiales crudos y se hi - cieron descubrimientos de importancia para el mejoramiento - del hierro y el acero.

En los Estados Unidos de Norteamérica se principió a usar el esmalte porcelanizado para utensilios de cocina - alrededor de 1867 y unos años después se construyeron las-

primeras estufas totalmente esmaltadas. En 1909 la Gibson-Refrigeration Company de Greenville, Michigan instaló su propia planta esmaltadora, antes de esa fecha el esmalte porcelanizado se utilizaba principalmente como un terminado para utensilios de cocina, fregaderos y sanitarios.

Hace unos 25 años todavía el esmalte porcelanizado para usos comerciales se conocía como un material totalmente blanco, solo recientemente la industria se ha dado cuenta de la permanencia del color de los esmaltes así como de sus múltiples posibilidades decorativas.

Desde el punto de vista de la tecnología, el esmaltado porcelanizado no es una ciencia exacta. Se han llevado a cabo investigaciones constantes y se han realizado grandes progresos en la aplicación de la química y la física a su proceso, pero todavía hay diferencias de opinión en cuanto a teorías y prácticas.

Las propiedades excepcionales y los desarrollos ininterrumpidos de la técnica del esmaltado porcelanizado, lo han llevado a grados excepcionalmente altos de resistencia a altas temperaturas, daños mecánicos, ácidos, choques térmicos, abrasión, cambios atmosféricos, etc.

El siguiente material es una recopilación de teorías y recomendaciones tomadas de la literatura sobre esmaltado porcelanizado, aumentado por datos recabados en visitas hechas por el sustentante a algunas plantas esmaltadoras del país.

Los títulos de los capítulos servirán como índice de los temas discutidos.

C A P I T U L O I.

G E N E R A L I D A D E S.

- 1a. Parte. CARACTERISTICAS GENERALES DEL ESMALTADO POR CELANIZADO.
  
- 2a. Parte PROCEDIMIENTOS GENERALES EMPLEADOS EN EL ESMALTADO PORCELANIZADO.



## CAPITULO I.

### CARACTERISTICAS GENERALES DEL ESMALTADO PO CELANIZADO.

Por definición el esmalte porcelanizado es una substancia vitrea inórganica, que se aplica sobre metal previamente tratado y se une a él por fusión a temperaturas entre 900 y-1850°F. El término esmalte porcelanizado no representa un so lo material, sino toda una variedad de formulas de productos que varían ampliamente en su composición y propiedades.

Por esmalte porcelanizado generalmente se designa una ca pa vitrea aplicada sobre metal. Este vidrio debe ser formula do de tal manera que resulte el adecuado al metal que se va a recubrir y quede firmemente adherida a él, Por lo mismo su composición y propiedades físicas varían grandemente del vidrio convencional. El esmalte debe de resistir el castigo pro ducido por el impacto y los cambios rápidos de temperatura. Pa ra hacer frente a estos requerimientos es necesario agregar al vidrio para esmalte porcelanizado otros ingredientes ade más de los que se usan para la manufactura del vidrio ordina rio. En general puede decirse que el esmalte es un borosilicato de sodio, potasio, calcio, aluminio y algunas veces de plomo, zinc o bario. Otras sustancias pueden serle añadidas para fines especiales, como aumentar su brillo, su resistencia a la abrasión, o para darle algún color, etc.

Al fundir el esmalte al metal se confrontan muchas dificultades, siendo una de las principales el tener que establecer una unión entre dos materiales de propiedades físicas diferentes. El metal es un buen conductor del calor, tiene un-

coeficiente comparativamente alto de expansión y es relativamente suave y resistente, en tanto que el esmalte es un conductor pobre de calor, comparativamente duro y quebradizo y a menudo tiene un coeficiente de expansión bajo.

La superficie de la capa acabada del esmalte porcelanizado tiene una textura entre la de un acabado suave de pintura horneada y la del vidrio pulido; es durable, resistente al calor y la corrosión y su formulación puede ser dirigida a producir las propiedades requeridas para usos específicos, tales como resistencia especial a los ácidos, alcalis suaves como detergentes, resistencia prolongada a los efectos de los cambios atmosféricos, a temperaturas extremas, resistencia a la abrasión, estabilidad de color, etc.

Para obtener las características necesarias para usos específicos se hacen las variaciones necesarias en la formulación del vidrio para el esmaltado, ajustándose a los límites convenientes en cada caso.

Las propiedades físicas que deben ser consideradas son la expansión, temperatura requerida para fundir el vidrio para que forme un baño o recubrimiento, solubilidad en el agua, compatibilidad con el metal o con otras fórmulas de vidrio, y retención de las propiedades del vidrio después de ser calentado repetidas veces a temperaturas por encima del punto de reblandecimiento.

El primer paso en el procedimiento básico es hacer el vidrio para esmalte. El vidrio para esmalte se quiebra, reduciéndolo a partículas al vaciarlo en agua inmediatamente después de fundido; pueden emplearse otros métodos para reducir el vidrio a partículas suficientemente finas para facilitar su procesado. Uno de éstos métodos consiste en ha

cer rodar láminas delgadas de vidrio entre rodillos enfriados por agua, produciendo así una frita satisfactoria sin contacto con el agua. La frita producida de esta manera es llamada de escamado o laminillas. Las partículas de vidrio resultantes de estos procesos son algo gruesas y se muelen en un molino de bolas hasta el grado de finura necesario para el propósito deseado.

Hay dos métodos convencionales en uso para aplicar el esmalte porcelanizado a la lámina de metal. El más común es el de proceso húmedo, que consiste en preparar el vidrio en forma de suspensión en agua, para ser aplicado por inmersión o aspersión, con el subsecuente secado del agua y fusión del esmalte porcelanizado al metal. Para la producción de piezas pesadas de hierro, algunas veces se emplea el proceso seco, en cuyo caso se calienta el metal y el esmalte vítreo es finamente pulverizado sobre el metal. El calor del hierro hace que principie la fusión que se completa dentro del horno.

Propiedades del esmalte porcelanizado. La expansión del esmalte es de gran importancia por afectar las características de ajuste del esmalte al metal. La adaptación del esmalte al metal no implica necesariamente que se encuentre libre de tensión; como el vidrio es débil en fuerza tensible y comparativamente fuerte en compresión el ajuste conveniente del esmalte porcelanizado se logra a base de compresión en la capa vítrea y una tensión resultante en el metal.

Muchas de las características del esmalte porcelanizado dependen de un ajuste correcto o de la cantidad de compresión en la capa de vidrio. La expansión del esmal-

te por temperaturas en aumento, o la contracción con reducción de temperatura, son más rápidas que las del hierro en el límite superior de temperatura, cerca del punto de reblandecimiento del vidrio. El esmalte porcelanizado se encuentra en ligera tensión cuando esta un poco abajo de la temperatura de reblandecimiento y en compresión cuando esta a temperaturas próximas a la temperatura ambiente.

La temperatura a que debe fundirse una capa de esmalte porcelanizado es determinada por la posibilidad de la base metálica de retener su forma a temperaturas elevadas. Son de desearse esmaltes que se fundan a temperaturas bajas por las ventajas que se pueden obtener usando metales más ligeros que no necesiten soportes muy pesados durante la operación de quema. Los límites de temperatura a que debe fundirse el vidrio del esmalte son determinados también por la forma de la pieza que se va a recubrir y los soportes que se usen durante la operación. Esto hace necesario el seleccionar metales y diseñar formas que llenen las condiciones requeridas.

Al principiar a usarse el esmalte porcelanizado para láminas de hierro eran comunes las temperaturas de 1600°F. a 1700°F.; al presente las temperaturas varían entre 1350 y 1600°F., haciéndose la mayor parte del trabajo a una temperatura de 1500°F. aproximadamente. El tiempo es también un factor importante en la fusión adecuada de una capa de recubrimiento. Un tiempo más prolongado permite una fusión apropiada a temperaturas más bajas.

La resistencia a la solubilidad en el agua del esmal -

te porcelanizado debe ser tal que se pueda obtener una consistencia líquida normal y retenerla por un tiempo razonable para facilitar la aspersión o inmersión después de un tiempo razonable de almacenamiento.

Métodos de aplicación del esmalte. Los esmaltes porcelanizados que se adhieren al hierro son generalmente de un color obscuro debido a su contenido de cobalto y óxido de níquel. Como estas primeras capas generalmente sirven de base para recubrimientos posteriores, se les llama esmaltes de capa base. También se emplean en algunos casos para esmaltados de una sola capa, en colores azul o café moteado de blanco, y se usan en interiores de estufas, calentadores de agua, utensilios de cocina, etc. El blanco y los colores que no se pueden dar en una sola capa, así como los esmaltes para acabados de mejor calidad, generalmente se aplican sobre una capa base de color azul; estos acabados se llaman de dos capas. Las capas que se aplican sobre una primera capa se llaman capas de cubierta o de recubrimiento. Las capas de cubierta deben tener las cualidades necesarios de apariencia y deben ser compatibles con la capa base para que den un buen resultado.

Las fórmulas para capas de cubierta generalmente no pueden dar buenos resultados si se aplican directamente sobre el metal preparado en forma normal pero la mayor parte de ellas si resultan satisfactorias al aplicarse directamente sobre el cobre y el acero inoxidable tratado con chorro de arena. Con tipos especiales de hierro será posible la aplicación de capas de cubierta de diferentes fórmulas, como un terminado de una sola capa sobre el hierro. Los acabados producidos con este procedimiento son en la mayoría de los casos de la misma cali-

dad que los obtenidos con una aplicación de capa base y otra de capa de cubierta. A estos terminados de una sola capa se les llama acabados de "blanco directo sobre acero".

La blancura de los esmaltes porcelanizados es producida por partículas cristalinas distribuidas en la capa de esmalte. La capacidad de producir blancura generalmente es llamada opacidad. La cantidad, tamaño e índice de refracción de las partículas cristalinas determina el espesor que necesita tener la capa de recubrimiento para producir un cierto grado de blancura. El color del blanco depende de la calidad del material cristalino y del color del vidrio que rodea la fase cristalina. También contribuyen a producir blancura las burbujas de gas muy pequeñas de la capa de esmalte. El espesor que debe tener la capa para producir la blancura -- que se desee depende de la formulación del esmalte. El óxido de titanio está considerado como el material cristalino mejor para producir blancura. Antes de que se usara el óxido de titanio los materiales usados para producir blancura eran el óxido de antimonio, el zirconio y el óxido de estaño. El zirconio y el titanio pueden ser producidos en forma cristalina por formulaciones que alcanzan la fase cristalina durante el quemado.

La fritada después de fundirse es un vidrio transparente. El óxido de antimonio teóricamente pasa por ciertos cambios durante el fundido original del vidrio, pero los cristales que producen opacidad están presentes después de ese primer fundido. Los materiales blancos de alto índice de refracción como el óxido de estaño, que son relativamente insolubles en el vidrio, pueden ser molidos con el vidrio para contribuir a producir opacidad.

El esmalte porcelanizado puede obtenerse en una gran -

variedad de colores. Los colores de los esmaltes porcelanizados pueden producirse añadiendo los materiales colorantes al vidrio después de fundirlo. Este procedimiento produce colores opacos. Los esmaltes para cobre son con frecuencia del tipo transparente y los colores algunas veces son enteramente disueltos en el vidrio durante su fundición. Los esmaltados de emblemas, placas con nombres y piezas de joyería son hechos con esmaltes de tipo transparente o claro. La capa de óxido entre el metal y el esmalte y la capa base de color azul que llevan los esmaltados sobre hierro, impiden el uso de esos esmaltes transparentes para este tipo de acabados.

En los capítulos siguientes se tratará principalmente de la aplicación del esmalte sobre hojas de hierro y acero, porque el esmaltado de otros metales se hace en pequeña escala, en tanto que se emplean grandes cantidades de hojas de acero y hierro anualmente en el esmaltado porcelanizado.

## CAPITULO I .

### G E N E R A L I D A D E S .

#### PROCEDIMIENTOS GENERALES EMPLEADOS EN EL ESMALTADO PORCELANIZADO.

Hay tres factores que gobiernan la producción de un acabado de esmaltado vitreo de alta calidad, ellos son:

- 1o. La composición, propiedades y métodos de manufactura del esmalte usado.
- 2o. La composición y limpieza del metal sobre el cual va a ser aplicado el porcelanizado.
- 3o. La aplicación del esmalte sobre el metal.

El taller de esmaltado porcelanizado debe de estar equipado con las facilidades de laboratorio necesarias, y supervisado por técnicos especializados, para poder producir científicamente y por métodos exactos el esmalte mejor para un determinado tipo de trabajo. Todos los materiales crudos deben ser probados no solamente en cuanto a sus características físicas sino también en cuanto a su pureza química.

Se dijo ya que el primer paso en el procedimiento básico es hacer el vidrio para esmalte. Los vidrios para esmalte son del tipo de silicato de boro. Los materiales en crudo para el vidrio son todos esencialmente óxidos inorgánicos, minerales, fluoruros o sales. Como se requiere que se produzca la oxidación durante el fundido del vidrio, esto se logra mediante el uso de cierta proporción de nitratos en la composición.

Los materiales se usan en forma granulada o pulverizada y se selecciona la forma que mejor se adapte al equipo y a las formulaciones que se van a usar.



Manufactura de la Frita. La preparación del vidrio para esmaltado o frita, es similar en sus primeros pasos a la fabricación del vidrio ordinario, porque así como en este último proceso se usa arena pura para vidrio que es fundida en grandes hornos junto con cal y carbonato de sodio, así también en la manufactura del vidrio para esmalte, se funden arenas o materiales silíceos, como cuarzo y feldespatos, con fundentes como el borax, carbonato de sodio, criolita, espato fluor y en algunos casos litargirio, óxido de zinc o carbonato de bario, etc. Los fundentes disuelven y toman en solución los materiales silíceos para formar un vidrio. A continuación se da una lista de los materiales más comunes:

Hidrato de aluminio	Oxido de manganeso
Oxido de aluminio	Oxido de níquel
Oxido de antimonio	Carbonato de potasio
Carbonato de bario	Nitrato de potasio
Borax	Fluoruro silícico de potasio
Acido bórico	Sílice (cuarzo)
Fosfato de calcio	Antimoniato de sodio
Criolita	Carbonato de sodio
Feldespatos	Nitrato de sodio
Oxido de cobalto	Fluoruro silícico de sodio.
Fluorita	Talco
Caolin	Bioxido de titanio
Oxido de plomo	Fósforo trisódico
Carbonato de litio	Blanco de España
Carbonato de magnesio	Oxido de zinc
	Silicato de Zirconio

La composición del vidrio según fórmula, es pesada en las proporciones establecidas y perfectamente mezclada. Esta mezcla de materiales es cargada dentro de un fundidor para el proceso de fundido, a temperaturas aproximadas de 2500°F. El proceso de fundido toma de una a dos horas, dependiendo de la composición del esmalte y la cantidad de la carga.

En su forma más simple un fundidor consiste de un tanque refractario cubierto con un arco refractario. El combus-

tible se quema debajo del arco y encima del material que se halla dentro del tanque, para fundir los materiales crudos. El fundido se lleva adelante hasta el punto en que se obtienen las cualidades deseadas en el vidrio. El punto de fusión apropiado es a menudo juzgado por la ausencia de material sin fundir y por la calidad de una hebra de vidrio que se saca como muestra. El grado de fundido influye sobre la calidad del vidrio para esmalte.

Cuando se termina la fusión el vidrio fundido es vaciado en un tanque de agua ( proceso de enfriamiento por inmersión) para que el vidrio al quebrarse quede en condición friable. Este producto es conocido con el nombre de "frita". El agua es removida por desague y secado. El enfriamiento por inmersión debe hacerse de manera que el vidrio pueda después ser molido fácilmente hasta quedar reducido a partículas del tamaño que sea conveniente en cada caso. Haciendo pasar el vidrio derretido entre dos rodillos enfriados por agua también se obtiene un producto satisfactorio. El vidrio enfriado es después molido en un molino de bolas. Un molino de bolas es un cilindro grande, forrado con bloques de porcelana o sílice y lleno hasta la mitad de bolas de porcelana o guijarros. La carga de vidrio se vacía en el molino y la rotación del cilindro y el choque de las bolas la muele.

Cuando se va a aplicar el esmalte por el método de proceso seco, la frita perfectamente seca se pulveriza hasta un grado de finura que permita sea espolvoreada sobre el artículo que vaya a ser recubierto. El pasar el esmalte por un ta -

miz sacudiéndolo sobre el artículo que va a ser esmaltado - se llama espolvoreado en el esmaltado por proceso seco.

En este proceso seco es condición que la pieza sobre la cual se va a espolvorear la frita este a una alta temperatura que favorezca la adherencia y fusión inicial, que posteriormente se completa dentro del horno.

Métodos de Preparación. - El proceso húmedo para el esmaltado porcelanizado es el más común y requiere los mismos molinos pulverizadores, pero en este caso la frita se carga dentro del molino junto con el agua, la arcilla y los electrolitos ( sales inorgánicas) para formar una suspensión acuosa de esmalte molido. Las arcillas en combinación con algunas sustancias de la frita solubles en el agua, y con las sales que se les añaden, producen una suspensión de las partículas de vidrio finamente molidas, que es similar a la pintura. El tamaño de las partículas de una suspensión es controlado por el tiempo que dura la molienda. La prueba de finura se establece generalmente sobre la base de experiencias anteriores.

Una carga de tipo normal para una molienda por proceso húmedo, es como sigue:

100 partes de frita ( vidrio enfriado por agua)  
6 partes de arcilla  
1/4 parte de carbonato de potasio  
40 partes agua

Se muelen a la finura especificada.

El residuo seco que se retiene en un tamiz de 200 mallas cuando se lavan a través de él 100 gramos de esmalte molido, indica la finura de la molienda. Se hace pasar después el residuo seco a través de un harnero, con golpes suaves, para asegurarse de que sean removidas las partículas más finas antes

de pesar el residuo. Este es un ejemplo de prueba de finura. Diferentes tipos de prueba de sedimentación servirán también para indicar la comparativa finura de las partículas del esmalte molido. Sin embargo el residuo que queda en un tamiz-standard especificado, es el método aceptado para la prueba de finura.

Después de molerlo hasta obtener la finura especificada el esmalte molido es descargado del molino y cernido para re mover las partículas grandes o terrones. Las partículas de hierro que pudieran haberse introducido durante procesos anteriores, son removidas magnéticamente. La consistencia, (ge neralmente llamada cuerpo) del esmalte molido a una gravedad específica standard, es fijada según los requerimientos de su uso. La gravedad específica es una función del contenido de agua en cualquier fórmula; sin embargo en algunos casos se determina el contenido de agua. Varios componentes de la carga del molino pueden ser variados a fin de producir la consistencia deseada en el esmalte molido.

En este punto el proceso del material antes de ser a plicado como capa de esmalte sobre los artículos, está termi nado y la base de metal sobre la cual se va a aplicar el esmalte debe estar preparada en forma debida. El diseño de los artículos que van a ser esmaltados debe ser tal que mantengan su forma al ser sometidos a las temperaturas que requiere el esmaltado porcelanizado. Cualquier esquina o quiebre en el contorno debe tener suficiente radio de mancha que la compresión en el esmalte no lo obligue a salirse del metal. La ten sión superficial del esmalte a las temperaturas de quemado también tenderá a arrancar el revestimiento de una orilla de corte agudo. Por lo que se considera que las esquinas o quie

bres deben tener un radio mínimo de  $3/16$ ", pero sería conveniente que fueran mayores ya que la resistencia a fracturas es pobre en radios pequeños.

La base metálica debe ser uniforme en toda su extensión sin inclusiones de materiales extraños o cavidades producidas por gas. La soldadura debe ser de un tipo que produzca una condición metálica equivalente a la parte que está soldada y debe tener un acabado uniforme y pulido cuando el area -- soldada va a ser cubierta con esmalte porcelanizado.

El hierro fundido que se va a emplear para el esmaltado porcelanizado debe ser perfectamente sopleteado por chorro de arena, (una mezcla de aire y arena bajo presión que es dirigida contra la superficie) para remover una capa superficial y dejar así una superficie completamente limpia y con la aspereza necesaria para la adherencia de la capa de esmalte. El sopleteado de arena puede usarse para cualquier metal que pueda retener su forma durante el sopleteado. Los aceros inoxidables tienen que ser limpiados por chorro de arena a presión para que puedan dar resultados satisfactorios al ser esmaltados. El oro, el cobre y la plata solo requieren ser limpiados restregándolos para tener una superficie conveniente para el esmaltado. Estos metales no se enmohecen facilmente y por lo mismo el método para su limpieza no es muy escrupuloso. El aluminio requiere un tratamiento especializado ; la práctica actualmente en uso para esmaltar el aluminio no ha progresado hasta el punto en que puedan ser fijados todos los requerimientos de su procesado.

La lámina de hierro de bajo contenido de carbón e impurezas, y libre de inclusiones y laminaciones sirve co-

mo metal base para la mayoría de los esmaltados porcelanizados comerciales. La superficie del hierro es sometida a tratamiento para prevenir su enmohecimiento y a menudo se usan lubricantes al dar forma a las distintas piezas. El hierro que ha estado almacenado por un periodo de tiempo puede estar enmohecido, y las partes soldadas tendrán escamas de hierro -- cerca de las soldaduras. Ahora bien, como es indispensable -- que la superficie del hierro este completamente limpia para la aplicación satisfactoria del esmalte, el remover de ella -- todo material extraño es una de las operaciones más importantes en todo el proceso del esmaltado. Las capas de sustancias resistentes al enmohecimiento y los lubricantes que se usen deben ser de tipos especiales para este uso para que -- sean facilmente removibles; generalmente se emplea una solución de jabón alcalino a la temperatura de ebullición para -- remover estas capas. Templando el hierro a una temperatura que quemee esas capas y produzca un escamado en el hierro, se asegurará la remoción de los materiales orgánicos. Aunque -- hay que advertir que la operación de templado no resulta económica.

Es pues necesario remover el moho y los preventivos contra moho, así como los lubricantes empleados para dar forma a las piezas y además hay que dejar una rugosidad en la superficie del acero, todo esto se logra por una operación completa de limpieza del metal por medio de un baño ácido que removerá la superficie del hierro dejando una rugosidad en el metal.

A menudo se aplica también una capa muy ligera de níquel por reacción química con una solución de sulfato de níquel.

quel. La rugosidad del metal producida por el baño ácido o picado y la película de níquel que queda sobre su superficie, contribuyen a la subsecuente adherencia del esmalte al hierro.

El hierro que ha sido limpiado queda sujeto al ataque rápido del orin, que es, por supuesto, perjudicial a la operación del esmaltado. Un baño alcalino después del anterior tratamiento neutralizará cualquier residuo de ácido y dará alguna resistencia al enmohecimiento durante el tiempo de almacenamiento.

Al estar preparado el esmalte para el porcelanizado y la base metálica, la operación del esmaltado porcelanizado es llevada a término por la aplicación del esmalte, el secado posterior del agua ( si se emplea el proceso húmedo) y el quemado de la capa de esmalte vitreo. Las aplicaciones por proceso seco han sido tratadas brevemente; la capa base para el proceso seco generalmente es aplicada por proceso húmedo. La aplicación del procedimiento húmedo es llevada a cabo por rociado, por inmersión o drenado.

**Métodos de Aplicación.** -La mayoría de las capas base de esmalte son aplicadas por drenado. El esmalte molido es ajustado cuidadosamente hasta obtener el revestimiento apropiado para las piezas que, debidamente preparadas, son sumergidas en un tanque con esmalte molido, deslizándolas dentro del esmalte y sacándolas para colgarlas para su drenado, colocándolas en un ángulo que permita que sea drenado el exceso de esmalte.

El revestimiento cubierta, o última capa, puede ser aplicado también por drenado cuando las piezas tengan el di

seno apropiado. Como antes se dijo los revestimientos o capas de cubierta son esmaltes porcelanizados aplicados sobre una capa base previamente cocida a fuego.

Por el proceso de inmersión las piezas son sumergidas en un tanque con esmalte molido, ajustado en todo a su debido punto según el tipo especial de esmalte que se desee aplicar. La pieza, al sacarla del tanque, es sostenida por las manos del operador o por medio de pinzas, y se le hace girar u oscilar para remover de ella el exceso de líquido y dejar una superficie completamente tersa.

El rociado de esmaltes porcelanizados se diferencia del rociado de pintura en que el baño aplicado es más pesado, con más cuerpo, y en que el esmalte porcelanizado es más abrasivo. Por estas razones el equipo para rociado está especialmente diseñado para usar esmalte porcelanizado. El rociado se hace a mano o por medio de máquinas automáticas; muchas piezas tienen que ser rociadas a mano porque no son adaptables a una máquina de rociado automático. Una pistola para aspersión introduce el esmalte dentro de una corriente de aire comprimido; el líquido es atomizado al mezclarse con el aire y es dirigido dentro de un patrón que hace posible el que sea depositado sobre la superficie del metal en una capa uniforme.

Ciertos tipos de diseño son aplicados por mallas u otros métodos de transferencia. Los esmaltes que se aplican por malla o por transferencia por rodillos, son suspendidos en aceites especiales y generalmente se aplican sobre una capa ya quemada de esmalte. También se usan ocasionalmente calcomanías para la aplicación de diseños de color sobre una capa



ya horneada de esmalte. Se requiere un segundo cocimiento para fundir estos diseños dentro de la capa ya quemada.

Cuando la capa de esmalte porcelanizado ha sido aplicada, ya sea por inmersión o por aspersión, la pieza que se está procesando debe ser secada para que elimine el agua. El secado generalmente se lleva a cabo a temperaturas entre 210 y 300°F. Los aparatos para secado son construidos y ajustados para producir una capa seca (baño de biscuit o bizcocho) sobre las piezas, en la proporción establecida por el proceso de aplicación. Esto permite un movimiento directo desde la aplicación del esmalte hasta los secadores. La capa de biscuit es suficientemente fuerte para soportar un manejo cuidadoso pero puede ser quitado fácilmente de la superficie por lavado o cepillado.

Después de la operación del secado cualquier area que se desee quede libre de la capa de esmalte porcelanizado -- puede ser cepillada para quitarle el material. Un procedimiento así se emplea en la fabricación de muchos tipos de rótulos o letreros. Para producir diseños multicolores se emplea el cepillado usando una serie de estenciles y aplicando varios colores. Las orillas negras y areas negras alrededor de los agujeros para los tornillos también son obra del cepillado. El negro es usado con alguna frecuencia para la capa base en el esmaltado porcelanizado aplicándolo en una capa delgada para reducir las tendencias a fracturas.

Fin del Proceso de Esmaltado. Después de que la pieza esta seca, cepillada si es necesario, e inspeccionada para asegurarse de que la capa de biscuit no tiene ninguna mancha se encuentra lista para la operación de quemado. Las piezas-

son colgadas o colocadas dentro del horno en soportes resistentes al calor. Las piezas son quemadas a la temperatura y por el tiempo establecido para ese esmaltado en particular y también para la pieza que esta siendo procesada. Los artículos más pesados requieren un tiempo más prolongado para alcanzar determinada temperatura. La transferencia de calor a la pieza que esta siendo porcelanizada se realiza principalmente por radiación. Los hornos pueden ser de tipo continuo (recto o tipo "U") o intermitentes (de caja) y estos dos a su vez pueden ser de mufla o eléctricos. En general es necesario que no exista contacto entre los gases de la combustión y el esmalte, ya que éste resultaría contaminado y con graves defectos. Los gases que resultan de la combustión son perjudiciales para el material de revestimiento y deben ser excluidos de la cámara donde se lleva a cabo el quemado de las piezas esmaltadas.

Después de quemar y enfriar las piezas porcelanizadas, si ya tienen su capa de cubierta, están listas para su inspección, pruebas necesarias, ensamblado y empaclado. Si solo han recibido la capa base y se intenta darles más capas, regresan a la sección de aplicación de esmaltes, para continuar su proceso.

Los detalles de las operaciones, muy brevemente descritas aquí, se dan en los siguientes capítulos.

## C A P I T U L O II .

SELECCION DISEÑO SOLDADO Y PREPARACION DEL METAL

PARA EL ESMALTADO PORCELANIZADO.

1a. Parte. SELECCION DISEÑO Y SOLDADO DEL METAL  
PARA EL ESMALTADO PORCELANIZADO.

2a. Parte. PREPARACION DEL METAL PARA EL ESMALTADO  
PORCELANIZADO.

## CAPITULO II .

### SELECCION DISEÑO Y SOLDADO DEL METAL PARA EL ESMALTADO PORCELANIZADO.

Para obtener productos esmaltados de alta calidad, debe darse especial atención a todos los factores de selección, di seño y soldado del metal.

La selección de laminas de hierro para el esmaltado por celanizado se basa en los siguientes factores:

1o. La lámina de hierro debe porcelanizarse sin defec - tos. Las siguientes propiedades son importantes: bajo conte - nido de carbón, ausencia de gases perjudiciales en el hierro, su estructura debe ser tal que no se junten cantidades exce - sivas de hidrógeno durante el esmaltado, (tales como escoria, laminaciones, separación de carburos, etc.). Los ensayos con esmalte porcelanizado pueden ser el único medio para lograr una evaluación completa. Debe además, de encontrarse libre de inclusiones sólidas, sin variaciones en composición o es tr uctura de una lámina a otra y tener una superficie de tex tura uniforme.

2o. La hoja de hierro debe de tener las propiedades re - queridas para el delineado de la forma y soldado, necesa -- rios para la fabricación de la pieza.

3o. Las medidas (espesor) del hierro deben de ser las - necesarias para darle la fuerza requerida durante el proce - so del esmaltado y después de él. El tamaño, forma y tipo - de soportes que tendrá la pieza durante su quemado y ensam - blado, así como la temperatura de su quemado, determinarán - las medidas de espesor requeridas.

40. La resistencia a combarse del hierro debe ser su ficiente para que la pieza mantenga su forma durante las altas temperaturas del quemado. También es necesaria tal resistencia para obtener dimensiones exactas después del acabado. En general el hierro especial para esmaltado tie ne una buena resistencia a deformaciones y torceduras.

50. El allanado que requiera la lámina será determina do por la tolerancia en dimensiones que se pueda permitir en el artículo acabado.

Dos de los requisitos importantes para las superficies para esmaltar, son la facilidad para remover de ellas a ceites, grasas y compuestos lubricantes, y el que después de ser limpiadas por baño ácido permitan una aplicación u niforme del esmalte. El que no se produzcan hervores o e voluciones de gas durante las primeras etapas del quemado del esmalte, es también una característica importante.

En superficies de acero, el que se encuentren libres de tensiones depende en gran medida del proceso de lamina do al manufacturarlo. Durante la fabricación de las pie zas pueden producirse tensiones en el metal, pero éstas se eliminan o reducen por un diseño apropiado y por des temple.

El hierro especial para esmaltado se controla química mente durante su manufactura, de manera que se pueden de tectar sus defectos al analizarlo, antes de laminarlo. El requerimiento especial, por lo que concierne a su análi sis químico, es un bajo contenido de carbón y también de be ser bajo en otros metaloides.

Diseño de piezas para esmaltado porcelanizado. Un di

seño apropiado es la primera consideración en la manu -  
factura de una pieza esmaltada, y el primer paso en el  
diseñado es la determinación de las dimensiones correc-  
tas. Si una pieza se mantiene dentro de dimensiones razi-  
onables y dentro de una relación adecuada de dimensio-  
nes, es más fácil determinar su contorno o forma. Una -  
hoja plana cuadrada, de tamaño medio es probablemente -  
la forma más fácil de esmaltar y una tira angosta es u-  
na de las más difíciles, especialmente si no tiene pes-  
tañas o bordes. Las piezas grandes y de forma irregular  
necesitan pestañas o realces para reforzarlas.

El tamaño y forma de una pieza determina el espesor  
de lámina necesario, y la selección del espesor es uno -  
de los problemas del esmaltador. En efecto una de las des  
ventajas de la lámina de hierro como base para el esmal-  
tado es que se obtiene en espesores demasiado delgados.  
La siguiente lista da algunas de las medidas mínimas de  
espesor que debería usarse para piezas de determinadas-  
medidas:

Largo	Ancho	Espesor Mínimo.
Por abajo de 24 pulgadas	12 pulgadas.	24
24" a 32"	12 a 20 "	22
32 a 60"	20 a 26 "	20
5 a 8 pies	26 pulgadas a 3 pies	18
Más de 8 pies	Más de tres pies	16

Estas dimensiones son para paneles que se usan en  
estufas, refrigeradores, etc. Para piezas grandes, suje-  
tas a tensiones y choques, debe emplearse metal de una

a dos medidas más de espesor. La selección de un calibre adecuado evitará defectos tales como torcimientos, "líneas de pelo", deformaciones, desportillamientos, etc., así que es de la mayor importancia esta fase del diseño. A medida que mejora la calidad del hierro, se pueden utilizar calibres más livianos, pero no es posible dar una regla definida para seleccionar un calibre determinado de metal desde el punto de vista de la seguridad. El uso, en muchos casos, irá dictando la utilización de calibres más o menos gruesos para una determinada pieza.- El diseñador que opte por un calibre más grueso estará en terreno más seguro que el que opte por lo contrario. En el esmaltado porcelanizado de piezas para la arquitectura puede hacerse necesario utilizar un calibre superior, por la necesidad de que los paneles sean perfectamente planos. Para determinar las medidas para las piezas hay que tener en cuenta el tipo de equipo para quemado de que dispone la planta. En hornos de caja -- cualquier pieza que puede ser sostenida en forma apropiada puede ser quemada y en hornos continuos, el método que se emplea para colgar las piezas y, en algunos, el radio de la vuelta, en el extremo del horno, son los factores de limitación.

El diseñador tiene que tener en cuenta las limitaciones en diseño a que induce el esmaltado; para esto será necesario instruirlo en los conocimientos y experiencias de los esmaltadores, tomando en cuenta el efecto de las altas temperaturas sobre la lámina, prestando atención, como ya se dijo, a factores como calibre ade-

cuado del metal, tamaño y forma de la pieza, ensamblado, rigidez, posición y forma en que la pieza va a ser colocada o colgada durante su quema. De un diseño apropiado, entre otras cosas, depende que la pieza sea suficientemente resistente para evitar tendencias a deformaciones y fallas en el producto terminado.

Pestañas y realces. Al fabricar la pieza casi invariablemente es necesario doblar el metal en algún ángulo, generalmente recto, Son preferibles las piezas con pestañas y orillas salientes que puedan ser cubiertas en el ensamblado porque las orillas recortadas no pueden ser completamente cubiertas con el esmalte. Las piezas rectangulares, de dimensiones grandes, deben tener bordes salientes, para sostener la pieza mientras es esmaltada, especialmente si no se le pueden hacer perforaciones para suspensión. Cuando las piezas son grandes, planas y sin pestañas y van a ser horneadas en soportes de clavija, se requiere que el hierro tenga un espesor extra grueso. Si a estas piezas se les hacen perforaciones en los sitios apropiados, se mantendrán derechas al ser colgadas durante su quemado. Las dimensiones de las pestañas son importantes, su ancho no debe ser inferior a 10 mm. y si lleva perforaciones para su montaje, el mínimo es de 13mm. Los bordes o realces deben usarse -- cuando tienen un valor de diseño muy definido y no es posible hacer la pieza sin ellos. Cuando se usan, deben tener radios suficientemente grandes para evitar "lineas de pelo" o "astillado" en el esmaltado. Es necesario evitar radios pequeños, porque la tensión superficial -



del esmalte a la temperatura de quema tenderá a separar la capa de las esquinas que forman ángulo agudo y la compresión en la capa tenderá a forzarlo hacia afuera de la orilla. El radio mínimo para una superficie que se va a esmaltar es de  $3/16$ ", pero es conveniente que tengan radios mayores.

Cuando una pestaña de 25 mm. o más de ancho va a ser visible después del ensamblado, es necesario que sea perfectamente recta y a un ángulo exacto. Para lograr esto la pieza debe ser sostenida en forma apropiada durante su quemado. Es recomendable hacer los laterales de las pestañas de las mismas dimensiones que las pestañas mismas si es posible. Si el diseño no permite esto se puede utilizar un pequeño tirante unido con soldadura de punto a ambas pestañas; en ningún caso debe este tirante estar soldado en la parte de atrás de superficies que van a ser esmaltadas. Las orillas con bordes o enrolladas pueden usarse en piezas simétricas, que necesitan una orilla uniforme y de buena apariencia, como puertas de refrigerador, etc.

Se deben evitar, hasta donde sea posible, perforaciones, ranuras, cortes y agujeros grandes (10 mm.) en las pestañas, ya que todas las tensiones a que está sujeta la pieza durante su manejo, se concentran en esos puntos, transmitiéndose a la superficie plena y dañando frecuentemente la pieza.

Las causas de un calentamiento sin uniformidad son:  
1 - Grueso extra del metal. Como el que resulta al soldar a un panel tiras o agarraderas. Las tiras que se u-

nen al metal deben ser de poco espesor, la mitad del -  
grosor del panel, para evitar que se encorve entre los  
puntos de unión. Las perforaciones en los sitios en que  
son soldadas las agarraderas ayudan a reducir los "si -  
tios fríos" causados por las agarraderas. 2 - Las for -  
mas que no permiten que un calor igualmente radiante -  
llegue a todas partes; como sucede cuando tienen bor -  
des de retorno. La desigualdad en el calentamiento es -  
debida a que la superficie está en parte protegida de -  
la radiación. Algunas diferencias de calentamiento pue -  
den ser causadas por concentraciones del metal en una -  
area de la pieza; por ejemplo una tina con placa fron -  
tal, que tiene el doble de peso en la parte del frente.  
3 - Las formas simétricas son de desearse con preferen -  
cia a otras. Las orillas de una pieza rectangular pla -  
na se calientan más rápidamente que el centro. Las es -  
quinas se calientan más lentamente que el centro de pa -  
neles ya formados. Un calentamiento sin uniformidad -  
puede hacer que las piezas se deformen y ocasionen de -  
fectos serios sobre las superficies porcelanizadas, como  
rasgaduras, líneas de pelo, astillados, etc. 4 - El -  
permitir cierto efecto de combado puede ser convenien -  
te en algunas piezas. Cuando se aplican dos capas de -  
esmalte en un lado de una pieza y una sola capa en el -  
otro lado, la compresión en el esmalte tiende a produ -  
cir una superficie convexa en el lado que tiene dos ca -  
pas; en estos casos una superficie cóncava será mejor -  
que una plana para frustrar ese efecto.

Además de las características anteriores para un

diseño correcto, hay la posibilidad de mejorar la apariencia de las piezas, así como su resistencia a desportillamientos, por medio del cepillado. A pesar de que esta operación no es de diseño, los diseñadores deben tener interés en este proceso y familiarizarse con las propiedades de disminución del esmalte en las orillas y filos, así como al rededor de perforaciones, y con sus propiedades decorativas, con el fin de aunar la necesidad con la buena apariencia. El cepillado implica la eliminación del esmalte, después de secado, sobre ciertas áreas, para exponer la capa base de color con el fin de adelgazar el esmaltado donde es necesario para evitar defectos en el ensamblado, embarque y uso. Más adelante se tratará todo lo relativo a este proceso.

Soldado. Muchas piezas de lámina de hierro tienen que ser soldadas para unir las antes de esmaltarlas. Es recomendable el uso de conductores o guías para soldar con el fin de mantener la pieza en su debida posición. Las partes que llevan algún quiebre deben ser dobladas en el ángulo preciso, ya que el doblarlas a un mayor o menor grado puede dar por resultado tensiones en la pieza después de soldada, con deformaciones y posiblemente "líneas de pelo" en el esmaltado como resultado final. Todas las secciones que van a ser soldadas conviene que tengan el mismo espesor, ya que si se usa metal de medidas diferentes en el mismo artículo, resultarán deformaciones debidas a falta de uniformidad en el quemado y enfriado de la pieza.

Para soldar con gas se emplea una flama neutral y un tamaño apropiado de puntas para soldar, según el espesor del metal. Al soldar las impurezas y gases suben a la su -

perficie; si la soldadura se hace del lado que va a quedar expuesto, es conveniente levantarla bastante, de tal manera que al ser pulida, el material que contiene estas bolsas de gas e inclusiones de escoria, sea removido, quedando una soldadura limpia y sin impurezas. Cuando es posible hacer las soldaduras por el lado opuesto, no es necesario pulirlas mucho, pero si aplicarles calor suficiente para que el metal pase a través de la juntura, obteniendo así una soldadura más o menos plana. Cuando se asoma un pequeño borde de soldadura por el lado interior, puede suponerse que se ha hecho un buen soldado, que no se abrirá durante las operaciones del esmaltado.

Deben emplearse las varillas apropiadas para soldar, - el fabricante de la lámina podrá indicar cuales deben usarse. El soldador no debe usar una flama demasiado caliente porque el hierro puede oxidarse demasiado y la oxidación-excesiva ocasiona problemas durante el proceso del picleado (baño ácido para la limpieza del metal). En algunos casos es recomendable limpiar ligeramente, por chorro de abrasivos, las soldaduras, para que los ácidos del picleado puedan atacar mejor el acero oxidado.

La soldadura eléctrica de arco no está considerada como un método muy satisfactorio para soldar piezas que van a ser porcelanizadas. Sin embargo el rápido desarrollo de los últimos años puede pronto llevar a la fabricación de una máquina que de mejores resultados. El soldado de ráfaga, si es bien hecho, puede usarse en el esmaltado porcelanizado, procurando que no deje agujeros o burbujas en la soldadura. La soldadura por puntos es el método más util-

para juntas pequeñas, o sobre metal de espesor considerable. La soldadura eléctrica de costura, se usa en piezas que tengan poco espesor, para costuras largas. El soldado de arco no es siempre recomendable, como ya se dijo, debido a su contenido de fundentes, al escamado que produce y a su falta de uniformidad. En las soldaduras de flama se usan varillas de la misma composición que el hierro, no se usan fundentes y se emplea una flama neutral. La soldadura de arco sumergido es buena.

Al diseñar las piezas no debe escatimarse esfuerzo para que el soldado quede oculto, de manera que la superficie visible del esmaltado porcelanizado no tenga que hacerse sobre soldaduras. Sin embargo hay muchas piezas, tales como las de refrigerador, en que es imposible hacerlo, y hay que cubrir muy bien las soldaduras con el esmalte -- porcelanizado.

Las especificaciones generales para soldar deben tender a que se logre una uniformidad continua en la condición del metal, semejante a la de la lámina de hierro, -- por lo que es necesario remover cualquier orilla aguda o aspereza que tengan las soldaduras, que deben quedar sin fallas y libres de escoria o escamado. El limpiar el metal antes de soldarlo ayuda a prevenir estos defectos.

Muchas de las operaciones necesarias para dar forma a las piezas requieren el uso de compuestos lubricantes -- sobre la superficie del hierro para manejarlo mejor. Estos compuestos deben ser de un tipo fácilmente removible por las soluciones limpiadoras convencionales usadas en la planta para la limpieza del metal y para el picado.

Generalmente se usan aceites orgánicos o jabones de aceite. Los materiales con colorantes que contienen grafito, zinc, etc. no son recomendables. Los lubricantes de película se dan buenos resultados, en general son boratos solubles y la película está seca antes de manejar las partes de metal. Muchos de los aceites de tipo orgánico o películas de jabón que quedan sobre el hierro pueden reaccionar con él al ser almacenado, particularmente si hay humedad en el almacén, dando esta reacción por resultado que se forman películas de sales de hierro insolubles, que no son removibles con los limpiadores convencionales, por esto en algunos casos es conveniente limpiar las piezas antes de almacenarlas. Los compuestos lubricantes pueden también producir depósitos que no se pueden limpiar cuando han sido sometidos a algún calentamiento, por lo que es conveniente limpiarlos antes de soldar o temprar las piezas.

Después de dar forma a la pieza y soldarla, los arañazos hondos, abolladuras y arrugas que se forman a veces al manejar la pieza, deben ser tratados hasta dejar un terminado completamente liso sobre la lámina. Por supuesto es conveniente que todas las operaciones se hagan de tal manera, que los terminados subsecuentes sean mínimos. La inspección de abolladuras y demás imperfecciones de la forma en crudo requiere el mayor cuidado porque la superficie brillante del esmaltado porcelanizado mostrará las imperfecciones que no son perceptibles en la pieza sin re-vestir. Las abolladuras, pestañas encorvadas y partes ligeramente deformadas, pueden ser enderezadas en una operación de banco. El uso cuidadoso de martillos, pinces y -

herramientas para doblarlo. Llevará a cabo la remoción de imperfecciones de muchos tipos. Las soldaduras, arañazos y algunas asperezas pueden ser removidas por un terminado que se le da al metal con ruedas o discos abrasivos. Un abrasivo muy fuerte dejará un acabado muy tosco que puede notarse en la superficie una vez esmaltada, en tanto que una superficie muy pulida, producida con un abrasivo muy fino (particularmente cuando es hecha en seguida de la limpieza del metal con baño ácido) dará por resultado una mala adherencia. El aglutinante que se usa en ruedas y discos es de importancia, ya que cualquier materia orgánica que se le pega al metal y es después cocida dentro de su superficie, ocasionará defectos visibles en el esmaltado.

Es de particular importancia que el metal tenga un acabado correcto cuando se va a emplear para acabados en blanco de una sola capa. En estos casos generalmente se usan aceros especiales.

Hay muchos tipos no determinados de depósitos superficiales que interfieren con el esmaltado, éstos se notan especialmente cuando los esmaltes son horneados a temperaturas bajas o en capas de cubierta directas al acero.

En resumen los compuestos lubricantes y los productos de reacciones producidas por el envejecimiento de los compuestos sobre el hierro ocasionan muchos problemas. Las materias orgánicas que se pegan dentro o sobre la superficie del hierro durante el soldado, son especialmente difíciles de limpiar. También las láminas que se oxidan o ensucian durante su almacenamiento son un problema para limpiarlas.

Para obtener un buen resultado en las operaciones subsecuentes del esmaltado porcelanizado, es necesario emplear láminas limpias, o fáciles de limpiar, almacenarlas por el menor tiempo posible, dándoles la protección adecuada durante su almacenamiento, controlar bien las operaciones de prensa y soldado, someterlas a un lavado apropiado después de darles forma y colocarlas en una buena area de almacenamiento por un corto periodo, continuando el proceso a la mayor brevedad.

Formas de Aluminio. Para seleccionar la aleación que se va a emplear para el esmaltado porcelanizado, se tienen en cuenta sus características de fuerza, facilidad de manejo y tratamiento y posibilidad de porcelanizarlo. El 61S es el que se usa más frecuentemente para el esmaltado. Lo dicho sobre formado, limpieza, etc. al hablar sobre el hierro, se aplica igualmente al aluminio. La limpieza de las superficies sucias de aluminio, que debe hacerse sin atacar demasiado el metal, presenta problemas difíciles que de ser posible hay que evitar. Para el aluminio se pueden usar capas de esmalte más delgadas que para el hierro, se quema a temperaturas más bajas (950°F.), tiene mayor ductilidad, tolera radios más pequeños, acepta el uso de calor por convección, sus necesidades en cuanto a uniformidad de calentamiento de las diferentes areas de la pieza, son menos críticas que para el hierro; todo esto contribuye a facilitar su diseño.

Acero Aluminizado. Debe ser tratado igual que el aluminio por lo que respecta a depósitos en la superfi



cie, etc., ya que el problema de la limpieza es el mismo. Para su diseño se deben de seguir las especificaciones dadas para láminas de hierro, con la excepción de que el soldado por puntos parece ser la única forma de unión aceptable. Se requiere un control muy cuidadoso del soldado por puntos para el acero aluminizado.

Formas de Hierro Fundido. La calidad del hierro fundido para esmaltado porcelanizado depende de las prácticas seguidas para su moldeado y fundido, así como de su composición. Un análisis generalmente aceptado del hierro fundido es el siguiente:

Silicon .....	2.50	Sulfuro .....	0.08
Fósforo .....	0.70	Carbón libre .....	3.00
Manganeso .....	0.60	Carbón combinado..	0.40

Las prácticas del moldeado y fundido deben controlarse de manera que resulte un fundido denso y terso, sin áreas aceradas y sin contenido de escoria.

El diseño de piezas que van a ser esmaltadas debe tender a la uniformidad de las secciones transversales para lograr un calentamiento uniforme de las piezas. El espesor del hierro fundido debe ser el necesario según el diseño y tamaño de la pieza. Las orillas deben tener un radio mínimo de 3/16".

El hierro fundido de peso más ligero y secciones transversales más uniformes, que retenga bien su forma durante el quemado del esmalte, será el más apropiado para este uso.

Otros Metales. Los metales nobles como el oro y la plata se esmaltan fácilmente; el uso de estos metales queda confinado muy principalmente a la joyería. El co-

bre puro es también usado en joyería; su acabado es fácil porque no requiere capa base, por lo que ofrece algunas posibilidades para aplicaciones comerciales. El diseño para piezas de cobre debe basarse en las especificaciones dadas para lámina de hierro.

El acero inoxidable puede ser esmaltado si es bien -- limpiado por chorro de arena. El diseño de las piezas debe tender a facilitar que se haga esta limpieza en forma completa y debe ajustarse, hasta donde sea posible, a las especificaciones dadas para hojas de hierro.

Tolerancia para Espacios Libres. Las perforaciones para tornillos se deben hacer dándoles un claro de 1.5 mm más de diámetro que el del tornillo normal. Esto se hace teniendo en cuenta que el espesor del esmalte sobre la arista de una perforación, es de 0.4 mm., lo que en el diámetro dará una disminución aproximada de 0.8 mm. Esta medida podría ser suficiente, pero debido a la tendencia del esmalte a acumularse en las perforaciones, se reduciría el diámetro real de la perforación que se tendría que volver a abrir, por lo que es preferible dejar una tolerancia de 2.4 a 3 mm., si es posible. En caso de que las piezas se unan en una esquina, donde el fundente se acumula durante el drenado, se debe dar una tolerancia de 3mm. La misma tolerancia requieren las esquinas soldadas, por el exceso de metal, para evitar que el metal fundido fluya hacia la junta y aumente el espesor de la soldadura.

CAPITULO II  
Segunda Parte.  
PREPARACION DEL METAL PARA EL  
ESMALTADO PORCELANIZADO.

La preparación de las superficies metálicas que van a ser esmaltadas es uno de los procesos de mayor importancia en relación con la calidad del acabado de los artículos producidos. Esta preparación del metal debe remover los diferentes tipos de materiales que lo ensucian y que se le van acumulando durante las etapas anteriores de manufactura, corte, formación etc.

Además de limpiar la superficie del metal debe éste prepararse en forma apropiada para que tenga la adherencia necesaria para las subsecuentes aplicaciones del esmalte porcelanizado. En las siguientes líneas se hace resaltar la importancia de la secuencia apropiada de los diferentes pasos del proceso y de los métodos de control del mismo.

A las láminas de hierro o acero que se obtienen del abastecedor no se les puede aplicar el esmalte porcelanizado tal y como se reciben. Estas láminas generalmente se empaquetan secas, sin una capa protectora, durante su almacenamiento están expuestas al orin, a menos que se guarden en un lugar completamente libre de humedad, y al retirarlas del almacén se les aplican diferentes tipos de lubricantes para facilitar las operaciones de corte y formación de las piezas. Así pues esta etapa de la limpieza del metal tiene - como ya se dijo, un doble objetivo, remover los aceites o preventivos contra enmohecimiento y remover los jabones y-

aceites que se le hayan aplicado al acero en el proceso de formación y además dar a la superficie del metal cierta rugosidad o aspereza para que ofrezca una base adecuada para la aplicación del esmalte porcelanizado y para asegurar una buena adherencia. Esta rugosidad la adquiere el metal por medio del picado (baño en ácido) de la pieza ya formada, en ácido sulfúrico o en iones férricos, o en ambos. Una capa delgada de níquel aplicada a la superficie metálica inmediatamente después de la limpieza con baño químico, también contribuye a crear las condiciones favorables para la adherencia. Por último, como el metal se limpia con materias alcalinas y se usan también materiales ácidos para el picado, es necesario usar un neutralizador en la etapa final para neutralizar las sales ácidas que hayan quedado sobre la superficie del metal y prevenir el enmohecimiento antes de la aplicación del metal.

#### SISTEMAS DE LIMPIEZA.

Hay tres tipos principales de sistemas de limpieza y picado en uso a través de toda la industria del esmaltado porcelanizado:

- 1 - Por inmersión de la carga
- 2 - Por inmersión automática.
- 3 - Por rociado automático.

Inmersión de carga. El sistema de inmersión de carga es de uso general siempre que el proceso del picado requiere versatilidad debido a la variedad de tamaños y formas o por la necesidad de operar con un número reducido de artículos. El tiempo de duración de los ciclos y las temperaturas de los tanques pueden ser cambiados fácilmente para a -

comodarse a cualquier condición local. Este sistema utiliza un riel alto o transportador para mover las cestas con las piezas de un tanque a otro. También se emplea un equipo semi automático que reemplaza al de cestas movidas a mano.

Con este sistema se usan cestas de un metal resistente a la corrosión en los tamaños apropiados para las necesidades locales. Es muy importante que las piezas sean colocadas dentro de las cestas en forma apropiada para que puedan ser totalmente bañadas por los limpiadores y ácidos, puedan tener un escurrimiento conveniente antes del enjuague, y para que todas sus superficies queden perfectamente enjuagadas.

Inmersión Automática. Estas máquinas han sido hechas para facilitar los programas de alta producción según las prácticas modernas de manufactura. Las piezas son colgadas de ganchos que son llevados por brazos que transportan los artículos progresivamente a través de las diferentes etapas por medio de una cadena. Como la velocidad de la cadena tiene poca extensión los ciclos de tiempo para cada tanque son fijos. Al mover las piezas a través de las diferentes soluciones ocurre un aumento en la acción química. Cuando se emplea este sistema se pueden incorporar también etapas de rociado y enjuague, así como boquillas de niebla para mantener húmedos los artículos en los puntos de transferencia. Es muy importante que la transferencia de las piezas de un tanque a otro sea rápida, para que permanezcan fuera de los tanques de ácido el menor tiempo posible.

Rociado Automático. Este sistema emplea rociadores eléctricos para aplicar las soluciones. Las piezas se colocan en ganchos suspendidos de una cadena alta, o se acomodan sobre cintarones de malla, cables recubiertos o cestas. En todos estos

casos las piezas son llevadas a través de un tunel con aparatos rociadores en cada etapa. Las soluciones recirculantes - son continuamente aplicadas a las superficies de las piezas - aumentando su acción en cada etapa. Las piezas cuya forma impide que el rociado bañe completamente toda su superficie no son apropiadas para este sistema. En la mayoría de los casos el tiempo de duración de los ciclos para cada etapa admite - poco ajuste, ya que la velocidad de la cadena no puede alterarse mucho y esta limitada por la duración de tiempo de los ciclos de los tanques.

#### LIMPIEZA.

La limpieza de las superficies metálicas antes de aplicarles el esmalte porcelanizado es el paso más importante en el proceso. Es de imperiosa necesidad llevar a cabo una limpieza competentemente realizada para asegurar un picleado apropiado, además hay que dejar sobre la superficie de las hojas de acero o láminas de hierro un depósito adecuado de níquel, y lograr una buena adherencia para el esmalte y un mínimo de defectos en su acabado.

Para obtener una eficiente preparación del metal en esta fase de la limpieza, hay que tener en cuenta cinco factores principales:

- 1 - Suciedades que deben ser removidas.
- 2 - Compuestos limpiadores para el metal.
- 3 - Equipos y sistemas de limpieza.
- 4 - Limpieza previa.
- 5 - Operación apropiada de la fase de limpieza.

Suciedades que deben ser removidas. Para mejor realizar esta operación de limpieza es necesaria una completa familiarización con las suciedades que deben ser removidas. Es

no pueden clasificarse como sigue:

- 1 - Aceites de fabricación - mezclas de aceites minerales, grasas, sulfonatos de petróleo y jabones fuertes para metal.
- 2 - Compuestos lubricantes (tipo seco) - Jabones de sodio y/o potasio, borax, ácidos grasos saturados o insaturados, y jabones fuertes para metal.
- 3 - Compuestos lubricantes (solubles en aceite) aceites minerales, grasas, ceras, ácidos grasos saturados o insaturados, alcoholes polihídricos y grasas sulfurizadas o cloradas o hidrocarburos.
- 4 - Compuestos lubricantes (emulsificables en agua) - mezclas de grasas libres (animales y vegetales), aceites minerales emulsificados, ceras, grasas sulfurizadas o cloradas o hidrocarburos y pigmentos. Hay cinco tipos diferentes de pigmentos:
  - a) Carbonato de calcio.
  - b) Talco (jabón de piedra, esteatita)
  - c) Grafito.
  - d) Sulfuro Molibdeno ( $MoS_2$ )
  - e) Mica.
- 5 - Preventivos contra enmohecimiento - ceras, vaselina aceites minerales, grasas y aditivos ( como jabones fuertes para metal e hidrocarburos oxigenados).
- 6 - Suciedades de taller - consistiendo principalmente de polvos y partículas metálicas que pueden ser orgánicas o inorgánicas.

Una combinación de algunos o de todos los contaminantes antes mencionados pueden encontrarse sobre las superficies metálicas, dependiendo de las necesidades de su fabricación. Sin embargo los materiales que contienen ceras, pigmentos o hidrocarburos deben evitarse de ser posible.

Sabiendo que tipo de materiales deben ser removidos se facilita seleccionar el método correcto y los limpiadores adecuados para llevar a cabo la limpieza.

Si las piezas han sido limpiadas inmediatamente después de darles forma o antes de ser soldadas, el problema de la limpieza será menor.

Compuestos para la Limpieza del Metal.- Hay tres tipos-

principales de limpiadores para el metal: alcalinos, solventes orgánicos y de emulsión, emulsificables o de emulsión di fásica.

Limpiadores alcalinos. Estos limpiadores contienen mezclas de hidróxido de sodio, carbonato de sodio, metasilicato de sodio, ortosilicato de sodio, fosfato de trisodio, pirofosfato de tetrasodio, boratos, agentes abrasivos

Los limpiadores alcalinos se emplean en la limpieza por inmersión, operada a una concentración de 6 a 12 onzas por galón de agua, a temperaturas de 180°F. hasta la temperatura de ebullición y en limpieza por rociado eléctrico, operada a una concentración de 1/2 a 2 onzas por galón de agua, a temperaturas de 140 a 180°F.

Solventes Orgánicos. Los limpiadores para metal de este tipo incluyen destilados de petróleo, solventes de alquitrán de hulla, hidrocarburos clorinados, metilo, etilo, cetona y otros solventes especiales. Cuando se emplean solventes orgánicos para la limpieza es muy importante que haya una ventilación apropiada porque estos materiales son inflamables o tóxicos, o ambas cosas. Los solventes clorinados se operan en frío o calientes. Cuando se operan por calor se usan desgrasadores de vapor y los vapores realizan la limpieza, pero cuando se operan en frío la limpieza se lleva a cabo por inmersión.. Los otros solventes mencionados son operados a la temperatura ambiente.

Limpiadores de emulsión, emulsificables o de emulsión - difásica. Los limpiadores de este tipo son mezclas de solventes, como ya se dijo, y emulsificadores. Se pueden operar desde la temperatura ambiente hasta 180°F. según el tipo de



solvente que sea emulsionado y a una concentración de 2 a 10 por ciento en agua. Estos materiales generalmente se usan cuando la limpieza se lleva a cabo por el sistema de inmersión pero también se emplean cuando el limpiado se hace con unidades de rociado.

Los limpiadores alcalinos son por lo regular usados como material principal para la limpieza. Los materiales restantes se emplean generalmente para la limpieza previa o especializada.

Todos los limpiadores mencionados pueden ser usados en tanques ordinarios de fierro negro.

Es muy importante seleccionar el material apropiado en cada caso para la limpieza. Cada sistema y cada situación requieren consideración especial. Cada uno será descrito al tratar de lo referente a sistemas de limpieza por picleado (baño ácido).

#### Equipo Para Sistemas de Limpieza.

Cada uno de los tres sistemas anteriormente mencionados pueden ser usados en la operación de la limpieza del metal.

Sistema de carga. El limpiador usado con este sistema es usualmente un limpiador alcalino fuerte que debe mantenerse a temperaturas suficientemente altas para sostener una fuerte acción agitadora dentro del tanque. Si el agua que se usa no es suave, el limpiador debe compensar la dureza del agua. Se necesitan dos o más tanques limpiadores para asegurar una limpieza completa. El primer tanque debe contener un limpiador especialmente preparado para remover las suciedades conocidas y debe tener una concentración s

ficientemente alta para tolerar una carga pesada de suciedad. Una ventaja de este sistema es que las piezas excepcionalmente sucias pueden ser remojadas por periodos más prolongados de tiempo cuando es necesario. Como el sistema de carga es básicamente un sistema de tipo de inmersión el limpiador debe ser agitado; el propósito de esta agitación es mantener un flujo de solución limpiadora entre las piezas que están siendo limpiadas y llevar a cabo una acción suave de fregado. El mejor método para agitar el limpiador es haciéndolo hervir, pero se usan también otros medios mecánicos que son efectivos. El vapor vivo o el aire no deben usarse para producir agitación porque estos métodos cambian la composición química del limpiador, reduciendo su eficacia.

Máquinas Automáticas. Hay tres tipos de sistemas automáticos de limpieza.

1 - Sistemas de limpieza por inmersión. En este sistema las piezas colocadas en barras o brazos en movimiento, son llevadas a través de dos o mas tanques de remojo que contienen soluciones limpiadoras. Es indispensable que el limpiador seleccionado para este tipo de sistema limpiador, además de las características previamente mencionadas, no necesite enjuague. Se recomienda que los artículos sean mantenidos húmedos durante su traspaso de un tanque a otro por medio de boquillas de niebla, para evitar que el limpiador se seque sobre los artículos calientes.

2 - Sistemas de limpieza por Rociado. Estos sistemas son similares a los de tipo de inmersión, con la excepción de que las soluciones son aplicadas por medio de rociado. Este método evita que las suciedades vuelvan a depositarse, pero está limitado a formas que sean completamente accesibles a una limpieza por aspersión. Otros factores que se requieren en los materiales que se usan para la limpieza por rociado son alta solubilidad y ausencia o escasez de espumado. Como en los sistemas de rociado se usan concentraciones bajas, los limpiadores deben ser cambiados más frecuentemente.

3 - Sistemas combinados de limpieza por inmersión y aspersión. Utilizando las mejores características de ambos sistemas se consigue una mejor limpieza del metal antes del picado. Un sistema de este tipo debe in -

cluir limpieza por rociado, inmersión de dos pasos en tanques limpiadores, enjuague por rociado o por inmersión con derrame, rociadores de niebla en los intervalos entre tanque y tanque después de la operación de limpieza y después de la inmersión en sulfato de níquel.

#### Limpieza Previa.

Los lubricantes que se emplean para la fabricación de las piezas pueden producir reacciones químicas formando jabones insolubles sobre las piezas, por lo que es necesario remover estos materiales inmediatamente después de terminar las operaciones de corte y formación. Se recomienda el lavado alcalino por rociado o por remojo. Los limpiadores deben contener un preventivo contra orín que se deja que permanezca seco sobre las superficies metálicas.

Si se deja que los lubricantes usados en la fabricación y otros contaminantes se sequen y permanezcan sobre las piezas durante su almacenamiento, puede hacerse necesario llevar a cabo una limpieza previa con limpiadores de emulsión o solventes antes del lavado alcalino normal y del piclado. Hay cuatro tipos de limpiadores especiales para una limpieza previa:

- 1 De emulsión difásica.
- 2 De emulsión completa.
- 3 Emulsivo solvente
- 4 Desengrasado por vapor.

Los limpiadores de tipo difásico y de emulsión completa removerán suciedades acumuladas durante el proceso de fabricación que no sean fácilmente removibles con un limpiador alcalino. Los difásicos son los más efectivos de los dos. Los limpiadores de tipo emulsivo solvente se emplean cuando se trata de remover suciedades muy pesadas y grasas. Su opera -

ción tiene dos etapas primero se sumergen las piezas en un material emulsivo solvente y después en agua caliente para completar la reacción. Este es un método poco costoso porque generalmente no se cambia el material sino que simplemente se va añadiendo la cantidad necesaria para mantener el nivel de la solución. El cuarto tipo, desengrasador por vapor, es el método más efectivo para una limpieza previa, pero debe darse especialísima atención al lugar en -- que se lleve a cabo, a causa de los efectos perjudiciales de los vapores de cloruro. Se recomienda que el desengrasado por vapor se haga tan lejos como sea posible del departamento de esmaltado, de preferencia en otro edificio.

#### Operación de la Fase de Limpieza.

Cualquiera de los sistemas de limpieza mencionados dara buenos resultados si son operados en forma apropiada. Debe de haber una cuidadosa planeación y una diligente atención a cada detalle. Los requisitos generales son los siguientes: 1 - Selección del material apropiado para la limpieza. 2 - Control específico del material limpiador. 3 - Mantenimiento adecuado de la operación de enjuague.

Selección del material apropiado para la limpieza. - Los limpiadores alcalinos son los materiales usados más ampliamente en la limpieza del metal, pero como su composición puede variar en forma considerable, es importante seleccionar el tipo adecuado para remover las suciedades presentadas en una determinada operación, ya que el que un limpiador alcalino sea efectivo y eficaz en una determinada situación o lugar no garantiza su eficacia en todos los casos.

Como antes se dijo la dureza del agua es otro factor al que hay que dar atención especial; si no se dispone de agua suave, el compuesto limpiador debe ser capaz de compensarlo y proporcionar una limpieza efectiva a pesar de ello. Cuando no se puede mantener una temperatura de ebullición, se hará necesario usar un limpiador especial. Es importante que los limpiadores no contengan sustancias insolubles o sustancias químicas que puedan ocasionar obstrucciones en los calentadores y tanques.

Control Específico de Materiales Limpiadores. Cada limpiador está acondicionado para funcionar a su mayor eficacia en un determinado tiempo, temperatura y concentración, y siendo variables estos tres factores el cambio en uno de ellos hace necesario realizar ajustes en los otros dos. Deben seguirse cuidadosamente los controles indicados para cada limpiador. Si se usan limpiadores de diferentes tipos hay que seleccionarlos cuidadosamente, ya que algunos reaccionan en forma desfavorable al ser llevados de un tanque a otro por piezas mal enjuagadas.

Mantenimiento apropiado de la operación de enjuague. Una fase muy importante en la preparación del metal es el enjuague a fondo después de las operaciones de limpieza. Los residuos de algunas sustancias limpiadoras que quedan sobre los artículos pueden ser tan perjudiciales para la operación de pickleado como las suciedades mismas. Muchos de los componentes de los limpiadores alcalinos pueden actuar en detrimento de las soluciones ácidas o impedir su acción. En la primera etapa el enjuague debe estar caliente (130°F máximo) y tener un derrame abundante y el segundo tanque de enjuague puede estar menos caliente pero debe tener un flujo vigoroso para que continuamente haya agua limpia en abundancia. El enjuague por rociado es el más completo y debe usarse siempre que sea posible.

Si se emplean tanques para el enjuague es indispensable que el derrame de agua sea suficiente para llevarse todo el material limpiador sin permitir que se vuelva a depositar en el fondo. Los tanques para enjuague deben tener agitadores para que haya cierta acción de fregado y para asegurar la remoción del limpiador. La ausencia de "quebres de agua" después del enjuague indica que la limpieza ha sido bien hecha.

#### Agentes Secuestrantes y Abrasivos.

Son estos dos prominentes implementos de limpieza -- que hay que considerar. Estos materiales se usan para controlar las aguas duras para prevenir la formación de jabones o compuestos insolubles.

Los secuestrantes son compuestos, generalmente fosfatos, que se combinan con iones de calcio y magnesia ( y otros iones de metal pesado) para formar moléculas peptizadas. Cuando esto sucede ya no reaccionan para interferir con la limpieza o enjuague.

Los agentes abrasivos son materiales orgánicos que actúan en la misma forma que los agentes secuestrantes pero no son hidrolizados en seguida. Reaccionan mejor con algunos metales pero generalmente son más caros.

Al sumarizar la fase de la limpieza de las hojas de acero y láminas de hierro, el punto que debe ser enfaticado es la importancia de la selección del material. El utilizar el limpiador indicado para solucionar los problemas y llenar las necesidades específicas en cada caso, es un medio seguro para obtener un material eficiente y económico

co. Esto mismo se puede decir por lo que concierne a lubricantes para fabricación y preventivos contra orin. Para compuestos lubricantes y preventivos de orin deben usarse materiales fáciles de saponificarse o emulsionarse, sin pigmentos ni ceras.

Se pueden eliminar problemas y dificultades teniendo especial cuidado al seleccionar los materiales y usando sistemas apropiados.

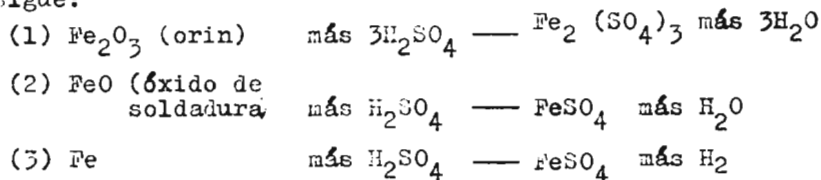
### P I C L E A D O .

#### Picleado para Esmaltado de Capa Base.

El baño ácido se emplea para remover óxidos tales como orin y óxidos de soldadura y para dar rugosidad a la superficie del acero, con el fin de preparar las superficies metálicas para el siguiente paso que es el flameado de níquel y para la operación de aplicación del esmalte. Si el óxido de hierro no fuera removido sería perjudicial para ambas operaciones y daría por resultado una mala unión entre el metal y el esmalte.

Reacciones Químicas. Para remover los óxidos de la superficie del acero se usan disoluciones en ácidos reductores, tales como el sulfúrico, clorhídrico, fosfórico o una sal ácida como el bisulfato de sodio. En seguida se tratará del ácido sulfúrico, que por su bajo costo es el más usado.

Químicamente las reacciones con ácido sulfúrico son - como sigue:



Tanques para Acido. - Los tanques para ácidos generalmente se construyen de ladrillos antiácidos, Carpenter 20Cb-3, madera, o están forrados con plomo, plástico o hule. Todos estos materiales tienen sus ventajas y desventajas, como se indica en la Tabla I.

Métodos de Calentamiento. Los calentadores de serpentín o intercambiadores de calor son hechos de plomo, Carpenter - 20Cb-3, o grafito. También se emplean como calentadores -- líneas de vapor de Carpenter 20Cb-3, plomo, teflón o hule.

Enjuagues. Inmediatamente después del picleado las piezas deben enjuagarse en agua corriente fría acidificada a un pH de 3.0 a 3.5 (aproximadamente 0.25 a 0.5% de ácido). Este enjuague evita que las sales ácidas se hidrolizen hasta una forma insoluble. Las boquillas de niebla usadas entre - las etapas de baño ácido y enjuague, mantienen las piezas - mojadas y también previenen la hidrólisis.

Datos Típicos. Un recorrido de inspección por los talleres de esmaltado que usan los tres tipos de sistemas (de carga, de inmersión continua y rociado) proporcionó los ciclos típicos de temperatura-tiempo, así como las concentraciones de sulfato ferroso alcanzadas antes de descargar. Estos datos se encuentran tabulados en la Tabla II. A fin de mantener la acción del picleado al ir aumentando la concentración del sulfato ferroso, hay que aumentar la concentración de ácido libre añadiendo ácido sulfúrico, y/o aumentando la temperatura del ácido.

Picleado para esmalte directo al acero. El picleado o baño ácido para acero descarburizado para aplicaciones de esmalte porcelanizado directo a la lámina para capas de cu-



bierta, debe hacerse en forma más escrupulosa que cuando se trata de preparar superficies metálicas para aplicarles esmalte para capa base. Además de remover el orin y óxidos de soldadura, el picleado ácido debe dejar una aspereza microscópica sobre el metal. Esta aspereza es necesaria para obtener una unión satisfactoria del metal con el esmalte.

Para preparar el acero descarbonizado para capas de cubierta por el procedimiento de esmalte directo a la lámina de acero se usa ácido sulfúrico solo o junto con una solución de sulfato férrico.

T A B L A I .

Comparación de Materiales para la Construcción de Tanques.

<u>Materiales para Tanques</u>	<u>Ventajas.</u>	<u>Desventajas.</u>
Forrado de ladrillos anti-ácidos.	Larga duración	Alto costo inicial. Dificil de reparar.
Carpenter 20Cb-3	De facil mantenimiento.	Alto costo inicial.
Madera	Bajo costo. Fabricación facil.	No es reparable.
Forrado de plomo.	Buena resistencia a la corrosión.	Mala retención de forma. Dificil de reparar. Pequeñas concentraciones de plomo interfieren con el picleado.
Forrado de goma.	Facil de reparar Buena resistencia a la corrosión. Aislado electricamente. Sin acción galvánica.	Limitación en temperatura. Facilmente sufre daño mecánico.
Forrado de plástico.	Facil de reparar. Aislado electricamente. Sin acción galvánica.	Limitación en temperatura. Pequeñas concentraciones de plástico interfieren con la acción del picleado Facilmente sufre daño mecánico.

T A B L A II .

PICLEADO DE ACIDO SULFURICO  
PARA ESMALTE PARA CAPA BASE .

Sistema de Picleado	Rociado Continuo			Inmersión Continua		
	Más Bajo	Más Alto	Típico	Más Bajo	Más Alto	Típico
Tiempo-Minutos	3	8	4 1/2	2 1/2	12	8
Temperatura -°F.	130	180	165	150	160	155
Concentración-ácido -% por peso	5	10	8	6	9	8
Concentración - sulfato ferroso - % por peso (antes de descargar)	1	3	2	6	12	10

Inmersión Carga.

Más Bajo	Más Alto	Típico
5	15	19
147	168	160
5	8	7
5	10	6

Tanques para Acido. Los tanques para ácido generalmente se construyen de acero dulce forrados por una membrana de hule o cloruro polivinílico. Con frecuencia llevan una capa de ladrillo anti-ácido contra la membrana para protegerla de cualquier daño físico y para poder emplear soluciones a temperaturas de 175°F. y más altas. Los tanques fabricados de -

aleación de Carpenter 20Cb-3 se usan también para soluciones de ácido sulfúrico para el picleado.

Se han usado otros materiales para la construcción de estos tanques, tales como el plomo, la madera y algunos plásticos, pero en algunos casos el plomo o el plástico alteran o impiden la acción limpiadora de la solución ácida. También se ha demostrado que la argamasa de silicatos que se usa para la instalación de los ladrillos anti-ácidos para forrar los tanques, ejerce cierta acción inhibitoria sobre las soluciones ácidas después de periodos relativamente cortos de uso. Por estas razones no se recomienda el uso de estos materiales cuando el picleado es para esmaltado directo al acero. El acero inoxidable tipo 316L no se recomienda para tanques para ácido sulfúrico.

Los tanques de acero inoxidable tipo 316L, Carpenter - 20Cb-3, o de acero dulce forrados con membrana y ladrillos antiácidos proporcionan un servicio satisfactorio cuando se usan para soluciones de sulfato férrico.

Métodos de Calentamiento. Las soluciones de ácido sulfúrico deben calentarse en serpentines de placa contruidos de aleación de Carpenter 20Cb-3, e intercambiadores de calor con tubos de grafito, o usando vapor vivo introducido por un aspersor de vapor de teflón.

Para soluciones de sulfato ferrico se usan serpentines de placa de acero inoxidable tipo 316L o de aleación de Carpenter 20Cb-3. También puede usarse un intercambiador de calor, externo, con tubos de grafito.

Cestas y Herramientas. Cuando se usa ácido sulfúrico para el picleado las cestas y herramientas pueden ser fabri

cadras de monel, acero inoxidable tipo 316L, o de aleación Carpenter 20Cb-3. Si se usa sulfato férrico y ácido sulfúrico pueden ser de acero tipo 316L o de aleación Carpenter 20Cb-3 unicamente.

Métodos para el Picleado Químico. - Se usan los mismos sistemas de rociado continuo, inmersión continua e inmersión de carga que se emplean en el picleado para esmalte para capa base. Solo dos métodos de picleado se usan: el de ácido sulfúrico prolongado y el que combina el picleado ácido y la remoción de la superficie del metal con iones férricos.

T A B L A III

Datos Sobre Picleado de Acido Sulfúrico  
Para Aplicaciones Directas de Esmalte Para Capas  
de Cubierta.

Sistema de Picleado	Rociado Continuo	Inmersión Continua	Inmersión de Carga		
			Mínimo	Máximo	Típico
Tiempo - Minutos	8	16	8	30	20
Temperatura - °F.	170	140-160	150	170	160
Concentración-sulfato ferroso - % por peso (máxima antes de descargar )	-	12	6	10	3
Concentración - ácido - % por peso.	5	8- 12	6	3	7
Pérdida peso -grms/pie cuadrado de superficie.	2.0	2.0	1.5	2.5	2

Picleado Prolongado de Acido Sulfúrico - Una de las ventajas del método de picleado ácido prolongado para esmalte directo a la lámina es que no es necesario hacer ningún cam

bio en el equipo convencional para picleado, y una de sus desventajas es la pérdida en producción ocasionada por el largo tiempo que las piezas deben permanecer en contacto con el ácido para que la superficie del metal alcance el grado apropiado de rugosidad o aspereza. Este método de picleado se adapta mejor al sistema de carga y también al equipo automático (inmersión o rociado) cuya velocidad de operación, o duración de las etapas de soluciones de ácidos y de níquel permiten que las piezas tengan el tiempo necesario de contacto.

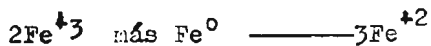
Datos Típicos. Picleado Prolongado de Acido Sulfúrico. En la Tabla III se exponen los resultados de una visita de inspección hecha a esmaltadores que emplean el método de picleado prolongado de ácido sulfúrico para esmaltados de una sola capa. Los datos de sistemas continuos fueron limitados por lo que solo se enumeran los ciclos típicos. Al comparar los ciclos de tiempo de esta tabla con los de la tabla II de picleado para capa base, se ve claramente que son más prolongados. La mayoría de los esmaltadores tratan de obtener una remoción del metal de 2.0 gramos por pie cuadrado de superficie cuando el picleado es para esmaltados de una sola capa. Químicamente las reacciones (químicas) son las mismas que se dieron al hablar del picleado para capa base. El ácido sulfúrico pica la superficie del metal formando picadas hondas y agujeros.

Combinación de Picleado Acido y Remoción de la Superficie por Iones Férricos. Este método de preparación para el metal requiere un tanque adicional para la solución de iones

férricos que se emplea para la remoción de la superficie - del metal. Algunas de las ventajas de este método son las siguientes: No hay pérdida de producción porque el tiempo total que se emplea para el pickleado es igual o menor que el tiempo necesario para el pickleado convencional para esnaltado de dos capas. - Permite que una gran variedad de tipos y grados de acero puedan procesarse juntos, usando el mismo ciclo de pickleado para todos los aceros. - Métodos confiables de control del proceso.

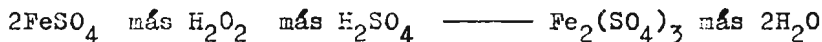
El método que combina el pickleado de ácido sulfúrico y la remoción de la superficie del metal con iones férricos es un procedimiento de dos o tres etapas, siendo preferible el de tres. Primera, el metal es limpiado del óxido de hierro en ácido sulfúrico, siguiente: la superficie -- del metal se remueve o se le da rugosidad en una solución de iones férricos y, por último, se limpia nuevamente en ácido sulfúrico.

La solución de iones férricos puede ser de sulfato férrico, fosfato férrico o nitrato férrico. El sulfato férrico es la solución que se usa comunmente. Consiste de una solución de ácido sulfúrico (pH 1.0 - 1.3) que contiene aproximadamente 4-1/2% por peso de sulfato férrico. La reacción química de los iones férricos sobre el hierro es como sigue:



Esta reacción reduce los iones férricos a iones ferrosos. Para mantener la concentración de iones férricos debe añadirse un oxidante a la solución. Generalmente se usa el

peróxido de hidrógeno, pero pueden usarse otros como el -  
nitrato de potasio o permanganato de potasio. La reacción  
del sulfato ferroso y el peróxido de hidrogeno es:



El pH de los baños de sulfato férrico debe ser contro-  
lado estrechamente. Si el pH es menor de 1.0, se produce-  
excesivo hidrógeno que reduce los iones férricos y puede,  
a causa del exceso de acidez, alterar la naturaleza del a-  
taque químico. Si el pH excede de 1.3 es posible que ocu-  
rra la precipitación del sulfato férrico, especialmente -  
cuando se esta llevando a cabo la oxidación por peróxido-  
de hidrógeno. El precipitado es extremadamente difícil de  
disolver una vez formado.

Los iones ferricos producen una aspereza de formas an-  
gulares o cúbicas sobre la superficie del metal, en tanto  
que el ácido sulfúrico produce una rugosidad de formas re-  
dondeadas. Los ciclos típicos para el ataque del sulfato-  
férrico se muestran en la Tabla IV . Todos emplean la ope-  
ración de tres fases: picleado, ataque a la superficie --  
del metal para producir la rugosidad necesaria y picleado  
nuevamente para terminar. El tiempo total en tanques de á-  
cido y para atacar la superficie, es considerablemente -  
más corto que el que se emplea usando el método prolonga-  
do de ácido sulfúrico.

Secador. El secador para las piezas picleadas debe man-  
tenerse a una temperatura mínima de 210<sup>o</sup>F. Es importante -  
que haya constantemente una buena circulación en el cuarto  
secador. Si se usa un secador de flama abierta no debe ha-

ber contacto entre las piezas y la flama.

T A B L A IV .

Ciclos de Sulfato Férrico Para Aplicaciones Directas  
De Capa de Cubierta.

Sistema de Picado.	<u>Acido Continuo.</u>			<u>Inmersión Continua.</u>		
	Acido Sulf.	Ataque Férrico	Acido Sulf	Acido Sulf.	Ataque Férrico	Acido Sulf
Tiempo - minutos	.6 .6	.9 1.2	.4 2.2	- 2	- 2	- 2
Temperatura -°F.	140 175	175 142	165 154	- 150	- 170	- 150
Concentración ácido % por peso.	4	-	10	-	-	-
Concentración Sulfato Ferroso*	1.5	1.5	1.5	6	1.4	6
Concentración Sulfato Férrico*	-	2.5	-	-	5	-
pH	-	1.0-1.3	-	-	1.1-1.4	-
Pérdida peso - grms./pie cuadrado de superficie.			2.0 total			2.0 total

Sistema de Picado	<u>Inmersión Carga.</u>		
	Acido Sulf.	Ataque Férrico	Acido Sulf.
Tiempo - minutos	1.5 5	1 3	2 2
Temperatura -°F	160 155	165 160	160 150
Concentración ácido % por peso.	7	-	7
Concentración Sulfato Ferroso *	6	5	6
Concentración Sulfato Férrico*.	-	5	-
Pérdida peso-grms/ pie cuadrado sup.			2.0 total.
pH.	-	1.0-1.2	-

\*Peso calculado % de Sulfato ferroso y sulfato férrico respectivamente.



## DEPOSITO DE NIQUEL .

Después del pickleado se deposita sobre la superficie del metal una capa delgada de níquel para promover la adherencia del esmalte porcelanizado al acero y para reducir la posibilidad de defectos tales como escamado y cabezas de cobre que se producen especialmente en capas base de color.

Reacciones Químicas. Cuando las superficies metálicas recién limpiadas en forma apropiada y con la aspereza necesaria, se ponen en contacto con una solución de sulfato de níquel de concentración adecuada, a la temperatura y pH apropiados, tiene lugar una reacción electroquímica, cuyo resultado es el depósito sobre la superficie de una capa de níquel metálico y la solución de una cantidad equivalente de hierro. Esta es simplemente una reacción de reemplazo por medio de la cual los átomos de hierro de la superficie de la lámina son reemplazados por átomos de níquel. Químicamente la reacción es como sigue:



Equipo Necesario. Igual que las otras etapas del proceso, el baño de níquel puede hacerse por inmersión de carga, inmersión continua y rociado continuo. Para los tanques, ductos y otras piezas del equipo se emplean los mismos materiales que en la etapa ácida, aunque para el níquel puede usarse el acero inoxidable 316L. El equipo debe ser resistente al ácido y los tanques para los enjuagues posteriores también deben ser hechos de materiales resistentes al ácido.

Condiciones de Operación. Durante su operación las soluciones de níquel son mantenidas a concentraciones de 1/2 a 4 onzas de sulfato de níquel ( $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) por galón de solu-

ción, dependiendo de las necesidades y preferencias locales. El pH generalmente es mantenido entre 2.8 y 3.4, y la temperatura entre 140°F. y 130°F. según sea necesario. El tiempo que dura el tratamiento en la operación por carga puede ser variado para controlar la cantidad de níquel depositada, esta variación puede ser de 5 a 15 minutos. En operaciones continuas el tiempo esta señalado por el sistema empleado, por lo tanto deben ajustarse otras condiciones variables como la temperatura y el pH para obtener el depósito necesario. La agitación acelera la proporción de níquel depositada cuando se usa el método de inmersión. La duración del tiempo en los sistemas por inmersión continua puede variar de 5 a 9 minutos, dependiendo del tipo de mecanismo que se emplee. Hay que hacer notar que las operaciones por rociado continuo depositan el níquel en una proporción más acelerada que cuando se usan sistemas de inmersión.

Ciclos para Níquel. Esmalte para Capa Base. La proporción preferida para el depósito de níquel sobre metal que va a recibir una aplicación de capa base, en un sistema convencional de esmaltado porcelanizado, es de 0.025 a 0.09 -- gramos por pie cuadrado de superficie. Las condiciones típicas para la aplicación del níquel al acero que va a recibir una aplicación de capa base se detallan en la Tabla V.

T A B L A V .

Ciclos Para Níquel.

Típico	Capa Base Convencional.		
	Inmersión de Carga.	Inmersión Continua.	Rociado Continuo.
Tiempo - minutos	8	6	4
Temperatura-°F.	160	160	160
pH.	3.0- 3.2	2.3-3.2	2.6-3.0
Concentracion oz/gal	1.0- 1.25	1.0-1.25	.75-1.25

Las condiciones típicas de operación detalladas en la Tabla V representan un promedio basado sobre datos recogidos en una visita a una planta.

Enjuague. Después del tratamiento anterior es necesaria una etapa de enjuague. El enjuague se hace generalmente con agua fría acidificada con un derrame moderado continuo. La acidez debe mantenerse dentro de un límite de 1/4 a 3/4 por ciento. El tiempo de enjuague debe ser el suficiente para obtener un resultado satisfactorio, aproximadamente unos treinta segundos. Se recomienda el uso de rociadores de niebla después de las etapas de enjuague del níquel.

Ciclos Para Níquel. Esmalte Directo al Acero. Es necesario un depósito de níquel considerablemente mayor para esmaltados directos al acero. La proporción recomendada para el depósito de níquel para este proceso es de 0.06 a 0.15 gramos por pie cuadrado de superficie. Para aumentar la cantidad depositada se aumenta la temperatura de la solución y se prolonga el tiempo de exposición. La cantidad de níquel depositada, bajo una determinada serie de condiciones, depende en gran parte de la rugosidad lograda en las etapas ácidas anteriores, por lo que el níquel se depositará en proporciones mayores cuando el metal ha sido preparado para aplicaciones directas de esmalte de una sola capa como capa de acabado, que cuando se ha seguido el proceso necesario para una aplicación de dos capas de esmalte. En consecuencia el aumento en tiempo puede no ser tan grande. Las condiciones típicas de operación para la aplica --

ción del níquel durante el proceso de esmalte directo a la lámina se detallan en la Tabla VI. La Tabla VII sobre límites de tiempo, temperatura, pH, concentración, etc., según fueron reportados en la visita antes mencionada.

T A B L A VI .

Ciclos Típicos Para Níquel  
Esmalte Directo a la Lámina .

Típico	Inmersión de carga.	Inmersión Continua.	Rociado Continuo.
Tiempo - minutos	10	10	4
Temperatura - °F.	170	170	160
pH	3.0-3.2	3.0-3.3	2.6-2.8
Concentración - oz/gal.	1.5-2.0	2.0-2.5	1.0-1.5

T A B L A VII .

Límite de Ciclos Para Níquel  
Esmalte Directo a la Lámina

Límite	Inmersión de Carga.	Inmersión Continua.	Rociado Continuo.
Tiempo - Minutos	4-25	5-9	3.6 - 5.5
Temperatura °F.	160 - 180	165 - 172	160 - 165
pH	2.5 -3.6	3.0 -3.4	2.6 - 2.8
Concentración - oz./gal.	1.25-2.0	2.0 - 4.0	1.0 - 1.5

La aplicación del níquel también debe ser seguida de un enjuague en este caso.

Un sistema de filtrado recirculante continuo para remover el precipitado de hierro es sumamente recomendable para el mantenimiento de un sistema satisfactorio de depósito de níquel. Cuando se acostumbra practicar un buen filtrado la vida de la solución de níquel se prolonga por semanas y aún por meses sin tener que descargar o recargar. Si la solución no es filtrada dura de unas horas a unos pocos días y sus resultados pueden ser irregulares. El filtro debe estar construido y colocado de tal manera que pueda ser limpiado rápida y convenientemente, a fin de reducir el tiempo que no esta en operación. Hay que lavar el filtro perfectamente diariamente y limpiarlo tan a menudo como sea necesario para mantenerlo trabajando a su mayor eficiencia. Un filtro para este uso obviamente debe ser construido de materiales resistentes a los ácidos y los ductos necesarios para circulación deben ser de hule u otro material apropiado.

Controlando la cantidad de níquel depositado sobre las superficies metálicas. Es muy importante controlar todas las condiciones de esta etapa. La temperatura se controla mejor usando instrumentos automáticos. El pH puede ser controlado por un medidor de pH o por un comparador de color con un buen indicador de límite. El ajuste del pH puede hacerse añadiendo ácido sulfúrico o una solución de carbonato de níquel, según se necesite. La concentración de la solución puede ser determinada por análisis volumétrico de muestras, o por un método fotométrico que es el más rápido y fácil. La cantidad de níquel depositada sobre los artículos picoleados debería ser determinada usando la prueba para de-

terminación de níquel del Instituto del Esmaltado Porcelanizado, Boletín T-16. Las condiciones del sistema deben -  
- chequearse por lo menos cada cuatro horas durante la opera -  
- ción, y el depósito debe ser comprobado por lo menos una -  
- vez cada ocho horas. Cuando se estar preparando superfi -  
- cies metálicas para esmaltado directo a la lámina, hay que  
aumentar la frecuencia de los chequeos y puede hacerse ne-  
cesario comprobar el depósito de níquel en cada uno de los  
lotes de piezas procesadas.

#### NEUTRALIZANDO .

La función del neutralizador en una operación de pi -  
- cado para esmaltado porcelanizado es:

- 1 - Neutralizar los residuos de ácidos.
- 2 - Proporcionar protección contra el moho.
- 3 - Controlar los residuos de sustancias químicas -  
que pueda haber sobre la superficie del metal pa -  
- ra reducir a un mínimo su efecto durante la apli -  
- cación del esmalte y formación de adherencia.

Cuando se usa un solo tanque es difícil llevar a cabo  
todas las operaciones necesarias y reducir al mínimo la --  
contaminación por residuos en la superficie. En instalacio  
nes de varios tanques, el tanque inicial es alcalino para  
neutralizar los ácidos presentes y los otros tanques contie  
nen soluciones menos fuertes para reducir las sales que pue  
da haber sobre las superficies e impedir el enmohecimiento.

T A B L A VIII.

Baños Neutralizadores Típicos.

Tipo del Com- puesto.	Concentración oz./gal.	Concentración % $\text{H}_2\text{O}$	Tempe- ratura.	Tiempo Minutos.
Neutralizador comercial	0.2 - 0.4	0.08-0.16	160-200	2-8
Soda Ash Borax	0.18) 0.06)	0.07-0.08	130-200	1-5
Cianuro cáustico*	0.3-0.6 0.2-0.4	0.17-0.34 0.09-0.18	125-135	1-5

- \*Cianuro Peligro: Debe evitarse con el mayor cuidado:
- 1 - Todo contacto con soluciones ácidas. Se producirá - gas de cianuro que es mortal.
  - 2 - Tomarlo internamente.
  - 3 - Vaciarlo antes de ser tratado en desagües y cañerías.

Filtros y Aguas. Algunos sistemas incluyen: un filtro para remover sales de hierro precipitadas, agua suavizada y agua des-ionizada. Cualquiera de estos medios, o todos - si es necesario, ayudan a reducir las concentraciones insolubles de sal que puede haber sobre las superficies piclea das. Cuando se esta preparando el metal para aplicaciones de esmalte para capa base, el recurrir a estos medios puede ser util, pero para aplicaciones directas de esmalte a la lámina como un terminado de una sola capa, es indispensable hacerlo.

Generalmente se utiliza el hierro negro como material de construcción para todos los tanques neutralizadores.

Para obtener resultados óptimos en la aplicación del esmalte es necesario que las piezas sean porcelanizadas -- tan pronto como sea posible despues de que las superficies

de metal han quedado debidamente preparadas.

### LIPIEZA DEL METAL POR PROPULSION DE ABRASIVOS.

Hasta aquí se ha tratado sobre el proceso de picado que es el que comunmente se usa para limpiar y preparar el metal para el esmaltado porcelanizado. Sin embargo cuando las piezas son de metal pesado es más práctico emplear el método de limpieza con abrasivos.

La limpieza a chorro de abrasivos se lleva a cabo con - partículas abrasivas - ya sean secas o suspendidas en algún líquido - que son dirigidas con fuerza contra la superficie seca de las piezas, para remover de ellas los contaminantes o para acondicionarlas para las operaciones subsecuentes. Los usos típicos de este sistema incluyen la remoción de moho, escamado, suciedades, cicatrices o filos abultados dejados por las herramientas usadas al cortar el metal, y además se usa para dar a las superficies tratadas por este sistema la aspereza necesaria para su unión con el esmalte porcelanizado.

Se emplean diferentes métodos para impulsar los abrasivos para la limpieza a chorro, así como una gran variedad de medios abrasivos. Fuera de las consideraciones económicas, el éxito de las operaciones de limpieza por chorro de abrasivos, depende en primer lugar de una juiciosa selección de métodos y medios abrasivos.

Abrasivos. Los materiales usados para la limpieza con abrasivos, en seco, son: arena, municiones, y otras partículas ásperas y duras.



**Selección.** La selección del abrasivo apropiado para una aplicación específica depende del tipo de contaminantes que se vayan a remover, del tamaño y forma de la pieza, del espesor del metal, del estado de uso en que se encuentre el equipo, su tipo y eficiencia, y de las proporciones de la producción.

Las siguientes observaciones generales con relación a la acción de las partículas abrasivas, pueden ser útiles:

1 - Mientras más pequeñas sean las partículas abrasivas, más fino resulta el acabado de la superficie tratada,

2 - Mientras más grandes sean las partículas abrasivas el impacto es mayor.

3 - Las partículas abrasivas más duras realizarán la limpieza con mayor rapidez.

4 - La dureza del material básico no siempre se toma en consideración al seleccionar el abrasivo.

**Mantenimiento de la cantidad necesaria de abrasivo - por reposición.** Para que un sistema de limpieza por chorro de abrasivos trabaje en forma eficaz hay que mantener un nivel constante de abrasivo y para ello es indispensable un programa sistemático de reposición. La uniformidad de la acción del abrasivo sobre la superficie que se está -- trabajando depende del mantenimiento uniforme y constante de la mezcla abrasiva con que trabaja la máquina. Cuando se necesita producir un alto grado de rugosidad es muy -- conveniente usar un rellenador automático de abrasivo. - Este aparato automáticamente mantiene el nivel necesario en el abrasivo de la máquina para limpiar a chorro alimenen

tándola desde una tolva abastecedora. El abrasivo añadido - en esta forma debe ser el más grueso usado en la mezcla.

Para propósitos de control debe hacerse analizar periódicamente una muestra representativa del abrasivo usado en la máquina. La frecuencia de estas pruebas dependerá en gran parte de los requisitos en cuanto a rugosidad y acabado. Los polvos finos deben ser removidos de la mezcla por medio de un aditamento separador que trabaja por aire, ya que la eficiencia de la limpieza a chorro depende del mantenimiento uniforme de abrasivo en cantidad y tamaños.

Control de Contaminantes. Después de que el medio abrasivo hace contacto con la superficie de metal que se está -- trabajando, se regresa a una tolva, donde es limpiado de los contaminantes introducidos en él como resultado de su acción limpiadora, para volver a usarse.

Equipo para la limpieza por chorro, en seco. Se emplean dos sistemas básicos para la limpieza en seco por chorro de abrasivos: a) el mecánico, en el que el abrasivo es impulsado por un mecanismo eléctrico que consiste en una rueda con alas o paletas, que gira rápidamente, y b) por aire. En este sistema el abrasivo es impulsado por medio de aire comprimido, a través de boquillas.

Sistema mecánico. De los dos métodos el mecánico se emplea más ampliamente. Este sistema tiene una o más ruedas - impelentes que se encuentran colocadas de manera de proporcionar la máxima velocidad al abrasivo al impulsarlo sobre el área expuesta de las piezas que se están trabajando. Debido a que la corriente de partículas abrasivas es unidirec

cional, este equipo debe tener suficiente espacio para que las piezas puedan voltearse o rodarse, si es necesario, a fin de obtener una exposición completa de todas sus superficies.

**Equipo Mecánico Para la Limpieza por Chorro de Abrasivos**  
Un alto porcentaje de la limpieza a chorro por medios mecánicos es llevada a cabo con equipos de cualquiera de los dos tipos siguientes: de gabinete o tipo mesa y de máquinas volteadoras.

**Equipo de Gabinete.** En este equipo el gabinete alberga el mecanismo que impele el abrasivo, sostiene la pieza que se esta trabajando en posición adecuada y confina las partículas abrasivas y el polvo. El equipo puede planearse para operación manual, semi-automática o totalmente automática.

**Tipo de Mesa.** La máquina tipo mesa es una forma del equipo de gabinete. Tiene una mesa de trabajo, giratoria, dentro del gabinete. La corriente a chorro esta confinada a la mitad del area de la mesa, aproximadamente. El diseño permite el ajuste y acomodamiento manual de las piezas durante el ciclo de operación, así como la carga y descarga continua.

**Máquinas de Volteo.** Estas máquinas consisten de un transportador sin fin colocado dentro de un espacio cerrado, un mecanismo para impulsar el abrasivo, sin usar aire, y un sistema recirculante para el abrasivo. En forma simultánea las piezas son limpiadas por propulsión de abrasivos y volteadas. Estas maquinas son fabricadas en diferentes tamaños para que den cabida a una amplia variedad de cargas, pero su uso está limitado a piezas que no puedan ser dañadas por la acción del volteado.

**Sistemas por Aire.** El equipo impelido por aire es em -

pleado ampliamente para limpiar piezas muy grandes por la flexibilidad que permite la manguera y las boquillas. El abrasivo puede usarse en seco o en agua.

Equipos para limpieza por abrasivos impulsados por aire. El equipo que emplea abrasivos húmedos puede ser de diversos tipos, incluyendo sistemas de gabinete y transportadores. El abrasivo es mezclado en un recipiente que es agitado continuamente. Las proporciones abrasivas del agua van de un 20% a un 50%.

Abrasivos en seco. El equipo puede ser de cualquiera de los tipos antes mencionados con la excepción de que las partículas abrasivas son impulsadas por presión de aire y no por fuerza mecánica.

Boquillas para Abrasivos. Las boquillas para abrasivos secos usadas en los equipos de propulsión por aire, están hechas de diferentes materiales y de muchas formas y tamaños. Los materiales principalmente usados en su fabricación son el hierro duro, el carburo de boro, el óxido de aluminio y el carburo de tungsteno. Una boquilla con un fondo de carburo de boro metida dentro de una chaqueta de acero, cuesta aproximadamente cien veces más que una boquilla de hierro, pero dura 700 veces más.

Unidades Centrifugas de Rueda para Propulsión de Abrasivos. Estas unidades están confinadas dentro de casetas -- que recogen la descarga de los materiales abrasivos que se desvían. Las piezas que tienen más uso en este equipo son el impulsor, la jaula de control, las hojas de la rueda y los forros de la caseta. Estas partes resultan más económicas -

cuando son hechas de hierro fundido de alta aleación y cada una de ellas puede ser reemplazada individualmente. Las piezas de hierro fundido sin aleación, aunque menos costosas tienen una vida muy corta bajo condiciones normales de operación.

Mantenimiento. Las máquinas para propulsión de abrasivos son esencialmente auto-destructivas, por lo que debe hacerse todo lo posible para protegerlas de la acción violenta de los abrasivos. Es práctica general proteger las partes interiores de la máquina con pesados acolchados de hule para evitar la erosión de las superficies metálicas. Las partículas a alta velocidad, saltan sobre el hule, generalmente sin daño para el hule o el abrasivo. Sin embargo si el hule recibe todo el impacto del chorro de abrasivos, será necesario reemplazarlo periódicamente.

Duración de los Ciclos de Propulsión de Abrasivos en Seco. - La duración del ciclo, que sea necesaria para una determinada aplicación de abrasivos, depende del material que sea tratado, de los requisitos en cuanto a aspereza de la superficie y de las características de trabajo del equipo que se emplee. No existe ninguna fórmula de la que se pueda depender para establecer ciclos mínimos para el tratamiento de las superficies metálicas por propulsión de abrasivos. El tiempo necesario para llevar a cabo la operación en una determinada máquina y producir un determinado resultado, debe ser establecido por medio de ensayos y pruebas.

Aplicaciones y Limitaciones. Aunque virtualmente todos los metales pueden ser limpiados por propulsión de abrasivos usando alguno de los procesos en uso, esta operación puede -

causar daños graves cuando se usan abrasivos muy fuertes. En algunos casos puede ocasionar tensiones residuales compresivas en las superficies tratadas. El uso de partículas de gran tamaño, a presiones altas, puede producir deformaciones en el acero y en otros metales, como resultado de las tensiones inducidas.

Suciedades de diferentes tipos. La limpieza con abrasivos en seco no siempre realiza de inmediato la remoción de suciedades de tipo viscoso o elástico, tales como grasas, aceites, alquitrán, etc. Estos materiales no solo resisten la acción de los abrasivos sino que se adhieren a ellos o los recubren, así como a los componentes del sistema recirculante de abrasivos. Con el tiempo tales suciedades interrumpen la recirculación apropiada del material abrasivo e impiden que éste pueda volver a usarse. Por esta razón las piezas cubiertas con aceites u otras suciedades viscosas deben ser perfectamente desengrasadas, o restregadas y secadas antes de la operación de propulsión de abrasivos.

Las suciedades secas, tales como escamado, melco y calpicaduras de soldadura pueden ser removidas de las superficies metálicas rápidamente por la acción de los abrasivos secos. Estos contaminantes desmenuzables pueden ser separados del abrasivo por un lavado de agua y los abrasivos pueden volver a usarse.

Costos. Los factores que influyen en los costos de la limpieza del metal por propulsión de abrasivos, son el equipo (según su tipo, costo inicial, capacidad limpiadora y mantenimiento requerido), y el tipo de abrasivos que se use. Hay que tener en cuenta que la arena es material más erosivo para el

equipo que otros medios abrasivos.

Salud y Seguridad. Las operaciones de limpieza del metal por propulsión de abrasivos pueden llevarse a cabo sin riesgo para la salud o seguridad del personal si se siguen rigurosamente las medidas de precaución prescritas.

La silicosis es la amenaza que para la salud puede representar la limpieza por chorro de abrasivos. Los efectos de esta enfermedad pueden invalidar permanentemente y aún tener resultados fatales. El operador debe ser sometido a los rayos X antes de encargarse de este trabajo y después por lo menos una vez al año. Deben tomarse otras precauciones. El operador debe ser protegido con un escudo con suministro de aire, guanteletes especiales, delantal, etc. El aire suministrado al operador, que generalmente es aproximadamente 6 pies cúbicos por minuto, debe estar limpio, sin olor, seco y libre de contaminantes gaseosos. Si se toma directamente del receptor de aire comprimido, es probable que esté húmedo y mal oliente.

Las siguientes precauciones deben ser observadas en relación con la operación de la limpieza por abrasivos impulsados por medios mecánicos.

- 1 - Los operarios que trabajen en la vecindad de la máquina deben usar anteojos de seguridad para proteger sus ojos de partículas abrasivas dispersas.
- 2 - Las grietas de la máquina deben ser arregladas inmediatamente que son detectadas porque además del desperdicio de abrasivos, son un peligro obvio para los ojos y a menudo son causa de que los pisos se pongan resbalosos.
- 3 - Los trabajadores deben usar zapatos de seguridad para cargar y descargar las máquinas.
- 4 - El alumbrado en la vecindad de la máquina debe ser el adecuado.
- 5 - Los gabinetes o casetas para guarda deben ser cerrados

a colocar sobre las partes móviles después de las operaciones de mantenimiento o limpieza. 6 - En todas las puertas de acceso a las máquinas debe haber cerraduras de traba unidas al control eléctrico.

### Preparación de diferentes superficies metálicas para el Esmaltado Porcelanizado.

#### Lámina de Hierro.

El método propulsor de abrasivos ha sido reconocido como un medio excelente para preparar la lámina de hierro para el esmaltado porcelanizado, siempre que ésta tenga el espesor apropiado. Sin embargo su costo y las distorsiones que puede producir limitaban su uso, pero las máquinas centrífugas de rueda y los abrasivos de acero han reducido el costo y las posibilidades de distorsión. Se requiere un equipo especializado.

Las piezas deben ser limpiadas antes de entrar a la máquina. Los métodos convencionales de limpieza que se usan para preparar las piezas para el picado se pueden emplear para preparar la lámina de hierro para ser sometida a la acción de los abrasivos. Sin embargo el quemar los depósitos orgánicos ligeros es mejor que limpiarlos. Cuando este metal tiene depósitos pesados de aceite o compuestos lubricantes puede usarse un método que combina la limpieza convencional seguida por un quemado a 1000-1200°F. y por último una aplicación de abrasivos con arena limpia. El resultado será satisfactorio.

Después de una buena operación por propulsión de abrasivos, un baño de níquel, en la forma en que se lleva a cabo -- después del picado, producirá una magnífica adherencia en aceros para esmaltes que sean difíciles de operar por el método



do convencional de picado.

#### Hierro Fundido.

El hierro fundido se prepara para ser esmaltado por una operación de propulsión de abrasivos. Normalmente esta operación se lleva a cabo sobre el hierro fundido tal y como se recibe, pero se obtendrán mejores resultados por el método siguiente: primero - limpiar el metal por abrasivos - segundo - templar a 1400<sup>o</sup>F. o a la temperatura a que vaya a quemar el esmalte, y - tercero - volver a someter las superficies metálicas a la acción del mecanismo propulsor de abrasivos.

#### Acero Inoxidable.

Para preparar el acero inoxidable para ser tratado por abrasivos a propulsión se emplea el mismo procedimiento que se sigue para preparar la lámina de hierro para esta operación. En algunos casos se substituye el quemado a 1000<sup>o</sup>F. por un templado que mantenga las propiedades del acero.

Es necesario usar arena como medio abrasivo, porque la munición de acero ensuciaría la superficie del metal. La arena debe estar limpia, sin aceite o grasa y libre de contaminación con tipos normales de hierro.

Preparación del Acero Inoxidable para el Esmaltado por Picado. En algunos casos la arena no puede llegar a todas las áreas de una pieza de acero inoxidable, entonces hay que emplear el picado para remover el escamado y producir la aspereza necesaria en el metal por el método mencionado. El siguiente procedimiento ha dado resultados satisfactorios.

- 1 - Limpieza con limpiador alcalino y enjuague.
- 2 - Templar a 1700<sup>o</sup>F.
- 3 - Acido clorhídrico 15%, 100<sup>o</sup>F. por 10 minutos.

- 4 - Enjuague con agua fría.
- 5 - 10% ácido nítrico, 2% fluorhídrico, 200°C. por 10 minutos.
- 6 - Enjuague con residera de alfa para remover suciedades.
- 7 - Neutralizador de borax-carbonato-sodio por 4 minutos.
- 8 - Enjuague con agua caliente.
- 9 - Secado.

Si es necesario se pueden repetir las etapas del 2 al 6 para remover el óxido. Ciertos aceros, como por ejemplo, el número 310, pueden ser sensibilizados al templearlos y después dañados por el picoleado.

Generalmente las superficies son sometidas a la acción de las máquinas prepulsoras de abrasivos en todas sus áreas accesibles después del baño químico.

El ácido nítrico fluorhídrico es muy corrosivo, será necesario usar un tanque especial de ladrillos de carbón y calentadores de serpentina de carburo para resistir su ataque. Para manejar estos ácidos debe tenerse un cuidado extremo, especialmente en el caso del ácido fluorhídrico que produce quemaduras muy difíciles de sanar. Los tanques para ácido clorhídrico y para ácido nítrico-fluorhídrico deben tener una ventilación del 100% de sus vapores.

Preparación del Aluminio para el Esmalteado Porcelanizado. El tratamiento para preparar el aluminio para el esmalteado varía según la aleación que se use. Las aleaciones 20 y 30 dan resultados satisfactorios si su limpieza es hecha a fondo. Un calentamiento a 1000°C para quemar los materiales orgánicos es recomendable. Cualquier método de limpieza que produzca un

na superficie limpia sin atacarla demasiado puede considerarse aceptable. Otras aleaciones, con el 316 como representativo, necesitan un depósito superficial de cromo. Hay varias técnicas que pueden dar buenos resultados, siendo indispensable una limpieza a fondo para todas. Los pasos del proceso - son: limpiar, desoxidar y cromar en cromo alcalino. Una capa unodizada muy delgada también es recomendable.

### Control de Soluciones para Picado y Métodos de Prueba.

Nota: Las instrucciones para la preparación de soluciones y re-agentes se pueden encontrar en los Boletines del Instituto del Esmaltado Porcelanizado, Chicago, Ill., U.S.A.

Para operar un sistema de control de la preparación del metal para el esmaltado porcelanizado, es necesario que haya <sup>un técnico</sup> entre nado que dirija y supervise el trabajo del departamento de control. A continuación se detalla un sistema de control que si es seguido cuidadosamente, dará resultados satisfactorios. Es obvio que pueden seguirse otros procedimientos para el control químico que darán los mismos resultados.

Prueba de Soluciones Limpiadoras. Pipetear una muestra representativa de la solución limpiadora en un bocal de 400 ccs. Añadir 300 ccs. de agua destilada. Agregar dos o tres gotas de anaranjado de metilo y determinar por análisis volumétrico con 1 N. de ácido sulfúrico hasta que el color naranja se vuelva rosado.- Leer la bureta. Esta lectura se usa en la determinación de onzas por galón de limpiador en la solución.

Por ejemplo, si se hiciera una solución limpiadora añadiendo 6 onzas de limpiador por galón, y el valor por análisis volumétrico, de que antes se habló, fuera de 11 cc., entonces cada cc. de ácido sulfúrico representaría 6/11 o 0.55 onzas de limpiador por galón. Este valor, o standard, para una solución limpiadora recién preparada sirve para fines de comparación con pruebas similares de la solución limpiadora hechas cuando ya está en uso.

Las pruebas para control de una solución limpiadora pueden simplificarse mucho preparando una castilla que indique la fuerza del limpiador según varios análisis volumétricos del ácido.

Prueba de Acido Sulfúrico para Picado (Soln. Acido). Preparar

ferir por medio de una pipeta una muestra representativa de 10 ccs. de la solución de ácido sulfúrico del picleado a un bocal de 400 ccs. Añadir 100 ccs. de agua destilada y en seguida, 2 o 3 gotas de solución indicadora de anaranjado de metilo. Determinar por análisis volumétrico con 2.04 Normal de hidróxido de sodio hasta que una gota de hidróxido cambie el color de la solución de rojo a amarillo. El número de centímetros cúbicos necesarios para que se realice este cambio es equivalente a la fuerza del ácido en tanto por ciento. Es decir que si se usaron 7.5 ccs. para cambiar el color de rojo a amarillo la acidez del picleado es de 7.5% de ácido sulfúrico. Si se desea tener una solución más débil como agente para la determinación por análisis, de manera que 1cc. de la solución sea equivalente (sea equivalente) a 1/2 de 1% de ácido sulfúrico, úsese 1.02 N. de hidróxido de sodio en lugar de 2.04 N. El análisis volumétrico en ccs. será entonces dos veces el tanto por ciento de la concentración ácida que haya en el baño.

Contenido de Hierro. El contenido de hierro metálico de un baño de ácido sulfúrico para picleado, puede ser determinado de la manera siguiente: Pipetear una muestra representativa de 10 ccs. en un bocal de 400 ccs. y añadir 200 ccs. de agua destilada. Agregar cuidadosamente 10 ccs. de ácido sulfúrico concentrado. Revolviendo rápidamente añadir, gota por gota, desde una bureta, 0.895 N. de permanganato de potasio. Determinar por análisis volumétrico hasta que el color rosa inicial persista. Cada centímetro cúbico usado de permanganato representa aproximadamente un medio de 1% de hierro soluble; por lo tanto si fueron usadas 6 ccs. de permanganato, el contenido de hierro del baño ácido es del 3%. Se usa la palabra aproximadamente porque las variaciones en la gravedad específica de la solución para el picleado, debidas a variaciones en los contenidos de ácido y

de hierro, no permiten la determinación absoluta del contenido de hierro por simples medios volumétricos sin usar tablas de referencia y otros factores adicionales. Cualquiera aumento en la concentración de ácido sulfúrico, así como la presencia de sulfato de hierro hidratado, aumenta la gravedad específica de la solución del picleado e introduce un error positivo menor en el cálculo del contenido de hierro, Sin embargo en vista del hecho de que el resultado aparente es ligeramente mayor que el contenido real de hierro, este error proporciona un factor de seguridad para el operador del picleado.

Método Alternado de Determinación de Hierro en la Solución para el Picleado. Añadir 50 ccs. de agua destilada y 10 ccs. de solución de ácido sulfúrico al 25% a un bocal de 400 ccs. Con una pipeta agregar 10 ccs. de la solución del picleado que va a ser probada para determinar su contenido de hierro, 15 ccs. de una mezcla de ácido sulfúrico-fosfórico y 3-4 gotas de indicador de difenilamina. Añadir, gota a gota, desde una bureta, la solución standard de dicromato de potasio, hasta que una sola gota dé un color púrpura que no desaparezca gradualmente. El contenido de hierro de la solución del picleado puede entonces ser calculado como sigue: Número de ccs. de Dicromato de Potasio determinado por análisis volumétrico X Factor Hierro  $\frac{1}{2}$  de Hierro en la Solución del Picleado.

Prueba de Acido Muriático. Baño Acido o Picleado. Pruébese este ácido exactamente en la misma forma que el ácido sulfúrico, con la única excepción de que debe usarse 2.74 N. de hidróxido de sodio en lugar de 2.04 N. de hidróxido de sodio. Cada centímetro cúbico de 274 N. de hidróxido de sodio representa exactamente 1% de ácido muriático. La concentración de hierro de este baño-

para picado no necesita ser chehada porque su presencia no impide la acción del baño ácido.

Prueba de Soluciones Para Enjuague. Para controlar el pH entre 3.2 y 3.6 puede usarse un Comparador LaMotte.

Prueba para Solución Neutralizadora. (a) Concentración alcalina. Pipetear en un bocal de 400 ccs. 100 ccs. de solución -- neutralizadora representativa. Añadir 150 ccs. de agua destilada y unas cuantas gotas de indicador de anaranjado de metilo. - Esto hará que la muestra se vuelva de un color paja. Añadir gota a gota, desde una bureta, meneando constantemente, 1N de ácido sulfúrico, hasta que la solución se vuelva roja. Cada centímetro cúbico de esta solución representa 0.031% de óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) De esta manera si fueron usados 17 ccs., el contenido de  $\text{Na}_2\text{O}$  será  $0.031 \times 17$ . o 0.53%  $\text{Na}_2\text{O}$ ;

(b) Contenido de Cianuro de Sodio. Transferir 50 ccs. del -- neutralizador a un bocal de 400 ccs. Añadir 8 gotas de yoduro de potasio y determinar por análisis volumétrico con 0.1 N de nitrato de plata hasta obtener una turbiedad opaca, permanente. El número de ccs. de nitrato de plata usado por 0.026 da la concentración de cianuro de sodio en onzas por galón.

Prueba de Solución de Niquel. Si hay algunas natas deben -- ser removidas por filtración. Estaprecaución es necesaria a fin de obtener una solución clara color verde que facilita la prueba para la concentración de niquel porque dará un punto final -- claramente definido. Es conveniente filtrar 75 ccs. de la muestra, desechando los primeros 10 ccs. Recibir el filtrado en un bocal seco.

Pipetear una muestra de 10 ccs. de solución standard de sal de niquel en un bocal de 400 ccs. Usando un vaso graduado, añadir lo siguiente en orden:

1 - 100 ccs. de agua destilada.

- 2 - 50 ccs. de citrato de amoniaco.
- 3 - 2 ccs. de indicador de nitrato de plata
- 4 - 2 ccs. de yoduro de potasio, usando una pipeta de 10 mm.

En este punto se ~~notará~~ que la solución se nubla y tiene un sedimento amarillo.

- 5 - Añadir gota a gota, lentamente, desde una bureta, cianuro de potasio, agitándolo rápidamente hasta que el turbido desaparece repentinamente y la solución toma un color claro de paja. Leer la bureta. La lectura de la bureta multiplicada por el factor níquel de la solución de cianuro da la fuerza de la solución de níquel en onzas por galón.

Además de controlar la concentración de níquel es importante controlar el pH de la solución. Esto se hace usando un comparador LaMotte (LaMotte Chemical Products Co. Baltimore, Md. U.S.A.) de un límite entre 3.0 y 4.5 ( las instrucciones vienen con el equipo) El baño de níquel debe mantenerse a un pH de 3.2 a 3.6.



### C A P I T U L O III.

#### FORMULACION Y MANUFACTURA DEL ESMALTE PORCELANIZADO.

1a. Parte. FORMULACION Y MANUFACTURA DE LA FRITA PARA  
ESMALTE PORCELANIZADO.

2a. Parte. PREPARACION DEL ESMALTE PORCELANIZADO.

FORMULACION Y MANUFACTURA  
DE LA FRITA PARA ESMALTE PORCELANIZADO.

La preparación de la frita para esmalte porcelanizado de be ser una operación científicamente controlada. La calidad -- del acabado del esmalte porcelanizado y la facilidad de apli cación y manejo del esmalte, dependen en gran parte de las re glas precisas de uniformidad y limpieza que se observen en el departamento de molienda. Los adelantos de los últimos años -- han reducido la manufactura del esmalte a una ciencia que puede ser organizada dentro de una serie de reglas fijas que, si son observadas, producirán un esmalte de partículas de tamaño -- conveniente, gravedad específica uniforme e invariable limpie za.

La mayoría de los fabricantes de piezas porcelanizadas -- dependen de un abastecedor para obtener su vidrio para el es malte. La formulación y manufactura de la frita es asunto prin cipal del fabricante de fritas, Las fritas para esmalte se com pran sobre la base de los resultados obtenidos en la planta -- del usuario. En otras palabras las fritas no son productos -- standard y cada abastecedor trata continuamente de mejorar su -- producto por medio de mejores fórmulas y mejores procesos de -- manufactura. También debe dedicar mucho tiempo el fabricante a determinar las propiedades físicas del vidrio que contribuyen -- a dar calidad al esmalte porcelanizado, o tienden a reducir -- las dificultades de la operación del esmalte.

La formulación de la carga para una horneada de vidrio para esmalte ha sido descrita brevemente en el Capítulo I. En -- su mayor parte las propiedades del vidrio son determinadas por

los óxidos (componentes de los materiales fundidos). En determinados casos los fluoruros pueden reemplazar a los óxidos. Hay composiciones en las que la forma original de ciertos materiales antes de ser fundidos puede influir en la calidad del vidrio fundido. Quienes formulan el vidrio para esmaltes pueden usar cargas de material crudo o el producto -- calculado de los óxidos, o una combinación de los dos para estudiar las composiciones de vidrio para esmalte. Los componentes de los óxidos del vidrio pueden también considerarse sobre una base molecular. Cuando se usa una base molecular se selecciona alguna unidad de base común. Algunos materiales tales como los fluoruros, boro y alcalies pueden ser parcialmente volatilizados durante el fundido del vidrio. Las pérdidas no son suficientemente constantes para ser consideradas como pérdidas de porcentaje fijo. Así pues la mayoría de los cálculos están hechos sobre la base del producto del -- 100% en el vidrio de los óxidos y fluoruros equivalentes, según son determinados por el análisis químico.

El formulador aprende a juzgar las pérdidas de materiales por lo que indican las propiedades del vidrio fundido. La pérdida de materiales tales como los fluoruros varía ampliamente con métodos diferentes y diferentes temperaturas de fundido.

Una forma de carga común y el rendimiento calculado de esa carga, en forma de óxido, son como sigue:

---

Carga	Peso Teórico de Fundido	Rendimiento en Oxido
Arena de Sílice	204	204 SiO <sub>2</sub>

---

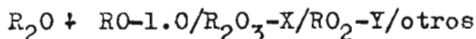
Borax Anhidrico	293	293	Na <sub>2</sub> O 90.2, B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 202.8
Feldespató	293	293	Na <sub>2</sub> O 8.8, K <sub>2</sub> O 29.3, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 52.7, SiO <sub>2</sub> 202.2
Soda Ash	53	51.5	Na <sub>2</sub> O 51.5
Nitrato de Sosa.	49	17.9	Na <sub>2</sub> O 17.9
Fluorita	39	39	CaO 28.0, F <sub>2</sub> 19.0 o CaF <sub>2</sub> 39
Criolita	20	20	Na <sub>2</sub> O 8.91 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4.9, F <sub>2</sub> 10.9 o NaF 12.0, AlF <sub>3</sub> 8.0
Oxido de Cobalto	4	4	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 4
Oxido de Manganeso	6	6	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 6
Oxido de Niquel	4	4	NiO 4
Total .....	1000	932.4	

Rendimiento teórico de vidrio 932.4 o 93%. Material volátil teórico 67.6 o 7%.

La pérdida real de material volátil será mayor que la - indicada por el peso teórico de fundido. Los rendimientos de óxido pueden ser totalizados para dar una composición de óxido como sigue:

SiO <sub>2</sub>	204 más	202.2.....	=	406.2
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		.....	=	202.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	52.7 más	4.9.....	=	57.6
Na <sub>2</sub> O	90.2 más 17.9 más	8.8 más 8.9	51.5 más	= 177.3
CaO		.....	=	28.0
K <sub>2</sub> O		.....	=	29.3
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>		.....	=	4.0
MnO <sub>2</sub>		.....	=	6.0
NiO		.....	=	4.0
		Total .....		915.2
F <sub>2</sub>	19 más	10.9 .....		29.9

Cuando se desea trabajar sobre la base de una composición molecular, se emplean los pesos moleculares de los óxidos para determinar el equivalente mol o fracción de un equivalente mol de cada óxido. La fórmula molecular para el vidrio puede entonces ser calculada calculando el grupo básico de óxidos ( $R_2O + RO$ ) a un equivalente mol de 1.0. La forma general de un compuesto químico puede así ser formada con el  $R_2O$  y  $RO$  o grupo de alcalies a un total de 1.0 en un grupo, el  $R_2O_3$  o grupo neutral juntos y el  $RO_2$  o grupo de ácidos juntos. Esto ofrece algunos problemas para una colocación adecuada de ciertos materiales, pero puede tener algunas ventajas para el principiante porque los materiales de una naturaleza similar son agrupados juntos. Una fórmula molecular general es como sigue:



Calculando según la fórmula de óxido anterior, la fórmula molecular es desarrollada como sigue:

	Peso de Oxido.	Peso Mole cular.	Equiva lente Mol	*Alcalies Igual L.00
SiO <sub>2</sub> .....	406.2	60	6.77	1.84
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	202.8	70	2.75	0.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	57.6	102	0.56	0.15
Na <sub>2</sub> O .....	177.3	62	2.86	0.78
K <sub>2</sub> O .....	29.3	94	0.31	0.08
CaO .....	28.0	56	0.50	0.14
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	4.0	241	0.017	0.005
MnO <sub>2</sub> .....	6.0	87	0.069	0.019
NiO .....	4.0	75	0.053	0.014
F <sub>2</sub> .....	29.9	38	0.79	0.22

\*Los equivalentes mol totales de  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{CaO}$  = 3.67. Dividiendo todos los equivalentes mol por 3.67 reduce esto total a 1.00 y otros equivalentes proporcionalmente.

$\text{R}_2\text{O} + \text{RO}$	$\text{R}_2\text{O}_3$	$\text{RO}_2$	Otros.
$\text{Na}_2\text{O} \dots 0.78$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots 0.15$	$\text{SiO}_2 \dots 1.84$	$\text{Ca}_3\text{O}_4 \dots 0.005$
$\text{K}_2\text{O} \dots 0.08$	$\text{B}_2\text{O}_3 \dots 0.75$		$\text{MnO}_2 \dots 0.019$
$\text{CaO} \dots 0.14$			$\text{NiO} \dots 0.014$
			$*\text{F}_2 \dots 0.22$

\* El fluor puede ser encontrado en los grupos como  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{NaF}$  y  $\text{AlF}_3$ .

Al trabajar con óxidos o fórmulas moleculares es necesario usar el cálculo inverso y tener cierta experiencia para derivar una fórmula satisfactoria de material crudo.

La formulación del esmalte es en general un proceso de pruebas y errores, debido al número de materiales que pueden variar. En una observación lógica de los resultados de las variaciones de tres materiales se puede obtener cierta ayuda -- por el uso de diagramas triaxiales.

El formulador debe tener muy en cuenta la expansión del vidrio. Como una primera guía, los factores de expansión según los estudios de Mayer & Havas, Winkleman & Schott y otros, serán de utilidad. La expansión de un vidrio puede ser calculada del porcentaje de los diferentes óxidos. Los factores apropiados multiplicados por el porcentaje del óxido, y los productos totalizados darán un coeficiente calculado de expansión. Estos no son completamente exactos y servirán únicamente como una guía en la formulación del vidrio para esmalte. Para trabajar con la carga de materiales estos factores para coeficien

te de expansión pueden ser calculados para el material crudo. Estos pueden ser empleados como sigue:

Multiplicar el peso de cada material por el factor apropiado y sacar el total de estos productos. Calcular el producto teórico de fundido de la fórmula. Dividir el producto total resultante de multiplicar el peso de material crudo -- por su correspondiente factor entre el producto del fundido- (peso del fundido) y multiplicando todo esto por 100 se obtendrá un coeficiente calculado de expansión que concuerda con el coeficiente de expansión obtenido de los cálculos basados en porcentaje de óxidos.

En la tabla siguiente se hallarán los factores para la-  
calculación del coeficiente de expansión de materiales cru-  
dos, del producto teórico de peso de fundido y factores de -  
productos de óxidos y fluoruros para los materiales crudos -  
más comunes.

FACTORES DE MATERIALES CRUDOS PARA ESMALTE PORCELANIZADO			
Material	Factor de Expansión x 10 <sup>-7</sup>	Producto Teórico de Fundido	Factores de Peso de Oxidos y Fluoruros.
Fluoruro de Aluminio	4.40	1.00	0.607 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + (0.678F)
Hidrato de Aluminio	3.23	0.646	o 1.00 AlF <sub>3</sub> 0.646Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Oxido de Aluminio	5.00	1.00	1.00 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
(meta) Fosfato de Aluminio.	2.58	1.00	0.193 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 0.807 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
(mono) Fosfato de Aluminio.	1.23	0.617	0.617 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Oxido de Antimonio	4.00	1.11	1.11 Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Carbonato de Bario	2.33	0.777	0.777 BaO
Sulfato de Bario	1.97	1.00	1.00 BaSO <sub>4</sub> o 0.658 BaO + 0.342 SO <sub>3</sub>
Ceniza de Hueso	2.30	0.70	0.300 CaO + 0.400P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Borax (deshidratado)	3.15	1.00	0.308 Na <sub>2</sub> O + 0.692B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

Material	Factor de Equivalencia	Coeficiente Teórico de Purfido.	Oxidos y Fluoruros Factores de Peso.
Borax anhidro	1.66	0.588	0.167 Na <sub>2</sub> O más 0.356 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Acido Bórico	0.056	0.561	0.561 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
(di) Fosfato de Calcio	2.44	0.729	0.326 CaO más 0.413 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
(Mono) Fosfato de Calcio	2.24	0.765	0.122 CaO más 0.563 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (factor)
Oxido de Cobalto	4.20	0.934	0.934 CaO
Criolita	7.40	1.00	1.00 Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub> o 0.443 Na <sub>2</sub> O más 0.243 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más (0.543F)
Feldespato.....	2.60	1.00	0.69 SiO <sub>2</sub> más 0.03 Na <sub>2</sub> O más 0.10 K <sub>2</sub> O más 0.18 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Fluorita	2.50	1.00	1.00 CaF <sub>2</sub> o 0.718 CaO más --- (0.487F)
Oxido de Hierro (Rojo)	4.00	1.00	1.00 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Kaolin	2.36	0.861	0.398 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más 0.463 SiO <sub>2</sub>
Kianita	3.45	1.00	0.63 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más 0.37 SiO <sub>2</sub>
Nitrato de Plomo	2.83	0.674	0.674 PbO
Oxido de Plomo (rojo)	4.10	0.977	0.977 PbO
(Mono) Silicato de Plomo	3.66	1.00	0.84 PbO más 0.16 SiO <sub>2</sub>
Lepidolita	2.70	1.00	0.62 SiO <sub>2</sub> más 0.225 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más 0.053 Na <sub>2</sub> O más 0.039 K <sub>2</sub> O más 0.022 Li <sub>2</sub> O.
Litargirio	4.20	1.00	1.00 PbO
Carbonato de Litio	4.05	0.405	0.405 Li <sub>2</sub> O
Carbonato de Magnesita	0.048	0.476	0.417 MgO
Carbonato de Manganeso	1.66	0.756	0.756 MnO <sub>2</sub>
Oxido de Manganeso	2.20	1.00	1.00 MnO <sub>2</sub>
Tri-Oxido de Molibdeno	....	1.00	Variable MoO <sub>3</sub> más variable --- SiO <sub>2</sub> (factor)
Sienita Nefelina	3.11	0.991	0.598 SiO <sub>2</sub> más 0.242 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más 0.100 Na <sub>2</sub> O más 0.051 K <sub>2</sub> O
Oxido de Niquel	4.00	1.00	1.00 NiO
Carbonato de Potasio	5.78	0.681	0.618 K <sub>2</sub> O
Nitrato de Potasio	3.96	0.465	0.465 K <sub>2</sub> O



Material	Factor de Expansión x 10 <sup>4</sup>	Rendimiento teórico de Molido	Oxidos y Fluoruros Factor de Peso.
Fluoruro Silíceo de Potasio.		1.00	1.00 K <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> o 0.425 K <sub>2</sub> O más 0.222 SiO <sub>2</sub> más (0.517F)
Pirofilita	1.63	0.94	0.755 SiO <sub>2</sub> más 0.205 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Cuarzo	0.80	1.00	1.00 SiO <sub>2</sub>
Rasorita (deshidratada)	4.76	1.00	0.286 Na <sub>2</sub> O más 0.639 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más 0.046 SiO <sub>2</sub> más 0.017 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más 0.017 CaO (Factor)
Rasorita (hidratada)	3.53	0.699	0.199 Na <sub>2</sub> O más 0.447 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más 0.0224 SiO <sub>2</sub> más 0.0084 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más 0.0122 CaO (Factor)
Soda Ash	5.85	0.585	0.585 Na <sub>2</sub> O
Antimonato de Sodio	4.64	1.00	0.162 Na <sub>2</sub> O más 0.638 Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Boro Silicato de Sodio	3.02	1.00	0.247 Na <sub>2</sub> O más 0.069 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más 0.684 SiO <sub>2</sub>
Fluoruro de Sodio	7.40	1.00	1.00 NaF o 0.74 Na <sub>2</sub> O más ---- (0.452F)
Nitrato de Sodio	3.65	0.365	0.365 Na <sub>2</sub> O
(meta) Fosfato de Sodio	4.43	1.00	0.304 Na <sub>2</sub> O más 0.696 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Silicato de Sodio "N"	1.20	0.376	0.089 Na <sub>2</sub> O más 0.287 SiO <sub>2</sub>
Silicato de Sodio "SS"	2.96	0.952	0.235 Na <sub>2</sub> O más 0.757 SiO <sub>2</sub>
Fluoruro Silíceo de Sodio	5.00	1.00	0.330 Na <sub>2</sub> O más 0.319 SiO <sub>2</sub> más (0.606F)
Sulfato de Sodio	4.36	1.00	1.00 Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> o 0.436 Na <sub>2</sub> O más 0.564 SO <sub>3</sub> .
Espodumeno	2.45	1.00	0.67 SiO <sub>2</sub> más 0.15 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> más 0.06 Li <sub>2</sub> O
Talco	0.539	0.953	0.319 MgO más 0.634 SiO <sub>2</sub>
Fosfato Tri-sódico	2.82	0.432	0.245 Na <sub>2</sub> O más 0.187 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Oxido de estaño	2.00	1.00	1.00 SnO <sub>2</sub>
Mezcla de carbonato de Magnesia-Titania	3.96	0.968	0.965 TiO <sub>2</sub> más 0.003 MgO
Mezcla de Titania-Silice	1.90	1.00	0.333 TiO <sub>2</sub> más 0.667 SiO <sub>2</sub>
Oxido de Titanio	4.10	1.00	1.00 TiO <sub>2</sub>

Material	Factor de Expansión x 10 <sup>7</sup>	Rendimiento Teórico de Fundido	Oxidos y Fluoruros. Factores de Peso.
Blanco de España	2.30	0.56	0.56 CaO
Oxido de Zinc	2.10	1.00	1.00 ZnO
Oxido de Zirconio	2.10	1.00	1.00 ZrO <sub>2</sub>
Silicato de Zirconio	1.62	1.00	0.67 ZrO <sub>2</sub> +0.33 SiO <sub>2</sub>

Método de Cálculo.

Cálculo de Coeficiente de Expansión.

	Factor x 10 <sup>7</sup>	Rendimiento Teórico.
Sílice (Cuarzo)	204 x 0.80 = 163.2	204
Borax Anhidro	293 x 3.15 = 923.0	293
Feldespató	293 x 2.60 = 761.3	293
Soda Ash	88 x 5.35 = 514.8	51.5
Nitrato de Sosa	49 x 3.65 = 178.9	17.0
Fluorita	39 x 2.50 = 97.5	39
Criolita	20 x 7.40 = 148.0	20
Oxido de Cobalto	4 x 4.10 = 16.4	4
Oxido de Manganeso	6 x 2.20 = 13.2	6
Oxido de Niquel	4 x 4.40 = 16.0	4
	2832.8	932.4
<u>Total de Productos</u>	<u>2832.8 x 10<sup>-7</sup> x 100</u>	<u>= 304 x 10<sup>-7</sup> Coefi -</u>
Rendimiento Fundido	932.4	ciente Cúbico de Expansion.

Los factores de peso para óxidos y fluoruros se usan en cálculos de fórmulas para aumentar o disminuir un elemento que es proporcionado por un material crudo que también proporciona otros elementos. Los factores de peso también se usan para substituir un material crudo por otro mientras se mantenga una composición constante de vidrio. Por los siguientes ejemplos de fórmulas para varios usos se puede tener i\*

Formulas Para Proceso Seco y Proceso Húmedo.

Esmalte Porcelanizado Para

Hierro Fundido.  
Capa Base.  
Proceso Seco

Sílice .....	34.80
Feldespató.....	27.78
Borax .....	29.50
Nitrato de Sosa .....	2.64
Plomo Rojo .....	5.28

Capa de Cubierta.

Feldespató .....	38.50
Borax (hidratado).....	30.00
Nitrato de Sodio .....	3.50
Soda Ash .....	3.00
Carbonato de Bario ....	4.50
Oxido de Zinc .....	8.00
Litargirio .....	10.00
Fluorita .....	10.00
Antimoniato de Sodio ..	11.00

Esmalte Porcelanizado Para

Hierro Fundido.  
Capa Base.  
Proceso Húmedo.

Sílice .....	40.00
Feldespató .....	27.00
Borax .....	17.00
Fluorita .....	7.00

Capa de Cubierta Blanca.

Borax .....	28.70
Sílice .....	24.80
Criolita .....	20.30
Nitrato de Sosa .....	2.30
Soda Ash .....	4.10
Fluorita .....	2.30
Litargirio .....	11.30
Oxido de Antimonio ....	6.30

Esmalte Porcelanizado

Para Lámina de Hierro.

Capa Base.  
Proceso Húmedo.

Feldespató .....	29.30
------------------	-------

Esmalte Porcelanizado.

Para Lámina de Hierro

Proceso Húmedo Capa Base .

Continúa.

Arena de Sílice .....	20.50
Borax .....	29.30
Soda Ash .....	8.80
Nitrato de Sosa .....	4.90
Fluorita .....	3.90
Criolita .....	2.00
Oxido de Manganeso ....	0.60
Niquel .....	0.40
Oxido de Cobalto .....	0.40

Capa de Cubierta.

(Blanca de Antimonio )

Sienita Nefelinita ....	18.30
Sílice .....	25.70
Borax .....	23.07
Soda Ash .....	6.34
Nitrato de Sosa .....	2.96
Fluorita .....	3.38
Criolita .....	10.14
Oxido de Zinc .....	3.38
Antimoniato de Sodio...	6.76

Capa de Cubierta

(De Titanio Blanca.)

Borax Deshidratado.....	20.00
Sílice .....	37.00
Feldespató .....	8.90
Nitrato de Sodio .....	8.90
Carbonato de Potasio ..	1.70
Bióxido de Titanio.....	18.00
Fosfato e Mono-Amonio.	1.10
Fluoruro Silícico de	
Potasio .....	4.40

Capa de Cubierta

(De Zircón Blanca)

Borax Deshidratado ...	23.40
Pirofilita .....	24.70
Sílice .....	9.70
Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> .....	10.90
Fluorita.....	6.00
Oxido de Zinc .....	3.20
CaCO <sub>3</sub> .....	1.20
Zircón molido.....	22.00
NaNO <sub>3</sub> .....	1.50

Esmalte Porcelanizado Para  
Hierro Fundido.  
Capa de Cubierta Blanca  
Resistente al Acido .

Feldespató de Potasio....	8.70
Borax .....	11.60
Sílice .....	25.80
Nitrato de Sosa .....	5.10
Soda Ash .....	14.30
Antimoniato de Sodio.....	10.10
Fluoruro Silícico de So - dio .....	1.70
Litargirio .....	7.80
Oxido de Zinc .....	5.10
yeso .....	3.00
Oxido de Titanio .....	6.80

Esmalte Porcelanizado Para  
Lámina de Hierro.  
Capa de Cubierta S.I.Azul.

Borax .....	27.80
Feldespató .....	25.80
Sílice .....	22.30
Criolita .....	4.30
Fluorita .....	5.30
Soda Ash .....	7.30
Nitrato de Sosa .....	4.30
Bióxido de Manganeso ....	1.00
Oxido de Cobalto .....	1.40
Oxido de Hierro .....	0.50

Selección de Materiales Crudos. Los materiales crudos se obtienen en el comercio en partículas del tamaño requerido. Un material demasiado fino tenderá a hacerse bolas durante el mezclado y evitará que se logre una mezcla uniforme -- que al fundirse resulte un vidrio homogéneo. Si el tamaño de las partículas es demasiado basto se encontrará la misma dificultad al fundirlo. Se pueden hacer algunas generalizaciones en cuanto al tamaño de las partículas. Cuando el fundido se lleva a cabo a baja temperatura, el sílice, la alúmina, el feldespató y otros materiales refractarios deben ser de par-

tículas de un tamaño tal que un 98% pueda pasar por un tamiz de 200 mallas. Se puede usar material más basto al fundir a temperaturas más altas; como por ejemplo, bastará con que un 98% de arena de sílice pase por una malla de 40.

Entre los materiales que tienden a juntarse en pequeños nudos formando grandes aglomeraciones están el titanio y el óxido de antimonio. Ciertos grados de estos materiales no están sujetos a formar estas aglomeraciones, y como no se pueden obtener en partículas de tamaño basto ni son deseables, es necesario seleccionar materiales normalmente conocidos como de grados de fluido libre o usar métodos de mezclado que eviten la aglomeración de las partículas.

Algunos materiales tales como los nitratos y carbonatos de partículas de tamaño fino tienden a juntarse formando masas durante su almacenamiento. Como estos materiales se funden a baja temperatura, es conveniente usarlos en partículas de tamaño basto (malla de 20 a 40). Las partículas gruesas se manejan más fácilmente y son estables durante su almacenamiento. Otros materiales debido a su proceso químico deben ser aceptados en partículas finas que son difíciles de manejar y mezclar. Se puede mejorarlos seleccionándolos de tipo nudoso. El óxido de zinc es uno de los materiales que pueden obtenerse en forma de nudillos.

Para formular el vidrio para esmalte porcelanizado debe considerarse la forma física del material así como la composición química y las propiedades de los materiales que forman la carga.

Hasta aquí los materiales y formulas han sido discutidos desde el punto de vista de los principales componentes-

del vidrio. En muchos casos las impurezas contribuyen a las buenas o malas propiedades del vidrio para esmalte. Las especificaciones químicas y los análisis son absolutamente necesarios y deben tomarse en consideración las impurezas de los materiales crudos. Las impurezas más comunes que hay que controlar son el cromo, el hierro y el sulfuro o sulfatos. Estas a menudo son causa de dificultades aun cuando vengan en forma de solución en el vidrio. El cromo y el hierro ocasionand ecoloración y afectan las reacciones de adherencia , y los sulfatos tienden a causar desvitrificación. Otros materiales son difíciles de oxidarse o fundirse con el vidrio; entre estos están la mica, el níquel metálico y el plomo metálico. Los límites de impurezas que pueden permitirse varían según el tipo de formulación y método de fundido.

Como antes se dijo, la mezcla de la carga puede hacerse en mezcladoras de diferentes tipos. Cualquier variación en la intimidad de la mezcla puede ocasionar variaciones en la calidad del vidrio. Las fórmulas establecidas sobre la base de una cierta dispersión de materiales, uno con otro, pueden ser afectadas por extremos en estrecho contacto dentro de la mezcla, o por la falta de suficiente dispersión de los materiales. La intimidad de contacto de los diversos componentes afecta la volatilización de ciertos materiales y también -- tiende a afectar la penetración del calor dentro de la carga.

**Mezcladores .** Se han usado equipos mezcladores de diferentes tipos, incluyendo el mezclado a mano sobre una plataforma o en una artesa. Los mezcladores en uso incluyen los de artesa giratoria, de doble cono, con o sin ruedas, los de cilindros, etc. En algunos casos se incluye una operación de tamizado o pulverizado en el programa mezclador. Es impor

tante que se logre una mezcla estandarizada para mantener uniformidad en el fundido y en las propiedades del vidrio.

El fundido del vidrio se lleva a cabo a temperaturas entre 2000 y 2500<sup>o</sup>F. A estas temperaturas los vidrios para esmalte porcelanizado son muy corrosivos para los refractarios. No es factible fundir el vidrio por calentamiento a través de un recipiente refractario. Donde se usan pequeñas vasijas pueden reponerse facilmente, pero -- las cargas grandes requieren radiación directa de los gases de la combustión para fundirse, o el paso de una corriente eléctrica a través del vidrio fundido que actúe como resistencia.

El diseño de fundidores de flama varía considerablemente. En las unidades tipo carga tienen la forma de un tanque refractario con un arco refractario encima de la parte superior. El tanque tiene un pitón o canaleta en el fondo para descargarlo y una puerta para cargarlo en el arco. En las paredes de los lados hay agujeros para los quemadores comunicados con la chimenea para hacer tiro y una puerta que puede abrirse para agitar la mezcla. Como fuente de calor se emplea el aceite o el gas, anteriormente se uso también combustible sólido, como carbón o madera.

Cuando es necesario recurrir a un combustible sólido se construye una cámara de combustión fuera del tanque y debajo del arco, de manera que la flama pueda ser atraída encima del vidrio que esta en el tanque. Otro tipo de fundidor, conocido como fundidor giratorio, consiste de un cilindro forrado de un refractario, que se hace girar-

al principiar la carga a fundirse. El quemador esta montado en un extremo del cilindro giratorio y los productos de la combustión son extraidos por el extremo opuesto. La carga se vacía en el fundidor con pala a mano, o por medio de un cilindro o alimentador vibratorio. El fundidor se voltea cuando hay que descargar el vidrio fundido.

Fundido. Los fundidores de tipo continuo son del tipo tanque, alimentados continuamente con la carga por un extremo y el vidrio fundido descargado por el extremo opuesto. El tanque debe tener una area adecuada para el fundido y el flujo del vidrio debe ser controlado en cuanto a su espesor y anchura para obtener un vidrio debidamente fundido.

Cuando se emplea un fundidor eléctrico la operación debe principiar por un arco eléctrico o un quemador de gas de flama para producir el primer fundido que actúe como resistencia. La composición del vidrio y el espacio entre electrodos determinan el voltaje requerido para mantener la acción del fundido. En los electrodos se desarrolla un calor muy alto por lo que se requieren electrodos de diseño y materiales especiales. Los fundidores eléctricos dan resultados satisfactorios solamente en unidades de tipo continuo. Las temperaturas del fundido se miden por pirómetros ópticos o de radiación. Es poco práctico mantener un termopar en la carga de vidrio fundido. Los pirómetros mencionados pueden usarse con quemadores manualmente controlados y con los pirómetros de radiación que se usan para el control automático de los quemadores. El control del tiro es muy importante. Un control de tiro con chequeador siempre da resultados



satisfactorios y puede ser operado automáticamente. El tiro es medido normalmente como la diferencia entre la presión atmosférica y la presión interior de la cámara de fundido.

Los gases de la combustión de los fundidores contienen productos de la combustión (bióxido de carbono y vapor de agua) y además porciones volátiles de la carga y posiblemente algunas partículas de polvo del aire. Los componentes volátiles incluyen agua, proveniente de los materiales hidratados o hidrogenados y del contenido de humedad de los materiales, bióxido de carbono de los carbonatos, e impurezas orgánicas, nitrógeno de los nitratos usados como oxidantes y fluoruros. También puede haber una volatilización muy ligera de cualquier material en la composición.

Para descargar el vidrio (frita) del tanque de enfriamiento se colocan cestas perforadas dentro del tanque abajo de la canaleta de descarga. Después de que la frita ha sido convenientemente enfriada por agua se remueve del tanque por medio de las cestas perforadas. En algunas plantas la frita es traspalada del tanque de enfriamiento, pero se maneja más fácilmente por medio de las cestas perforadas o cubos perforados que viajan en un transportador. En las unidades tipo continuo el transportador lleva los cubos con la frita directamente al secador; en las unidades de carga la frita es llevada al secador por un mecanismo que levanta las cestas perforadas. Cuando se enfría el vidrio por medio de rodillos enfriados por agua, sin que haya contacto entre la frita y el agua, se elimina la necesidad de secar el vidrio después de apagarlo. Es conveniente probar muestras de la frita para asegurar una calidad uniforme. En las pruebas comunmente

usadas, se utilizan molinos pequeños de los que se emplean en laboratorios y se preparan placas de muestra para probar cualidades tales como adherencia, resistencia a ácidos y reflectancia. Las adiciones que se hagan a la molienda deben ser del mismo tipo que vaya a ser usado para la producción. Pueden hacerse también pruebas de fusión y flujo de material fundido para asegurarse de la calidad constante del vidrio fundido.

\*\*dea de las formulas de vidrio para esmalte.(Pag.9)

CAPITULO III  
Segunda Parte .

PREPARACION DEL ESMALTE PORCELANIZADO.

El primer paso en la preparación del esmalte porcelanizado es la selección de un abastecedor de materiales crudos, - de entera confianza. Estos materiales son: la frita, la arcilla y otros materiales de adición para la molienda, como electrolitos, substancias para producir opacidad, y feldespatos. Hay abastecedores que surten estos materiales ya probados y comparados con materiales standard para ser usados en el esmaltado porcelanizado, por lo que se puede suponer que son de calidad standard y no deben causar variaciones en el cuerpo del esmalte. Es necesario que haya una sección de almacenamiento con todas las facilidades necesarias para que los materiales no sean dañados al ser almacenados por colocarlos en recipientes o lugares inadecuados, o contaminados unos -- con otros.

El agua que se usa en el cuarto de la molienda debe también considerarse como material crudo, que tiene que permanecer constante en sus cualidades. Cuando el agua no es de buena calidad hay unidades para su tratamiento que proporcionan agua esencialmente pura para usarse en la molienda del esmalte. Si se usa una unidad para el tratamiento del agua debe haber un control cuidadoso para asegurar un abastecimiento uniforme de agua.

El cuerpo del esmalte molido es afectado por la finura y por la solubilidad de la frita y teniendo en cuenta que la solubilidad es afectada por la temperatura y condiciones de la molienda, y que la finura generalmente se prueba unicamen

te por una operación de tamizado, es muy importante que la molienda sea controlada estrechamente para evitar variaciones en el cuerpo del esmalte.

Hay una velocidad de revoluciones óptima (revoluciones por minuto) para cada molino según su diámetro. El abastecedor de molinos de bola generalmente especifica las R.P.M. que deben usarse, y es importante que ese R.P.M. standard sea mantenido. Un R.P.M. incorrecto puede ocasionar excesivo calentamiento en el esmalte que se está moliendo o una distribución inadecuada entre las partículas más finas y las más bastas.

Las cantidades de la carga de bolas para el molino, de la carga de la frita, de los materiales de adición y del agua, también afectan la temperatura de la molienda y, en consecuencia, la solubilidad y la distribución de las partículas. Por esta razón cuando ha sido determinada la carga correcta de bolas y la carga para la molienda para un esmalte en particular, deben ser mantenidas en todo tiempo.

Debe haber una vigilancia estrecha para asegurarse de que el tiempo para moler un esmalte no varíe más allá de límites razonables y de que no haya mucha diferencia en las temperaturas del esmalte al tiempo de terminar la molienda. Durante los meses calurosos del verano hay que refrescar los molinos con agua para mantenerlos a una temperatura constante. Es conveniente llevar un registro exacto de las temperaturas de la molienda para evitar cualquier cambio extremo.

Una observación casual de la carga de un molino haría-

creer que deja muy poco lugar a variaciones, pero considerando más de cerca las condiciones que generalmente prevalecen se verá que son posibles las variaciones y deben controlarse. Como antes se dijo, el tamaño de la carga es de importancia y por lo mismo es necesario que la descarga del molino se haga en forma uniforme, para que la cantidad de esmalte que quede en el molino no varíe de una a otra vez. Puede observarse fácilmente que hay alguna diferencia entre la carga de un molino que ha sido completamente vaciado y lavado, y la de otro al que se le ha sacado el esmalte molido haciéndolo desaguar.

Los molinos deben ser cargados hasta el 55% de su volumen con bolas. Las bolas deben ser por lo menos de dos tamaños y preferentemente de tres. El esmalte, frita, agua y otras adiciones, debe cubrir justamente las bolas cuando la molienda este completa.

Otro problema relativo a la carga del molino es causado por la abertura que generalmente hay entre el forro del molino y el forro de la tapa del molino. Es importante que los materiales de menor volumen de las adiciones a la molienda sean colocados en el molino de tal manera que no sean atrapados en esta hendidura en las primeras revoluciones del molino, donde permanecerían durante toda la molienda. Es conveniente asegurarse de que la frita sea el último material que quede en la parte superior de la carga del molino, para evitar la pérdida de materiales de pequeño volumen.

La limpieza y cuidado que deben observarse para el almacenamiento de los materiales crudos, debe continuar a lo-

largo de la pesada de la carga para el molino y de la --  
cargada del molino.

Es una práctica general el moler la carga hasta una finura especificada antes de descargar. Para checar la fi  
nura se emplea normalmente un tamiz de 200 mallas y la -  
prueba se hace con una muestra de 100 gramos de esmalte-  
líquido, (prueba standard del Instituto del Esmalte Por-  
celanizado) o puede usarse una muestra de 50 cc. La muestr  
a del esmalte molido es lavada a través de un tamiz de  
30 mallas y después se hace pasar por otro tamiz de 200-  
mallas, continuando el lavado hasta que ya no pasan por-  
el tamiz ni arcilla ni partículas finas. Entonces el re-  
siduo que queda en el tamiz se seca y se vuelve a pasar-  
por el tamiz de 200 mallas hasta que ya no pasa nada de -  
material seco. El residuo se pesa y se considera como la  
finura.

Las especificaciones para la molienda de un determi-  
nado esmalte indicarán el límite aceptado de finura, y la  
molienda debe continuarse hasta llegar a ese límite. Un -  
esmalte muy fino o muy entero ocasionará variaciones en -  
la consistencia o cuerpo, el esmalte fino producirá un --  
cuerpo alto y el grueso un cuerpo bajo y sedimentos.

Cuando la molienda ha alcanzado su límite de finura,  
hay que probar su gravedad y cuerpo para asegurarse de que  
es normal en cuanto a estas cualidades. También puede ha -  
cerse una muestra quemada de inmediato para probar su calid  
ad. Es importante que sea controlada la gravedad del es -  
malte que esta listo ya para ser descargado, porque la gra

vedad afectará la cantidad de esmalte que quede en el moli  
no. La gravedad también influye en las operaciones de tami  
zado por aspersión ( que generalmente se hace usando un a-  
parato aspersor giratorio ) y separación magnética del es-  
malte que deben hacerse antes de almacenarlo.

El esmalte almacenado debe ser mantenido a una grave-  
dad standard y resulta más practico hacerle los ajustes ne  
cesarios mientras esta en el molino que hacerlos en los -  
tanques de almacenamiento. Como en todas las operaciones -  
en que se maneja el esmalte, debe evitarse toda contamina-  
ción y mantener limpio todo el equipo. Es conveniente que-  
el e smalte que se halla en almacenamiento sea agitado mode  
radamente. Se recomienda agitarlo cada treinta minutos por  
breve tiempo, o a intervalos y por periodos de tiempo regu  
lares; pero una agitación constante o a altas velocidades,  
que introduzcan aire en el e smalte o lo mantengan en conti  
nuo mivimiento, será perjudicial. Es importante controlar-  
la temperatura del e smalte almacenado por las mismas razo-  
nes mencionadas con relación a la molienda, o sea para evi  
tar que aumente la solubilidad de la frita con el consi --  
guiente cambio en su cuerpo.

Cuando el esmalte se retira del almacen y se prepara -  
para ser usado, es conveniente que sea nuevamente tamizado  
(generalmente se emplea el aspersor giratorio antes mencio-  
nado) y que vuelva a ser separado magneticamente.

En este momento se agregan las adiciones que deben -  
hacerse después de la molienda, mezclando los materiales -  
de adición para que formen una solución que pueda mezclar-

se bien con el esmalte. La gravedad y cuerpo del esmalte - deben ajustarse a las especificaciones señaladas, según el uso que se intente darle.

Las adiciones después de la molienda se hacen con dos fines. Algunos materiales como la urea y el nitrato de sodio son más efectivos cuando se añaden después de la molienda; el nitrato de sodio tiene tendencias a aumentar la solubilidad de la frita por eso se recomienda agregarlo -- después. La otra razón para hacer adiciones después de la molienda es con el fin de ajustarla al cuerpo apropiado después de que ya se ha obtenido una gravedad standard.

Los esmaltes aplicados por aspersion generalmente son nuevamente ajustados después de ser colocados en el tanque a presión . Si al checarlos en esta ocasión se encuentran dentro de los límites convenientes por lo que concierne a cuerpo y gravedad, se procede a usarlos.

El esmalte que va a ser usado para capa base aplicada por inmersión, se ajusta agregándole agua cuidadosamente hasta obtener el depósito deseado.

Este checado del esmalte para inmersión puede hacerse en el mismo tanque o en un recipiente que se vacía después poco a poco en el tanque.

Las posibles variaciones en el cuerpo del esmalte molido son las siguientes:

- 1 - Variación en finura.
- 2 - Variación en gravedad.
- 3 - Cambios en los materiales, incluyendo el agua.
- 4 - Variaciones en la carga del molino.



5 - Variaciones en la temperatura de la molienda y almacenamiento del esmalte.

Es indispensable un control estrecho de todas las operaciones que hay que llevar a cabo para preparar el esmalte porque se pueden producir variaciones en su cuerpo en casi cualquiera de ellas.

Ajuste de fórmulas para molienda. En lo anteriormente expuesto se asume que se han llegado a determinar las adiciones a la molienda en forma standard y satisfactoria. Para ello es necesario que alguien con la experiencia y conocimientos requeridos sobre esmaltado porcelanizado haya llevado a cabo los ajustes indispensables. Estos ajustes iniciales son ante todo cuestión de experiencia, sin embargo se pueden fijar ciertas generalidades. Cuando se cambia de un tipo de fórmula para frita a otro, generalmente es necesario ajustar la fórmula para la molienda, ya que los diferentes tipos de frita tienen diferentes características de cuerpo. Si el cambio es de una frita a otra del mismo tipo, puede no haber mucha diferencia. Los esmaltes para capa base varían más en sus características de cuerpo que otros esmaltes.

La adición de arcilla que se usa en la proporción de 1-8 partes por 100 de frita, es considerada como el agente de suspensión que evita que las partículas de la frita se asienten, produce la resistencia o fuerza necesaria en la capa de biscuit y contribuye a darle cuerpo al esmalte. Se pueden obtener arcillas que producen un cuerpo bajo y otras que lo producen alto. Algunas producen opacidad y otras retienen claridad en el esmalte.

Las arcillas de tipo opaco tienen una estructura de burbu

jas altas, en tanto que una arcilla clara, la tiene de burbujas bajas. En general se puede aumentar el cuerpo o consistencia de un esmalte usando una arcilla de cuerpo alto o aumentando la cantidad de arcilla usada en la fórmula de la molienda.

La bentonita es de la misma naturaleza que la arcilla - pero tiene un efecto mucho mayor sobre las características - de cuerpo y se usa en la proporción de 1/16 a 1 parte por - 100 partes de frita. Generalmente la bentonita se usa para - reforzar las propiedades de suspensión y cuerpo sin aumentar el contenido de arcilla, o para disminuirlo hasta a una parte de arcilla por 100 de frita.

Los electrolitos por lo regular se usan para producir - el ajuste final en el cuerpo. El término electrolito se emplea porque los materiales son ordinariamente sales que <sup>se</sup> ionizan y actúan sobre la arcilla y las partículas finas para - cambiar las condiciones del cuerpo. La mayoría de los electrolitos aumentan el cuerpo del esmalte. Los más comunes para adiciones a la molienda son: el borax, carbonato de magnesio, carbonato de potasio, aluminato de sodio, carbonato de bario,\*carbonato de amonio, ácido bórico, nitrato de potasio y sulfato de bario. El sulfato de magnesio y el nitrato de sodio se usan en algunas ocasiones, pero generalmente no se recomiendan como adiciones a la molienda. Por muchos años el sulfato de magnesio fué el material regularmente empleado para fijar el cuerpo del esmalte pero no es aconsejable usarlo porque tiende a producir un defecto en el esmaltado conocido como "líneas de costa". El nitrato de sodio es de uso general pero es más conveniente usarlo como adición después de -

la molienda, es util para controlar desgarres en el esmalte y también contribuye a darle cuerpo. Algunos electrolitos se usan por su capacidad de llevar a cabo otras funciones.- Entre éstos están la urea y el tiosulfato de sodio. La urea se usa para evitar desgarres y no tiene ningún efecto sobre el cuerpo del esmalte; puede usarse como adición a la molienda pero es más efectiva cuando se añade después de la molienda. El tiosulfato de sodio tiene muy poco efecto sobre la consistencia del esmalte y se emplea en esmaltes de go-teado o salpicado, para evitar el defecto llamado "lineas de agua". Hay electrolitos que se usan para reducir el cuerpo del esmalte, como el pirofosfato de tetrasodio o el ácido cítrico. Estos materiales deben usarse con precaución ya que empleados en cantidades excesivas pueden ser causa de defectos en el esmalte una vez quemado. Una cantidad regular de pirofosfato de tetrasodio es de 5 a 20 gramos por cada 100 libras de frita. Es mejor agregarlo después de la molienda.

Otros materiales hay que se añaden como adiciones a la molienda que no son electrolitos ni contribuyen a dar cuerpo al esmalte. Los que producen opacidad, el titanio y los óxidos colorantes, rara vez ocasionan algún cambio de importancia en la consistencia del esmalte. El feldespató y el sílice son componentes normales de las adiciones a la molienda cuando se trata de preparar esmalte para capa base y sirven para darle resistencia a altas temperaturas, y el zinc es una adición que se usa para capas de cubierta, que ayuda a mejorar los resultados de la operación de quema cuando se trata de esmaltes blancos. Las gomas se emplean para dar fuerza a la película que cubre la superficie del

esmalte después de pasar por el secador, antes de su quema, y muy rara vez afectan el cuerpo. Los alginados también se usan para dar fuerza a esa película y pueden no tener ningún efecto sobre el cuerpo del esmalte, o en algunos casos pueden reducir el cuerpo. Las adiciones excesivas de materiales orgánicos, como las gomas y alginados producirán una mala superficie una vez quemado el esmalte.

Adiciones a la Moliente Representativas o de Tipo  
Promedio para Diferentes Esmaltes.

Para Capa Base.

Aplicada por Drenado.

65 Libras de Frita A.

35 Libras de Frita B.

3 1/2 libras de arcilla de cuerpo bajo.

3 1/2 libras de arcilla de cuerpo alto.

1/16 libra de bentonita.

1/8 libra de carbonato de magnesia

3/4 libra de borax. (hidratado)

58 libras de agua.

Fimura 6 - 8 grms. de 50 cc/200 mallas. Cuerpo debidamente ajustado por adiciones a la molienda. Gravedad 1.61 - 1.62  
Contenido de agua 39%. Aplicación 1 1/4 oz. seco, ambos la dos/pie cuadrado.

Capa Base Aplicada por Aspersión.

65 libras frita A

35 libras frita B

5 libras arcilla cuerpo bajo

2 libras arcilla cuerpo alto.

1/16 lb. bentonita.

1/4 libra borax hidratado.

45 libras agua.

Fimura 6 - 8 grms. de 50 cc/200 M.

Puede añadirse hasta 1/8 lb. de nitrato de sodio.

Asentamiento 8.75 pulgadas.

Gravedad 1.66

Aplicación 20 gramos/pie cuadrado por lado.

Capa para Cubierta de Titanio.

Resistente al Acido.

100 libras frita de Titanio

1 a 4 -(Promedio 2 1/2) arcilla de cuerpo bajo.

1/8 a 1/2 (promedio 1/4) Bentonita

0 a 1 - promedio 1 - bióxido de titanio.  
0 a 1 - promedio 1/2 - óxidos colorantes.  
0 a 3/8- promedio 1/4 - cloruro de potasio.  
0 a 1/4 aluminato de sodio.  
0 a 1/2- promedio 1/4 carbonato de potasio.  
0 a 1/16 promedio 1/32 - goma de tragacanto.  
38 lbs. agua.

Finura 0.5-1 grms. de 50 cc/200 M.  
Añadir 3/8 lb. de urea.  
Añadir hasta 1/8 lb. carbonato de potasio para ajustar cuerpo.  
Asentamiento 8.25 pulgadas.  
Gravedad 1.72  
Aplicación 23 grms./pie cuadrado por lado.

Capa de Cubierta de Zircón Blanca.

100 lbs. frita de zircón.  
1 lbs. óxido de zinc.  
7 lbs. arcilla opaca, cuerpo bajo.  
1 1/2 lbs. opacificador.  
1/16 lb. bentonita.  
1/4 lb. carbonato de potasio.  
38 lbs. agua.

Finura 4 - 5 grms. de 50 cc./200 mallas.  
Añadir 1/4 nitrato de sodio después de la molienda.  
Ajustar cuerpo con pirofosfato de tetrasodio.  
Asentamiento 7.5 pulgadas.  
Gravedad 1.80  
Aplicación 40 grms./pie cuadrado por lado.

Capa de Cubierta Blanca de Antimonio.

100 lbs, frita de antimonio.  
7 lbs. arcilla opaca cuerpo bajo.  
3 lbs. agente de opacidad.  
1/16 lb. bentonita.  
1/4 lb. carbonato de magnesio.  
38 lbs. agua.

Finura 6 - 8 grms. de 50 cc/200 mallas.  
Añadir 1/8 nitrato de sodio.  
Ajustar con pirofosfato de tetrasodio.  
Asentamiento - 7.5 pulgadas.  
Gravedad - 1.87  
Aplicación dos capas, total 60 grms./por lado pie cuadrado.

Capa de Antimonio Resistente al Acido.

100 lbs. frita de antimonio resistente al ácido.  
4 " agente de opacidad.  
5 " arcilla de cuerpo alto.  
1/8 " aluminato de sodio.  
1/8 " cloruro de calcio.  
36 " agua.

Finura 4 - 5 grms. de 50 cc/200 M.

Cuerpo levemente ajustado en la molienda.  
Slump (presión de cuerpo o consistencia) 7.5 pulgadas.  
Gravedad -1.90  
Aplicación 25 grms. pie cuadrado.

A.R. (Resistente al Acido) para Colores Oscuros.

100 lbs. frita R. A. clara.  
5 lbs. arcilla le estructura de burbuja baja.  
1/2 lb. carbonato de potasio.  
Óxido colorante ( lo que sea necesario)  
38 lbs. agua.

Finura 4 - 5 grms. de 50 cc. por tamiz de 200 mallas.  
Cuerpo ajustado en la molienda.  
Asentamiento 7.5 pulgadas (Slump.)  
Gravedad 1.75  
Aplicación 45 grms./pie cuadrado;  
Colores Pastel.

A las adiciones para molienda de capa de cubierta -  
blanca, anteriores, se les pueden hacer las adiciones co-  
lorantes que se desee.

Los esmaltes opacos de Titanio se usan para colores que requieren fritas opacas y dan una resistencia al ácido que no se obtiene con los esmaltes de zircón o con los de antimonio. Con el titanio se pueden manejar los esmaltes con mayor facilidad y aplicarlos en capas más delgadas. Estas ventajas han puesto a los esmaltes de titanio en uso general para colores pastel. Sin embargo se presentan problemas para igualar colores y para lograr la estabilidad del color con las variaciones en temperatura de quema. Para seleccionar los óxidos, fritas y adiciones a la molienda que den resultados aceptables se requiere una experiencia considerable y bastante estudio.

El hecho de que los cristales de titanio que producen opacidad son afectados por los materiales colorantes y en algunos casos la precipitación del óxido de titanio del vidrio es afectada adversamente, explica el problema del color cuando se usan esmaltes opacos de titanio.

Los electrolitos agregados a la molienda afectan el color.

Algunos colores pastel muy claros pueden producirse fundiendo materiales colorantes en la frita de titanio. La experiencia y las pruebas de laboratorio pueden determinar qué colores son adaptables a este proceso.

Métodos para igualar colores. Para igualar colores con óxidos base hay que observar cuatro reglas sencillas:

- 1 - Igualar colores oscuros en fritas claras.
- 2 - Igualar colores opacos (o claros) en fritas opacas.
- 3 - Determinar por adelantado si el color debe prepararse en frita clara u opaca, si el porcentaje de óxido debe aumentarse o disminuirse y que otros óxidos son necesarios para producir el color deseado, usando briznas de color de óxidos base.
- 4 - Después de que se ha determinado que óxidos van a usarse, siguiendo las indicaciones de la cartilla de colores, hay que operar con esos óxidos por separado usando un color ligeramente (1%) más fuerte que el color que se va a necesitar; se opera también una molienda sin ningún óxido y se mezclan estos esmaltes, que deberán ser de igual gravedad específica, en un recipiente graduado de 100 ccs. En esta forma se puede obtener el color deseado, y las cifras de la fórmula de las proporciones que se usen de cada esmalte.

Antes de operar una molienda de grandes proporciones de un determinado color, se debe recheckar la fórmula en un molino pequeño de laboratorio para hacer un doble checkado de la mezcla y los cálculos.

Para igualar colores por medio de mezclas, todos los esmaltes que se usen deben estar molidos a la misma finura y tener la misma gravedad específica y la mezcla debe ser ro -

ciada al peso standard, y las placas de muestra deben ser rociadas y quemadas bajo condiciones similares a las que se van a emplear en la producción.

El peso de aplicación del esmalte determina en gran medida el color resultante, especialmente cuando se usan colores-pastel. Todos los colores para esmalte, especialmente el azul, tendrán cierta desviación en el color si son quemados a diferentes temperaturas y tiempos.

La exactitud en el peso de los óxidos base es sumamente importante ya que algunos colores requieren solamente de media onza a onza y media de óxido. Cuando se emplean cantidades pequeñas es mejor pesarlas en gramos. Se ha comprobado que si a un esmalte que ha sido molido hasta unos pocos gramos antes de alcanzar la finura especificada se le añade un óxido y se continúa la molienda hasta que alcance la finura correcta, el color final no será el mismo que se obtiene cuando el óxido se lleva a través de la molienda completa del esmalte.

Control de Adiciones a la Molienda. El ajuste del cuerpo del esmalte después de la molienda es una de las operaciones que deben ser más estrechamente controladas. La razón para ello es que casi cualquier material que es usado como una adición después de la molienda puede ocasionar dificultades si es usado en grandes cantidades. Por lo que siempre hay que dejar cierto límite para alguna adición que se haga después de la molienda. Las adiciones que pueden hacerse después de la molienda se limitan a materiales solubles que pueden ser puestos en solución para mezclarlos perfectamente con el esmalte. Los electrolitos que se usan con más frecuencia como adiciones después de la molienda para aumentar el cuerpo del esmalte son: carbonato de potasio, nitrato de sodio, cloruro de



potasio, cloruro de calcio y sulfato de magnesia. El carbonato de potasio y el nitrato de sodio son fáciles de añadir porque se mezclan con el esmalte sin dificultad, agitando los. El cloruro de potasio puede ser un poco difícil de mezclar debido a su acción rápida para producir cuerpo y espesar el esmalte. El sulfato de magnesia y el cloruro de calcio tenderán a espesar el esmalte y es necesario asegurarse de que queden muy bien mezclados con él. Deben usarse soluciones claras de todos los electrolitos para adiciones al esmalte, y si tuvieran algún material extraño, la solución debe ser pasada por un tamiz antes de añadirla al esmalte.

Como ya se dijo el pirofosfato tetrasódico se usa comúnmente para reducir el cuerpo y puede usarse dentro de los límites mencionados para capas de cubierta, pero no como una práctica regular para capas base. El ácido cítrico debe usarse solo en casos de emergencia o en esmaltes que ya han demostrado soportar su acción. Por la adición de urea después de la molienda se obtiene resistencia a desgarres y por lo regular no produce ningún resultado notable sobre el cuerpo y puede añadirse en cantidades tan altas como 10 onzas por 100 libras de frita\*. El nitrato de sodio también tiene un efecto benéfico por lo que se refiere a desgarres pero su uso es limitado, como ya se dijo, debido a su acción sobre las características de cuerpo y a las limitaciones en cuanto a la cantidad que puede usarse sin causar una mala superficie del esmaltado. El nitrato de sodio debe evitarse hasta donde sea posible en capas base; en capas de cubierta regulares, como las de zircón y antimonio, puede usarse en cantidades hasta de 6 a 8 onzas por 100 libras de

frita; en algunas capas de cubierta de titanio se pueden usar hasta 12 o 14 onzas por 100 libras de frita sin daño para la superficie del esmalte, pero el color si puede ser afectado.

Esta información sobre el cuerpo y molienda de los esmaltes es necesariamente dada en términos generales y las condiciones locales pueden alterar algunos de los límites que han sido sugeridos. Sin embargo la mayoría de las prácticas generales aquí mencionadas se encuentran en uso, por lo menos en parte, en la mayoría de las plantas y servirán como base para darse cuenta de la necesidad de controlar la consistencia del esmalte molido y de los medios más usados para hacerlo.

\*Las adiciones excesivas de urea pueden producir una mala superficie en el esmalte una vez quemado. Pág.14.

\* (pag.7) cloruro de potasio, cloruro de calcio, cloruro de bario, cloruro de amonio.

## C A P I T U L O I V .

### APLICACION DEL ESMALTE PORCELANIZADO.

- 1a. Parte. APLICACION DEL ESMALTE PORCELANIZADO  
POR DRENADO.
- 2a. Parte. APLICACION DEL ESMALTE PORCELANIZADO  
POR EL METODO DE ASPERSION.
- 3a. Parte. NUEVOS PROCESOS.

## APLICACION DEL ESMALTE PORCELANIZADO POR DRENADO.

Ante todo es indispensable que la superficie que se va a esmaltar esté completamente limpia y tenga una rugosidad que contribuya a dar el máximo de adherencia a la capa que se va a aplicar. El terminado de la lámina de hierro, así como el grado de ataque del ácido sobre ella, afectará las características de la aplicación del esmalte por inmersión. También la película que deja el baño del neutralizador afecta las cualidades del drenado de las piezas, y su redisolución en la fase acuosa del esmalte molido afectará las características de cuerpo y suspensión del esmalte. Por lo tanto si se desean obtener -- las mejores condiciones de operación en los tanques para inmersión, hay que tomar muy en consideración la composición del -- neutralizador.

Los métodos usados para la aplicación del esmalte en suspensión por drenado, son principalmente el drenado forzado y el drenado natural. Generalmente se emplea el método de drenado cuando se van a bañar los dos lados de la pieza; su forma y requerimientos de uniformidad de espesor tendrán que tomarse en cuenta para decidir si la aplicación se hace por drenado o por aspersión. El drenado por flujo se usa sólo para aplicaciones en un solo lado de la pieza.

En el drenado forzado se utiliza una suspensión de esmalte con mucho cuerpo, y después de la inmersión se sacude el exceso de esmalte de la pieza. En el método por drenado natural se utiliza un esmalte más delgado, cuyo exceso deberá drenar -- naturalmente de la pieza. Por el método de drenado natural, --

Las piezas son sumergidas en el esmalte líquido, sacadas y colocadas en soportes para hacer que el exceso de esmalte sea drenado de la pieza. Para piezas de forma complicada - hay que hacer algunos cambios de posición a determinados intervalos de tiempo durante el drenado. También se emplean sifones para remover el esmalte de nichos y rincones y se recoge el exceso de esmalte de las orillas. Si se han formado rayas o líneas, es posible alisar la superficie donde sea necesario, haciendo fluir esmalte adicional sobre esas áreas. El cuerpo del esmalte debe estar ajustado al espesor de aplicación que se desee, y cada tipo de pieza que se vaya a esmaltar debe estudiarse para determinar la forma apropiada de sumergirla y drenarla. Los esmaltes -- que se aplican por este método pueden necesitar tener una consistencia o cuerpo diferente del que necesitan los esmaltes aplicados por aspersion o rociado. Hay ciertas --- precauciones que deben observarse: 1a. que al sumergir la pieza en el esmalte todas sus superficies queden en contacto con él; 2a - que las piezas se saquen de manera que no sea eliminado el esmalte por la formación de vacío en las piezas cóncavas, y, tercero - que las piezas sean colocadas en el soporte para drenado de manera que todas sus superficies tengan un ángulo de escurrimiento tal, que permita al esmalte fluir de ellas. Así pues cada tipo de pieza debe ser estudiado cuidadosamente antes de decidir que método - de aplicación se va a emplear para ella.

Para aplicar este método a piezas grandes como gabinetes interiores de refrigeradores, tanques de lavadoras, etc., no es absolutamente necesario que la pieza quede to-

talmente sumergida, puede ésta hacerse dar vueltas dentro del tanque. Cuando el esmalte termina de drenarse hay que tener especial cuidado para eliminar su exceso de los filos antes de pasar la pieza a la cadena del secador o a los soportes intermedios, para evitar que las piezas se goteen unas con otras, o que al quemarlas queden pequeñas bolas de esmalte fundido sobre sus orillas . .

Las formas que no se adaptan al método de drenado natural se pueden bañar por drenado forzado con tenazas. En este caso el operador agarra la pieza con las tenazas de manera de no dañarla y la sumerge en el tanque del esmalte, la saca y remueve el exceso de esmalte por medio de una serie de movimientos, agitando y dando vueltas a la pieza, haciendo fluir el esmalte hasta dejar una superficie tersa y una capa uniforme,

Cuando el drenado forzado se lleva a cabo por medios automáticos, se efectúa la inmersión por un transportador con brazos automáticos que trabajan con motores individuales. El brazo del transportador sumerge la pieza en el tanque de esmalte, la saca y la mueve a los ángulos necesarios para producir una capa uniforme y la lleva en posición normal de transporte mientras se drena el exceso de esmalte.

Es obvio que el cuerpo del esmalte para inmersión con tenazas o con el brazo del transportador debe ser de tal consistencia que al fluir produzca una capa tersa sobre la pieza, teniendo al mismo tiempo cuerpo suficiente para mantenerse en su lugar cuando la operación del drenado forzado esta terminada.

El proceso de aplicación por drenado tambien es lleva-

do a cabo algunas veces, por baño de flujo, haciendo fluir el esmalte sobre la superficie, eliminando la necesidad de un tanque para introducir la pieza. El baño por flujo automático se lleva a cabo colgando las piezas de un transportador, a un ángulo conveniente para su drenado, y haciéndolo pasar a través de una cámara en donde las piezas son inundadas por corrientes de esmalte. Al salir las piezas de la cámara, el drenado prosigue como en el proceso por inmersión.

Ya que el método de drenado se emplea con más frecuencia para capas base, se considerarán éstas en primer término. El contenido de agua, o gravedad, de los esmaltes para capas base u otros esmaltes que vayan a aplicarse por drenado, es de mucha importancia, ya que una gravedad alta o bajo contenido de agua, será causa de que el esmalte se coagule en las orillas y esquinas de una pieza y puede también resbalarse (el esmalte) de la pieza en lugar de drenarse naturalmente dejando un acabado terso. Un esmalte de baja gravedad y alto contenido de agua, tenderá a drenarse hasta quedar delgado en las orillas y esquinas de la pieza y puede volver a drenar por segunda vez después de que el drenado está aparentemente terminado; esto se llama doble drenado. Es pues necesario controlar muy bien el contenido de agua o gravedad del esmalte que se va a aplicar por drenado y es también indispensable controlar el cuerpo o consistencia del esmalte a fin de producir el depósito requerido sobre las piezas, como antes se dijo. Las capas ligeras de esmalte son drenadas más fácilmente que las capas pesadas y se encontrará que si se trata de

producir un esmalte con mucho cuerpo para obtener un mejor ~~recubrimiento~~ ó depósito, dará por resultado un drenado de mala calidad. También se puede observar que si se trata de obtener un esmalte que produzca una capa muy delgada también dará por resultado un drenado de mala calidad. Las capas base son drenadas normalmente a una gravedad de 1.66 - 1.63 y un contenido de agua de 38-40 % aproximadamente. Debe notarse que este contenido de agua está basado en 100 partes de esmalte molido.

Siendo necesario un control exacto del esmalte, ante todo debe mantenerse el peso de aplicación dentro de un máximo de 2 gramos por pie cuadrado de variación contra el peso standard de aplicación; como ya se dijo el peso específico debe mantenerse dentro de límites muy estrechos. El peso específico sufre pocos cambios en un turno de 8 horas pero los pesos de aplicación sí cambian, por lo que es conveniente checarlos cada hora durante la operación. Para determinar el peso específico del esmalte hay un método simple que consiste en pesar una probeta graduada de 100 mililitros, llenarla después con esmalte hasta la marca de 100-mililitros y volver a pesarla; la diferencia entre el peso de la probeta vacía y la probeta llena es el peso específico. Para checar el peso de aplicación se toma una lámina cuadrada de hierro de 12" X 12", se pesa en una báscula exacta y después se sumerge en el esmalte y se deja drenar en seguida, se seca y se pesa nuevamente; el aumento en peso indica la cantidad de esmalte depositado en la lámina. Los resultados dan el peso de aplicación a un pie cuadrado por ambas caras. Las piezas de prueba deben tener el mis



no tipo de superficie que las piezas normales de la producción. La pieza para la última prueba no debe mojarse antes de la prueba, ni debe de usarse la misma pieza para pruebas repetidas, ya que en el primer caso la superficie mojada hará que el drenado deje una superficie más ligera que si estuviera seca, y en el segundo, el picleado repetido vuelve la superficie rugosa y así tomará más esmalte que las piezas normales. También es necesario que la pieza de prueba se retire -- del tanque de inmersión en la misma forma y a la misma velocidad que las piezas normales. El peso de la prueba en húmedo no indicará con exactitud que cantidad de esmalte está sobre la superficie del metal.

Hasta hace algunos años en muy pocas piezas se podía emplear el drenado en capas de cubierta, sin embargo con el advenimiento de los esmaltes de titanio y su aplicación en capa delgada, resulta ahora ventajoso usar operaciones de drenado para capas de cubierta. Generalmente los esmaltes de titanio son drenados a una gravedad de 1.66 - 1.70 y peso de aplicación valorado en seco 36-38 gramos por pie cuadrado, ambas capas. Con los esmaltes de titanio las adiciones a la molienda para aplicaciones por drenado, no son muy diferentes de las que se usan para la aspersión.

Los esmaltes que se usan para inmersión con tenazas varían considerablemente en su gravedad y se encontrará que -- prácticamente no hay condiciones standard para ellos. Cada -- planta, por lo general, elabora un método de inmersión y una determinada consistencia para el esmalte que les da buenos resultados bajo ciertas condiciones. Como resultado de esto hay una gran variedad en la gravedad y cuerpo de los esmaltes que se aplican por inmersión con pinzas.

El drenado natural se ajusta a casi cualquier tipo de piezas, si el diseño es el adecuado. En algunas plantas se acostumbra tallar las piezas con esmalte dentro del tanque para una mejor aplicación; esto puede ser útil si las piezas no han sido convenientemente limpiadas en el decapado. Hay plantas que usan cepillos o esponjas y en otras usan la mano directamente, pero hay que tener mucho cuidado con las partículas que puedan desprenderse, ya que las cerdas y esponjas son materiales orgánicos y cualquier partícula que quede sobre la superficie de las piezas, se quemará en el horno dejando un punto de alfiler u otro defecto mayor.

Entre las ventajas del procedimiento de inmersión, en primer lugar se puede mencionar el mínimo equipo necesario, ya que sólo consiste en un tanque con esmalte y un soporte para colocar las piezas para su escurrimiento. La limpieza de este tanque se hace con agua de la llave con manguera o esponjas; además la pérdida de esmalte es mínima ya que el exceso de las piezas cae nuevamente al contenido del tanque y, además, el volumen de producción atendido por uno o más operarios, es superior al que se obtiene con otros métodos de aplicación. Los pesos específicos y de aplicación se pueden revisar en forma periódica y el supervisor ~~encargado~~ de controlar el peso de aplicación y mantenerlo a un mínimo, según la calidad que se desee.

El grado de control que puede obtenerse en los esmaltes de escurrimiento forzado no es tan exacto como el que se obtiene para los de drenado normal. En el primer caso el peso de aplicación depende en gran parte del operario. Para controlar mejor los esmaltes para inmersión con escurrido forzado debe entregarse a los aplicadores los esmaltes con el peso específico ---

perfectamente determinado y habiendo revisado la consistencia del mismo con el "slugs" de T. J. Irwin, o por la determinación del tiempo de flujo de 200 centímetros cúbicos a través de un orificio de diámetro definido cuyo tiempo se pueda determinar empíricamente.

La aplicación de los esmaltes por drenado forzado cuando es hecha a mano, se puede hacer con pinzas de tijera o de resorte o con la mano libre y se emplea en la producción de utensilios de cocina y piezas intrincadas que pueden ser completamente bañadas por este método, sin que aparezcan líneas de drenado. Usando pinzas el esmalte tenderá a ser más grueso en la cara de la pieza paralela a la línea de drenado y -- más delgado en las perpendiculares a esta misma línea; estas variaciones se pueden evitar por manipulaciones del operario pero se requiere tenga una destreza superior al promedio. La pinza debe aprisionar con fuerza la pieza para evitar su deformación, pero a la vez debe de agarrarse la pieza de manera especial, para que las pinzas o tenazas no produzcan raspaduras en el esmalte. La aplicación del esmalte por este método se limita a piezas de poco peso.

La aplicación del esmalte por inmersión también tiene ventajas; entre ellas esta el entrenamiento indispensable del operario u operarios adiestrados para este tipo de trabajo, ya que se requiere una habilidad extraordinaria que sólo se adquiere después de larga práctica, en tanto que el escurrido -- normal o natural requiere menos entrenamiento de parte de los operarios. Otra limitación del drenado forzado, hecho manualmente, es el tamaño de la pieza, que teniendo que ser manipulada por el operario no puede ser de mayor peso o tamaño que el que pueda maniobrar un hombre. Además este tipo de drena-

Se requiere pinzas especiales para cada pieza diferente para - que no dejen marcas en el esmalte. Manipulada así se todavía - húmedo.

Cuando el drenado forzado se lleva a cabo en forma automática se emplean máquinas que sumergen las piezas en el esmalte y las ~~mueven~~ mueven a los ángulos convenientes para producir una aplicación uniforme, ~~eliminando~~ eliminando algunas de las desventajas del drenado forzado llevado a cabo por el operario.

En cuanto al drenado natural su mayor desventaja es la presentación de líneas de drenado causadas por obstrucciones o perforaciones que impiden que fluya el esmalte por la superficie; como antes se dijo el cambio de posición de las piezas antes de que termine el drenado puede ayudar, o una adición suplementaria de esmalte hecha con algún pequeño recipiente también puede corregir ese defecto. Otra desventaja de la aplicación del esmalte por drenado (natural) es que el esmalte contenido en los tanques puede contaminarse en forma progresiva con algún material extraño, lo que ocasionaría defectos en el acabado.

En seguida se considerará el equipo que puede ser utilizado en la aplicación del esmalte porcelánico por drenado. Para una planta de esmalteado por maquila que acepta casi todo tipo de piezas, el tanque adecuado será uno de suficiente longitud y poca profundidad, que permitirá se trabajen una gran variedad de formas, pequeñas o relativamente grandes, con una cantidad mínima de esmalte en el tanque, sobre el que se montan los ~~soportes~~ soportes para el drenado de las piezas, que deberán ser los adecuados para los diferentes tipos de piezas, para que al ser colgadas tengan el ángulo correcto para su drenado.

Es necesario que el operario que se encargue de este baño tenga un ayudante que tenga a su cargo el inspeccionar cada pieza metálica que va a ser esmaltada, antes de sumergirla en el tanque de esmalte; este ayudante generalmente se encarga también de recoger las piezas, después de que ya han sido sumergidas, sacadas y colgadas en los soportes por el operario encargado del baño, y después de que ha terminado su drenado, para enviarlas a los soportes del secador. Trabajando en este plan es necesario que el tanque sea bastante largo para que las piezas alcancen a drenarse antes de ser removidas. Si el volumen de trabajo es grande y variado será útil un transportador que pase a través del secador y tenga herrajes móviles. Las plantas que trabajan con piezas y formas standard generalmente utilizan un transportador con herrajes ajustables, con la cadena aérea sobre el tanque de inmersión, y pasando por el secador. Con este equipo a veces se usan tanques adicionales o artesas inclinadas a lo largo del transportador, de manera que el esmalte que escurra fuera del tanque de inmersión sea enviado nuevamente al mismo. Con cualquier transportador se pueden incorporar en el sistema casetas de reforzado por aspersion, para corregir defectos en el esmaltado, o bien casetas de fileteado o salpicado, de manera que las piezas queden terminadas directamente sobre el mismo transportador, para después ser transferidas a la cadena del horno.

En plantas que tienen hornos de larga cadena se utilizan transportadores que no pasan por secadores, efectuándose el secado de las piezas mientras están colgadas en la zona de pre-calentamiento, utilizando el calor de desperdicio del horno. Otras esmaltadoras tienen sistemas de secado parcial por

unidades radiantes, rayos infrarrojos o calentadores de gas - que son usados para ayudar al secamiento rápido del esmalte para que se pueda cambiar la pieza de posición sin que éste empiece nuevamente a escurrir.

En plantas que trabajan piezas grandes, difíciles de manejar se utilizan garruchas operadas por electricidad o por aire, o son manejadas por transportadores.

Hay varios accesorios para equipos especializados, diseñados para lograr un drenado más rápido y en forma automática. Los controles del equipo son de gran importancia. Es recomendable usar unidades de velocidad variable en los motores de los transportadores, particularmente los que pasan -- a través de los secadores. La velocidad del secado debe ser balanceada contra la velocidad del transportador; en algunos casos la única solución a una producción de alta velocidad, es el uso de secadores con control de humedad.

#### Sistema de Recirculación en Tanques para Inmersión.

Las partículas metálicas que se desprenden provenientes de perforaciones o ranuras, como pequeñas rebabas o limaduras de las piezas, contaminan el esmalte a medida que se utiliza, llegando algunas de estas partículas a mezclarse con la suspensión, produciendo después defectos en el esmaltado ya que mado. Así mismo, en las paredes superiores del tanque se seca parcialmente la suspensión de esmalte que después cae nuevamente al tanque produciendo el defecto de "bolas" que después aparecen en la superficie porcelanizada. También las -- partículas de granos mayores al promedio, se asientan gradualmente en el fondo del tanque y entonces se está haciendo uso solamente de las partículas más finas al sumergir las -- piezas. Todas estas dificultades se pueden reducir a un míni

no usando sistemas de recirculación en los tanques de inmersión. Este sistema consiste principalmente en una salida en el fondo de los tanques conectada con tubos a una bomba que hace pasar la suspensión del esmalte a través de un separador magnético y de ahí a través de un tamiz y después es recibida de nuevo en uno de los extremos del tanque. Este sistema que hace circular en forma continua el esmalte, elimina las partículas metálicas y los residuos en el fondo del tanque. Para ayudar a la bomba se emplea una tabla con perforaciones para agitar la suspensión por lo menos cada hora, con el objeto de hacer circular todo el esmalte a través del sistema recirculante. Cuando se llevan a cabo operaciones en grande escala, el esmalte de los tanques para inmersión debe ser chequeado cada hora para controlar el peso de aplicación por pie cuadrado así como el cuerpo del esmalte, porque puede haber cambios en la consistencia de la capa depositada, dependiendo de las condiciones de humedad, cantidad de piezas procesadas, etc. Estas pruebas deben ser controladas por personal capacitado y llevadas a cabo con regularidad. En ningún caso debe permitirse que se esmalten piezas con defectos o mal picleadas.

#### Control de Temperatura para Tanques de Inmersión.

Hay muchas plantas localizadas en zonas donde hay demasiado frío en invierno y mucho calor en verano. Es reconocido el hecho de que aunque todos los demás factores se mantengan constantes, un cambio de temperatura afectará la consistencia del esmalte en suspensión; las temperaturas bajas reducirán el cuerpo, y, en forma inversa, las altas lo aumentarán. Además si las piezas están calientes recogerán mayor cantidad de esmalte en la operación de inmersión. En algunas plantas se tienen diferentes aplicaciones a la película para invierno y para -

verato. Cuando los cambios en la temperatura producen amplias variaciones en la consistencia del esmalte, es conveniente usar tanques con chaqueta de agua fría o caliente para mantener constante la temperatura. En algunas plantas se usan reguladores automáticos de temperatura que mantienen la temperatura adecuada en los tanques para inmersión. Cuando hay demasiada humedad en la atmósfera algunas piezas pueden volver a drenar después de que su drenado normal estaba aparentemente terminado; con el fin de evitar este doble drenado algunas plantas con piezas complicadas colocan pequeños calentadores para inducir un endurecimiento rápido del esmalte. La cantidad de calor suministrada por estos calentadores se determina por la humedad relativa de la atmósfera; la humedad se chequea en la mañana y se ajustan los quemadores de acuerdo con la lectura.

En algunas plantas obtienen buenos resultados controlando los tiempos de drenado como una prueba normal de la producción. El procedimiento usado es el siguiente: se toma una placa de prueba de 17" X 17" con una perforación en forma de diamante en una esquina, de tal manera que se puede sostener con una varilla introducida en esta perforación y se puede hacer girar. Se sumerge en el esmalte la placa y al sacarla se suspende verticalmente. Con un reloj marcador se toma el tiempo desde el momento en que empieza a escurrir el esmalte en el vértice hasta que en lugar de chorro empieza a gotear; se estandariza el tiempo en segundos para cada tipo de pieza.

El esmalte aplicado por inmersión debe secarse tan pronto como sea posible después de aplicado para evitar el enmohecimiento del metal.



El método de aplicación por inmersión, con drenado forzado o natural, así como el equipo que deba usarse, el grado de mecanización y el control sobre las operaciones, dependen de varios factores. Estos factores incluyen el tamaño y forma de las piezas que se van a esmaltar, el volumen de la producción y el tipo y calidad de esmaltado requerido.

APLICACION DEL ESMALTE  
PORCELANIZADO POR EL METODO DE ASPERSION.

Con el aumento de producción y nuevos usos para el esmaltado porcelanizado, el método que se emplee para su aplicación a una determinada forma o pieza es de primera importancia. Este método y el control de la aplicación son de los pasos de mayor importancia en todo el proceso del esmaltado. Si se falla en reconocer este hecho el resultado será una mala calidad para el producto y una baja producción.

Se están estudiando e investigando nuevos métodos y haciéndose cambios en la aplicación del esmalte, en un esfuerzo para producir artículos de la más alta calidad y duración con un mínimo de trabajo y equipo.

Hay que conocer la función de cada pieza que se va a porcelanizar y estudiar su forma, para emplear el método apropiado en cada caso para aplicar el esmalte porcelanizado. Algunas de las consideraciones que deben ser estudiadas son las siguientes:

- 1 - Necesita la pieza un baño de capa base y después un segundo baño de capa de cubierta, debe esto de hacerse en los dos lados de la pieza, o solamente en uno? En caso de que se trate de capas de cubierta directa al metal, es importante determinar si es necesario cubrir completamente todas las superficies de la pieza o solamente una.

2 - Hay que estudiar el contorno de la figura para determinar el método de aplicación que debe emplearse.

3 - Se desea un terminado decorativo o un acabado de alta calidad, o es estrictamente un artículo funcional donde lo importante es un recubrimiento completo y su apariencia es de importancia secundaria ?.

4 - Deben ser determinados los requerimientos que exige el volúmen de la producción.

5 - El tamaño o volumen de la figura que va a ser cubierta debe ser estudiado cuidadosamente. Por ejemplo, las piezas pesadas y grandes como las tinas de baño, generalmente son esmaltadas por el método de aspersion.

Conociendo el equipo y facilidades que ofrece la planta se puede adoptar el método más eficiente de aplicación. Es conveniente tener en cuenta que si la cantidad de la producción permite usar medios automáticos, - cada pieza será manejada en la misma forma, y el elemento humano que puede ser causa de resultados variables, - será eliminado. Generalmente cualquier pieza que puede ser bañada a mano puede recibir una aplicación más uniforme por métodos mecánicos o automáticos. Sin embargo hay que tener en cuenta la suma de la producción, como antes se dijo, para que sea posible la amortización de la inversión de capital requerida. Las ventajas y desventajas de cada proceso, para cada pieza, deben ser debidamente evaluadas en cada planta antes de seleccionar - el método de aplicación.

En seguida se tratará únicamente de los sistemas de rociado atomizado por aire.

Aplicación del Esmalte porcelanizado por aspersión. El método de aspersión o rociado atomizado por aire ha sido empleado en la industria del esmalte porcelanizado desde hace algún tiempo. Hay tres métodos básicos: - rociado a mano - rociado automático y - rociado eléctrico.

Hoy día, después de pasar por varias etapas de evolución en diseño y materiales la pistola para rociado es un instrumento de precisión. El desarrollo de la pistola para aspersión para esmalte porcelanizado fué más lento que el de la pistola para pintura. Esto se debió a la acción abrasiva del esmalte y a la tarea más difícil de atomizar un recubrimiento a base de agua. El agua con su alta tensión superficial es más difícil de atomizar que los vehículos orgánicos. En todos los métodos de aplicación hay ventajas y desventajas inherentes. En seguida se mencionan algunas de ellas para el método de aspersión: Ventajas de la aplicación por rociado. 1 - Las piezas, al ser bañadas, reciben únicamente material limpio. En otros métodos de aplicación, como en el de drenado natural o forzado, muchas piezas son sumergidas en el mismo tanque con esmalte, antes de que el esmalte sea nuevamente pasado por malla y magneto. Cada pieza que es procesada deposita contaminantes tales como polvo de taller, rebabas de metal, etc., dentro del esmalte; éstos pueden ser causa de rechazo para algunas de las piezas que son después sumergidas en el tanque. 2 - En las piezas en que ambas capas, de base y de cubierta, son aplicadas por aspersión, generalmente no hay líneas

de drenado y se obtiene un acabado uniforme. Si la capa de cubierta es aplicada por aspersión y la capa base - por arenado, no siempre se cubrirán completamente las líneas de drenado que pueden tener la capa base. 3 - Las formas de gran tamaño que no pueden ser manejadas fácilmente, pueden ser bañadas por aspersión. 4 - Las piezas que sufren algún daño durante su proceso pueden ser fácilmente reparadas o remendadas por aspersión. 5 - Normalmente cualquier artículo que recibe una aplicación de esmalte por otro método debe ser reformado su recubrimiento por aspersión con esmalte del mismo tipo antes usado, en áreas donde la capa quedó delgada y pudiera resultar requemada. 6 - Si es necesario bañar solamente un lado de la pieza, la aplicación por rociado es muy ventajosa por el ahorro de material. - 7 - La aplicación del esmalte con pistola para aspersión puede producir diferentes tipos de acabado, como punteado, colores múltiples y de un solo color. 8 - Con pistolas automáticas puede bañarse una gran cantidad de piezas y como las pistolas duplican el patrón de rociado en cada ciclo se reduce el elemento humano. 9 - Generalmente se pueden hacer ajustes a la pistola para compensar las variaciones en la reología del esmalte.

En términos generales las aplicaciones con pistolas rociadoras tienden a disminuir las irregularidades de poca importancia del esmalte. El espesor de la capa permanece uniforme aún en áreas adyacentes a perforaciones y cortes, reduciendo así la necesidad de cepillado. Así mismo el espesor de aplicación puede ser selectivo en -

una misma pieza con el objeto de compensar las irregularidades de diseño o quemado. Las piezas que se bañan por este método no son muy sensibles al ángulo en que se colocan para ser rociadas y así no requieren herramientas tan elaboradas o el cambio de equipo de un tipo de piezas a otro. El cepillado puede ser llevado a cabo en muchas ocasiones sin manejo adicional cuando se hace colocando las piezas en un transportador.

Desventajas de la Aplicación por Aspersión. 1 - El rociar una forma de manera apropiada requiere un alto grado de habilidad por parte del rociador. Es por eso indispensable que todos los rociadores estén muy bien entrenados antes de permitirles llevar a cabo aplicaciones de esmalte porcelanizado por este método. De otra manera se pueden desarrollar en ellos malos hábitos que después serán difíciles de corregir. 2 - El equipo, que incluye cassetas para rociado, pistolas, tanques de presión, filtros de aire, reguladores de aire, compresora, etc., es muy costoso. Todo este equipo necesita servicio y mantenimiento que, de no hacerse, redundará en perjuicio de la calidad y de la producción. 3 - Hay una pérdida considerable de material debida al sobre-rociado que en algunos casos puede llegar a ser hasta un 75% del esmalte -- que pasa a través de la pistola. Esto depende en gran parte del tipo de piezas que son rociadas; si se tienen las necesarias precauciones para que este material se conserve limpio, puede ser recogido y vuelto a usar. 4- Si el rociado es hecho a mano, el espesor de la capa puede variar considerablemente, dependiendo de la habilidad

del rociador y del contorno de la pieza. 5 -Puede haber variaciones indeseables en la textura del acabado si la pieza es rociada por dos o más rociadores en una línea de -- transportador. Por ejemplo, la aplicación hecha por un rociador puede quedar muy húmeda y la de otro muy seca. 6 -- Es necesario emplear un buen sistema de ventilación en el área de rociado. Esta área debe estar completamente cerrada y mantenida bajo presión positiva.

Es muy conveniente que los fabricantes de equipo sean consultados antes de seleccionarlo o de planificar la instalación de una planta. Ellos están capacitados para dar información detallada con respecto a las necesidades particulares de cada cliente.

Equipo. Pistola para Rociado a Mano. La pistola para rociado a mano es un instrumento de precisión diseñado para ajustarse convenientemente a la mano. Generalmente esta hecha de aluminio forjado o fundido para que tenga poco peso y reducir así la fatiga del operario. Se utilizan otros materiales en las partes vitales de operación de la pistola, tales como hierro dulce, latón y acero inoxidable. La pistola está diseñada de tal manera que cuando se oprime el gatillo pasa el aire comprimido, desde la conexión de aire de la manguera colocada en la base del mango de la pistola, a través de la válvula de aire y a través de la parte superior del cuerpo de la pistola a las cámaras de aire colocadas detrás y dentro de la boquilla de aire que está situada en el extremo anterior de la pistola. (La boquilla de aire es también conocida como la "gorra de aire").

Al tirar del gatillo debe abrirse primero la válvula

de aire; otro tiro del gatillo abre la válvula de aguja de fluido que permite que el fluido pase a través de la boquilla para fluido; este fluido es entonces atomizado por el aire que sale por la boquilla para aire.

La anchura y alargamiento del patrón de rociado puede ser variado de forma redonda a forma de abanico ajustando la cantidad de aire emitida desde los orificios de los puertos laterales al interior de las "orejas" de la boquilla de aire.

En la evolución de un patrón normal de rociado de redondo a alargado ( forma de abanico), la cantidad de material rociado será la misma con el mismo fluido y la misma presión de aire; sin embargo como el control para alargar la forma se abre para permitir que el fluido se extienda, la densidad de la capa (material depositado -- por pulgada cuadrada) disminuye, pero sigue siendo distribuida uniformemente.

Se pueden ocasionar distorsiones en el patrón de rociado por falta de balance entre las presiones de fluido y aire, así como por encontrarse las boquillas dañadas por el uso o sucias. Para obtener eficiencia máxima en la atomización, el flujo del fluido debe ser controlado ajustando la presión del fluido o ajustando el tamaño del orificio de la boquilla para fluido. No debe tratarse de controlarlo ajustando la válvula de aguja para fluido, que se usa para medir el flujo.

Las boquillas para fluido son fabricadas con orificios de diferentes tamaños. La boquilla para fluido esta ajustada con una boquilla para aire con capacidad atomi-



zadora y características apropiadas para el tipo, cantidad de fluido que se esté usando, y la forma y tamaño de la pieza que esté siendo rociada.

El tamaño del orificio de las boquillas para fluido se selecciona para proveer un flujo suficiente de fluido a una presión tan baja como se requiera para hacer frente a las proporciones de la producción.

La presión apropiada de aire es la presión más baja posible que de el grado de atomización que se necesite. - Esto dará por resultado un uso más eficiente del material.

Las boquillas para fluido y aire son el corazón de cualquier pistola para rociado. El tipo y patrón de rociado que producen depende directamente del diseño de estas boquillas y del tipo de fluido que está siendo rociado. Una boquilla bien diseñada para el rociado de esmalte porcelanizado atomizará uniformemente la cantidad de fluido requerida para las necesidades de la producción -- ( hasta donde llegue la capacidad de la pistola) y producirá un patrón de rociado uniforme en su espesor, un contorno claramente delineado y un mínimo de polvo. El tamaño del patrón depende de la cantidad de aire disponible, que a su vez es determinado por la capacidad de la boquilla para aire. La cantidad de aire usado por la boquilla definitivamente determina la cantidad de fluido que puede ser atomizado, determinando así también el tamaño del patrón. Otro factor que determinará el tamaño del patrón es la distancia a que la pistola esté de la pieza que se esté trabajando. Las boquillas de aire están diseñadas para una capacidad específica a varias presiones y el u-

sar la pistola más allá de su capacidad dará por resultado una mala calidad de rociado y un sobre rociado excesivo.

Las pistolas para la aspersion de esmalte porcelanizado están fabricadas con tolerancias medidas en milésimas de pulgada y para obtener un rociado de resultados satisfactorios deben de conservarse en perfectas condiciones dándoles el uso y cuidado esmerado que requiere cualquier instrumento de precisión. Se requiere una mayor precisión para la fabricación de equipo diseñado para el rociado de esmalte porcelanizado que para el rociado de otros materiales. La mayoría de los materiales sintéticos contienen vehículos que ayudan a mantener el control de un patrón de rociado al ser atomizados, en tanto que el agua, normalmente usada en los esmaltes porcelanizados, tiende a reducir el control de los patrones de rociado. Una pistola para aspersion puede mantener una ejecución óptima mientras sus partes vitales permanezcan dentro de las tolerancias correctas, pero el uso prolongado o el abuso de ella puede inutilizarla.

Pistola Automática. - En general la pistola automática esta diseñada y construida con las mismas tolerancias y precisión de la pistola para rociado a mano. La diferencia básica esta en que la pistola automática esta equipada con un cilindro de aire que permite la operación de la pistola a distancia, en ciclos fijos de tiempo, por medio de una válvula de aire.

La aguja para fluido de esta pistola se extiende hasta dentro del cilindro de aire y esta equipada con un

émbolo de suero. La aguja se carga dentro del cilindro por resorte de manera que la válvula de aguja del cabezal de rociado esta normalmente cerrada por tensión. La pistola se pone en operación introduciendo aire dentro del cilindro contra el cargador de resorte. Este diseño permite mayor flexibilidad porque se puede mantener una presión mínima.

Todos los ajustes que se pueden hacer a una pistola de manejo manual, pueden hacerse a una automática. La pistola automática puede incorporarse a máquinas automáticas para rociado, montándose en forma estacionaria o sobre brazos movibles. Para ponerla en operación se emplean diferentes métodos para abrir y cerrar una válvula de aire. Algunos de estos son: 1 - Válvulas solenoide electricamente operadas que son puestas en acción por otros aditamentos sensibles, como ojos eléctricos y switches de límite. 2 - Cadenas continuas equipadas con "perros" o perillas que abren y cierran las válvulas. 3 - Piezas giratorias de velocidad constante.

Máquinas para Rociado Automático. - Hay dos tipos básicos de máquinas; (1) la reciprocante y (2) la de carretel. Cada una de ellas tiene un uso especial, la máquina-reciprocante para rociar piezas planas, ya sea colocadas sobre un transportador horizontal o colgadas de un transportador elevado, y la máquina de eje o carretel para el rociado de piezas que pueden hacerse girar para una exposición uniforme de su superficie mientras son rociadas. - Hay muchas variaciones de estos dos tipos básicos que se usan para adaptar la máquina al objeto que se va a rociar.

Hay tipos especiales para el rociado de tinajas para máquinas lavadoras, tanques para agua y muchos otros artículos.

Máquinas reciprocantes horizontales. Esta máquina está diseñada para rociar piezas planas mientras viajan en posición horizontal. Consiste de un brazo reciprocante -- que lleva de una a seis pistolas, dependiendo del tamaño -- de las piezas que se trabajen, de la velocidad del transportador, e tc. Las pistolas están montadas de manera que viajan por medio de una cadena motorizada pasando por el frente de las piezas a una velocidad y distancia constantes. Están diseñadas para permitir que se ajuste el patrón del rociado y el tiro y pueden ser cerradas al final de cada tiro. Esto se hace por medio de piezas giratorias ajustables que ponen en acción las válvulas de aire. En el esmaltado porcelanizado estas máquinas han operado con éxito a una velocidad de transportador hasta de 30 pies por minuto. La velocidad del tiro es determinada por estudios y cálculos de ingeniería que han dado resultados satisfactorios en la práctica. Algunas máquinas han sido construidas con la velocidad del brazo y del transportador sincronizadas. Este es un paso hacia una mayor uniformidad y una aplicación más ligera del esmalte.

La máquina reciprocante horizontal tiene muchas ventajas cuando es manejada en debida forma y se usa para el tipo correcto de piezas. Su mayor ventaja es la uniformidad resultante en la aplicación del esmalte, también es reconocida como una unidad ahorradora de trabajo. Puede haber una reducción en costos de material si se usan las dos primeras pistolas para material de reclamo (material ya usado y puesto nuevamente en condiciones de volver a usarse) y -

las últimas para esmalte virgen. Cuando hay que cubrir con esmalte pestañas u orillas, se acostumbra rociar primero la superficie plana y después las orillas o pestañas por rociado a mano usando esmalte virgen unicamente.

**Máquinas Reciprocantes Verticales.** Esta máquina tiene el mismo diseño básico de la máquina horizontal, pero esta montada verticalmente a fin de emplearla para la aspersion de superficies planas colgadas de un transportador de monoriel. El transportador de las piezas queda por encima del area de trabajo y por lo mismo se puede mantener limpio facilmente. El transportador horizontal debido a su colocación dentro del area de trabajo, esta generalmente sucio, lo que puede dar por resultado la contaminación de todo el sistema. Sin duda la mayor ventaja de la máquina reciprocante vertical es que las piezas viajan "sobre la orilla" y en esta forma se reducen a un mínimo los problemas de suciedad y polvo. En muchos casos este método también reduce la cantidad de manejo de las piezas.

**Máquinas de Eje.** Las máquinas de eje se adaptan a diferentes tipos de piezas circulares. Tienen un transportador de "cadena sobre la orilla" que ha sido modificado con ejes desmontables y con protectores por presión de aire en las areas críticas para compensar por la naturaleza abrasiva del esmalte. Estas máquinas de eje o carretel pueden ser usadas en diferentes estaciones de rociado y montadas sobre centros de tamaños diferentes, según la forma y dimensiones de las piezas que vayan a ser esmaltadas.

Se usan con ellas pistolas estacionarias o montadas sobre un mecanismo de acompañamiento que va siguiendo a la pieza -

zas. Este mecanismo lleva a las pistolas rociadoras de manera que vayan siguiendo a las piezas que van girando durante el ciclo de rociado, después regresa las pistolas a su posición original hasta que esta lista la siguiente pieza para esmaltarse.

Las pistolas rociadoras que van montadas en un mecanismo de acompañamiento o seguidor, pueden ser estacionarias o con movimiento vertical. El movimiento vertical de las pistolas permite su inserción dentro de cualquier objeto cilíndrico, rociando su interior mientras va siguiéndolo. Al terminarse el ciclo de rociado las pistolas se retraen, volviendo a su posición original. El ciclo de rociado de las pistolas puede ser controlado por varios métodos para asegurar una aplicación uniforme sobre todas las piezas.

Máquinas automáticas de Capsula para rociado de Tanques para Agua Caliente. La máquina rociadora que se usa especialmente para tanques para agua, es enteramente automática, incluyendo una unidad reciprocante horizontal impulsada por un motor de velocidad variable. La unidad tiene cinco pistolas rociadoras, una colocada a la cabeza de una lanceta interna, dos pistolas de cápsula para rociado montadas en la lanceta interna, una pistola de cápsula para espolvoreado, externa, y una pistola para el espolvoreado del fondo del tanque por su parte externa. La unidad completa incluye filtro para aire, regulador, manómetros de presión, mangueras y controles eléctricos.

Compresoras de Aire Enfriadas por agua. La compresora de aire debe suministrar un volumen suficiente de aire limpio, fresco, libre de aceite o agua, a las presio -

nes correctas para llevar a cabo su tarea en forma apropiada. Muy a menudo hay un volumen insuficiente de aire cuando más se necesita y la calidad de la producción desmerece. Los tamaños de compresoras requeridos son determinados por la suma de las necesidades de aire de los aparatos que lo consumen y que pueden estar en servicio a la vez en un momento dado, dejando además un margen razonable para equipo adicional, pérdidas en la línea, etc. Si la carga durante una tanda puede ser mayor que durante otras, puede resultar conveniente instalar dos unidades más chicas en lugar de una grande. Así una unidad podría estar sin uso durante periodos de baja demanda y habría además la ventaja de prevenir un cese completo de operaciones en el caso de descompostura de la compresora.

El aire que entra a la compresora debe ser filtrado y venir de un lugar limpio debe estar además fresco y seco. Las unidades compresoras generalmente incluyen un almacénador para aire o tanque receptor para reducir al mínimo -- las pulsaciones en las líneas de tubería y para actuar como reserva por periodos cortos cuando la demanda excede la capacidad de la compresora. El tanque actúa también como colector de aceite condensado, vapor de agua y suciedades; todo esto debe ser filtrado a intervalos frecuentes y regulares.

El aire contaminado puede afectar en gran manera la calidad y cantidad de la producción. Las suciedades, aceite, y agua que pasen a través de las pistolas para rociar serán causa de defectos en las capas aplicadas por aspersión, dañando además y ocasionando mal funcionamiento y

desgaste de todos los aditamentos neumáticos de la línea. Así pues no puede enfatizarse demasiado la necesidad de limpiar y filtrar el aire comprimido.

Debido al alto volumen de aire y a la calidad que debe tener para la operación del esmalado porcelanizado, resulta más práctico usar las compresoras enfriadas por agua que las enfriadas por aire. Las compresoras enfriadas por agua son por lo regular más eficientes para proporcionar un mayor volumen de aire por unidad de caballo de fuerza que las enfriadas por aire. Las compresoras - enfriadas por agua tienen un enfriador intermedio que opera entre la primera y segunda etapa para remover el agua. Un enfriador de actuación posterior, que se describe a continuación, debe usarse entre la compresora y el receptor de aire o tanque clarificador.

Las adiciones de aceite a los cilindros deben ser bien controladas e inyectadas por un alimentador de medida forzada que puede ajustarse para que suministre la cantidad mínima necesaria para la compresora.

Las recomendaciones de los fabricantes en cuanto al tamaño de la compresora, colocación, dimensiones de los ductos y detalles de instalación deben seguirse cuidadosamente.

Secadores para aire. - Es muy importante remover la humedad que pueda tener el aire comprimido en su misma fuente, antes de que pueda ocasionar orin y formaciones escamosas en los ductos y en el equipo. Uno de los aditamentos más efectivos para esto es un aparato de enfriado posterior que se instala entre la compresora y



el tanque almacenador de aire . Este aparato es un intercambiador de calor que usa agua circulante para enfriar el aire comprimido y condensar la mayor parte del aceite y vapor de agua. Para remover cualquier humedad o suciedad que pueda quedar se emplea un secador de aire; éste puede instalarse como una unidad separada o en combinación con el aparato para enfriado posterior. Los tres tipos de secadores para aire de uso general, son los siguientes:

- 1 - De tipo refrigerante que es el más eficiente pero su instalación y operación resultan bastante costosas.
- 2 - De tipo regenerativo, que emplea un desecante de partículas porosas y absorbentes. Al saturarse el desecante debe ser reemplazado o secado por calor. Normalmente es necesario hacer un filtrado previo para impedir que entre una cantidad excesiva de aceite y agua condensada a un secador de este tipo.
- 3 - De tipo no-regenerativo que usa un desecante que es consumido durante el proceso de secado del aire, necesitando por lo tanto adiciones periódicas de desecantes químicos a la unidad.

Las líneas de aire deben mantenerse fuera de las zonas de calor. Deben tener bases para goteado o tanques agitadores colocados a intervalos y deben ser limpiados por soplado diariamente. Es recomendable que los contactos y aparatos para desconectar queden por arriba de la línea . Las líneas de aire deben estar equipadas con limpiadores de aire, del tipo que emplea interceptores o del que usa absorbentes de líquido, o filtros, colocados precisamente antes de las conexiones para el equipo de rociado. Si se nota un marcado aumento de aceite al hacer la limpieza por "soplado", es necesario checar el ajuste de la compresora, comprobar que la superficie interior -

del cilindro se encuentre bien lisa y checar la eficiencia del enfriamiento. Es conveniente que las líneas de aire sean de sección transversal amplia para mantener la velocidad baja y reducir las pérdidas por fricción ; la tubería debe ser galvanizada o resistente a la corrosión para evitar contaminaciones. Al instalar la línea de tubería de la compresora de aire al punto de uso, deben seguirse algunas reglas fundamentales: a) Hay que usar tubería -- galvanizada de la ~~misma~~ medida de la del extremo de descarga de la compresora o del receptor de aire. b) La línea horizontal superior debe tener una ligera inclinación de manera que cualquier acumulación de aceite o agua regrese al receptor de aire. c) El punto donde se desconecta el -- aire debe ser una T invertida de manera que cualquier humedad que se regrese al receptor de aire pase por el punto de desconexión. d) A intervalos regulares y al final de la línea debe haber bases para goteado de tubería de mayor diámetro que la línea abastecedora, equipadas con a -- trapadores de humedad.

Transformadores de Aire o Extractores de Aceite y Agua. El equipo de este tipo está destinado principalmente a remover aceite, orin suciedad y humedad condensada, -- del aire comprimido antes de usarlo para alimentar la pistola de rociado, asegurando así aire seco y limpio y previniendo la contaminación del esmalte porcelanizado. Hay -- diferentes transformadores de aire , pero el más empleado consiste de una serie de filtros interceptores montados -- dentro de una cámara de expansión, incluyendo además un -- medio filtrante de una cerámica porosa, un cuerpo metálico, algodón de desperdicio o un disco muy delgado de me --

tal para filtrar el aire. Algunas de estas unidades están equipadas con reguladores de aire para controlar la presión del aire al salir de la cámara de expansión.

Al escoger un extractor o transformador es conveniente seleccionar uno de mayor capacidad de la que se necesita. Debe colocarse tan cerca como sea posible del lugar en que se va a usar y nunca más cerca de la compresora -- que unos 35 pies, dando así al aire una oportunidad para enfriarse y la humedad que pueda contener algún tiempo para condensarse. Mientras más caliente este el aire, retendrá más humedad en forma de vapor que no puede ser removida por trampas.

**Reguladores de Presión de Aire.** El regulador de presión de aire está construido para mantener la presión a cualquier nivel necesario para operar en forma apropiada el equipo de aspersión.

La presión de aire es ajustada dando vuelta a una perilla o palanca para aumentar la tensión de un resorte colocado contra un diafragma. Este a su vez, opera una válvula que permite el paso del aire hasta que la presión iguala la tensión del resorte. La sensibilidad del regulador es gobernada por su diseño y construcción y por la fluctuación de presión en el suministro de aire. La presión regulada puede variar de unas cuantas onzas a varias libras. La capacidad de los reguladores va desde algunos pies cúbicos hasta cien o más pies cúbicos por minuto, dependiendo del tamaño del regulador y los puertos para aire que pasan el aire a través del regulador.

El regulador debe estar instalado en una línea de -

aire que suministre aire limpio y seco. El aire contaminado cubrirá las paredes del regulador y reducirá su volumen. Al haber algo de escamado en el aire suministrado puede llegar a meterse debajo del asiento de la válvula y causar -- cierta lentitud en la presión regulada. Es necesario aire limpio para que el regulador opere sin trabas. Cuando el regulador no esta en uso debe aflojarse la tensión del resorte contra el diafragma; esto cerrará la válvula del aire y reducirá la fatiga del diafragma, prolongando así la vida y servicio de la unidad. El regulador de aire es una unidad diseñada para precisión y como tal debe ser tratada.

Mangueras para Aire y Fluido. - Las mangueras llevan el aire y la suspensión de esmalte a las pistolas de aspersión. Es importante que se usen en cada caso las dimensiones correctas, especialmente tratándose de la manguera que conduce el aire hasta la pistola de rociado, que debe ser lo suficientemente grande para llevar el volumen apropiado a la presión correcta. Se ha encontrado que una manguera con un diámetro interior de 5/16 de pulgada es la más práctica para asegurar un volumen suficiente de aire para la pistola. Este tamaño dará una baja en presión permisible, cuando el gatillo de la pistola esta completamente retraído, reteniendo la flexibilidad necesaria para un manejo fácil de la pistola.

Un diámetro de 1/4 de pulgada en el interior de la manguera es suficiente para proporcionar el volumen necesario para la pistola, pero no es lo suficientemente grande para compensar las caídas de presión resultantes de fricciones. Para obtener eficiencia máxima con una pistola de rociado

(se presiona la manilla del fluido pintado)

hay que usar una manguera para aire del tamaño apropiado. No es conveniente tratar de reparar una manguera para aire que resulta dañada, porque generalmente esas reparaciones se hacen con uniones de diámetro más pequeño; esto dificulta el libre fluir del aire, ocasionando caídas de presión indeseables.

La presión para la pistola de rociado debe ser chequeada frecuentemente usando un medidor para prueba que va unido al extremo de la manguera que se une con la pistola donde puede ser chequeada la caída de presión al operar el gatillo. Este medidor para pruebas puede usarse como gafa para fijar las medidas en reguladores y transformadores y para revelar otras restricciones que pueda haber en la línea.

Las mangueras para fluido generalmente tienen un diámetro interior de  $3/8$  a  $5/16$  de pulgada. Si se usa una de  $5/16$  la misma medida puede usarse para aire y fluido. Las mangueras con forro de hule natural dan mejor servicio que las forradas de materiales sintéticos.

**Tanques a Presión Para Esmalte.** - Los tanques a presión alimentadores de esmalte se usan para almacenar y suministrar la cantidad necesaria de material a las pistolas rociadoras. En la tapa del tanque de presión se encuentran instalados un regulador de aire un medidor de aire y una válvula de seguridad. El regulador se usa para ajustar la presión de aire dentro del tanque y el medidor indica esta presión, para que pueda mantenerse un abastecimiento constante de material para las pistolas para rociado. Se incluye una válvula de seguridad para asegurarse de que la presión a que se trabaja está dentro de los límites específicos.

cados en cada caso, y para cumplir con los códigos locales de seguridad.

Los tanques de presión pueden obtenerse con y sin agitadores. Aun cuando los agitadores son en general recomendables, su necesidad depende de las propiedades de suspensión del esmalte porcelanizado o del tiempo que se tome para usar el material almacenado en el tanque de presión. Las diferentes piezas del agitador están hechas de acero inoxidable a fin de evitar contaminaciones del esmalte. Los agitadores pueden ser operados por aire o eléctricamente, dependiendo del tamaño del tanque de presión o de las preferencias del usuario. Pueden estar en operación constante o arreglados para trabajar intermitentemente. Es conveniente remover el regulador y el medidor de aire de la tapa del tanque e instalarlos cerca de sus lugares de uso con el fin de protegerlos mejor y reducir -- sus necesidades de mantenimiento. Cuando estos aparatos se dejan en la tapa del tanque, requieren un mayor mantenimiento a causa del manejo brusco que pueden recibir durante los frecuentes procesos de limpieza. Si son colocados en un lugar permanente, generalmente a un lado de las casetas para rociado, no se hace necesario alterar los ajustes de presión cada vez que se cambian tanques y en -- consecuencia la presión del fluido permanece constante o controlada, asegurando así la misma cantidad de material en todo tiempo.

Los tanques de presión están contruidos de materiales que soportarán la acción abrasiva y corrosiva del esmalte porcelanizado. Pueden recubrirse con un baño de -

zinc o con otras capas apropiadas que proporcionen la protección adecuada. La naturaleza corrosiva de algunos de los recubrimientos de esmalte hace necesaria una selección cuidadosa del material para tanques de presión. El acero inoxidable dará el mejor servicio y no contaminará el esmalte. Estos tanques vienen con orificios de salida en la parte superior o inferior, no hay ninguna diferencia apreciable en su operación. La duración de un tanque de presión y de su recubrimiento depende del tratamiento que se le de; es conveniente manejarlos con cuidado para no dañar su recubrimiento, especialmente al meter y sacar el agitador. La solución de esmalte no debe permanecer en el tanque por más de 24 horas, y el tanque debe lavarse cada vez que es llenado para remover cualquier cantidad de esmalte parcialmente seco que pueda tener en los lados.

Sistemas de tubería para Esmalte Porcelanizado. El método más común de suministrar material a una pistola de rociado es tomándolo de un tanque a presión colocado cerca de cada operador. Una línea de producción de grandes dimensiones en que trabajan a la vez varios operadores de pistolas rociadoras manuales y un buen número de pistolas automáticas, necesitará muchos tanques de presión que tienen que ser llevados y traídos en carros -- desde el cuarto de la mollienda a las casetas de rociado. Se puede reducir una buena parte de todo este trabajo, manejo y número de tanques de presión, instalando tuberías que transporten el esmalte directamente desde el área de almacenamiento hasta las pistolas rociadoras. Para esto hay dos sistemas, el circulante y el no-circulante.

te que dan resultados satisfactorios. En un sistema de tipo no-circulante el esmalte es suministrado, alternativamente, desde un par de grandes tanques a presión, colocados generalmente en el area de almacenamiento. Los tanques están interconectados y sus válvulas operan de manera que al vaciarse uno el contenido del otro pase de inmediato a alimentar la línea, sin que se interrumpa el paso del esmalte; el tanque vacío puede entonces ser limpiado y llenado nuevamente. Este sistema tiene una válvula en la última estación de rociado; una manguera o tubería que se une al sistema en la válvula se encuentra conectada con las líneas del agua y del aire para hacer regresar el esmalte por aire, cuando es necesario, y agua para limpiar la línea.

En un sistema de tipo circulante el esmalte es bombeado desde un par de tanques mezcladores de gran capacidad colocados en el area de almacenamiento y regresado a los tanques continuamente. Como en el sistema a presión los tanques mezcladores se usan en forma alternativa, cambiando del vacío al lleno cuando es necesario. El esmalte en movimiento continuo mantiene su misma consistencia en todas las estaciones que surte y también mantiene la frita en suspensión.

El tipo de sistema de tubería que se emplee, depende en gran parte de las características del esmalte porcelanizado que se use. Los esmaltes que tienden a asentarse o requieren un control constante de su consistencia deben ser conducidos por tuberías de un sistema circulante. Otros esmaltes que no se asienten mucho o cambien de con-



sistencia al permanecer sin movimiento pueden ser conducidos por tuberías sin circulación, directamente del tanque de presión a la línea.

Al instalar cualquiera de los dos sistemas hay que observar los mismos cuidados. Los ductos o tuberías usados deben ser anticorrosivos y no deben de contaminar el esmalte. La tubería tendrá que ser instalada con un mínimo de obstrucciones, tales como uniones y codos. Todas las uniones deben ser niveladas y escuadradas con los extremos de la tubería para que no haya hendeduras, rendijas o rodetes donde el esmalte se pueda ir quedando y endureciendo. Los codos deben ser de radio largo; todas las uniones y otras piezas usadas en el sistema han de ser del mismo material. Se han podido observar en las juntas de uniones con tubos, hechos de acero de diferentes grados, abultamientos del esmalte endurecido causados por electrólisis. Todas las uniones, válvulas, etc., de la línea deben ser a prueba de grietas, porque la pérdida de agua hará que el esmalte se junte formando una masa firme y tapando el sistema. Al colocar el sistema de tubería hay que evitar que pase por áreas de calor extremo, si es necesario, habrá que aislar la tubería o se le puede instalar una chaqueta de agua en alguna determinada sección donde sea necesario enfriar el esmalte.

Reguladores de Fluido para Esmalte Porcelanizado. El uso práctico de los sistemas de tubería para trasladar el esmalte porcelanizado ha aumentado por el reciente desarrollo de reguladores de presión para el material diseña-

dos especialmente para el esmalte porcelanizado. Hay reguladores de este tipo con las partes de más uso de carburo de tungsteno. Esta unidad puede ser instalada en alguna -- parte más o menos distante y los ajustes para el fluido se hacen introduciendo aire controlado dentro de su "gorro".-- Este regulador de control remoto es particularmente adaptable para usarse con equipo electrostático automático. Hay otro regulador que no tiene partes operantes en contacto con el esmalte; el esmalte es conducido a través de todo el mecanismo del regulador en un serpentín de tubería de goma y la compresión de este serpentín, por medio de un mecanismo de resorte ajustable, comprime el extremo de entrada de la tubería para mantener regulada la salida. El uso de reguladores para el esmalte asegura un flujo controlado de fluido hasta las pistolas para rociado a las presiones que se deseen, cualquiera que sea su colocación a lo largo de la línea. Al colocar los reguladores es mejor instalarlos a un nivel más bajo que el del tiro de las pistolas.-- Tratándose de una pistola reciprocante de tiro largo, el regulador, de ser posible, debe viajar con la pistola.

Casetas para Rociado. El rociado de las piezas debe hacerse dentro de casetas bien diseñadas, donde el exceso del rociado ( sobre-rociado) sea extraído en forma apropiada, por las siguientes razones:

- 1 - Proteger la salud del operador y demás personas que se hallen en la vecindad, del peligro potencial del polvo.
- 2 - Proteger el equipo de los alrededores de la abrasión
- 3 - Proveer los medios para la recuperación del material.
- 4 - Cumplir con las leyes locales sobre la contaminación

ción del aire.

Se puede dar cumplimiento a los requisitos antes señalados, seleccionando el sistema apropiado de extracción. Hay dos tipos básicos, el de extracción en seco y el de lavado por agua.

En el sistema en seco el aire es extraído por medio de un ventilador colocado dentro de la caseta, o si hay dos o más casetas, a través de ductos conectados con un ventilador de extracción que sirve a todas las casetas. El polvo que se acumula extraído por el ventilador debe ir por tubería a un aparato colector de polvo a fin de que las partículas no se dispersen en la atmósfera. A fin de recuperar el material las casetas están generalmente equipadas con filtros interceptores colocados a la entrada del extractor. Las partículas sólidas en el área de rociado son recogidas por estos interceptores, dejando pasar el aire a través de ellos. Los interceptores son limpiados periódicamente y sus residuos regresan al cuarto de molienda donde vuelven a ser procesados. Algunas instalaciones tienen filtros secos entre los interceptores y el extractor para reducir al mínimo el polvo que sale a la atmósfera.

En sistemas de lavado por agua, el rociado de extracción pasa a través de un rociador de agua o cortina de agua. Al caer el agua remueve el material sólido y lo lleva a un depósito. Hay dos tipos de sistemas de lavado por agua: en uno la cortina de agua se forma bombeando agua de un depósito a través de boquillas que forman el rociado y en el otro sistema la fuerza para formar el rociado de a -

agua se obtiene de la corriente de aire generada por el ventilador de extracción. Este último sistema es más conveniente para una planta de esmaltado porcelanizado porque la naturaleza abrasiva del esmalte crea un serio problema de mantenimiento cuando es manejado por bombas. Debe hacerse notar que cuando se usa el aire extraído para crear un rociado de agua, el ventilador de extracción tiene que ser más grande que el que solo se utiliza para extraer el sobre rociado de las pistolas. Las casetas lavadas por agua también están frecuentemente equipadas con interceptores como los que se usan en las casetas con sistemas de extracción en seco. Por lo tanto pueden ser operadas con o sin rociado de agua.

Un buen filtro interceptor para casetas que operen en seco puede recuperar hasta el 85% del material sólido del sobre-rociado. Las casetas lavadas por agua pueden ser operadas para recuperar hasta el 99% del material. Para escoger un sistema de extracción lo que se tiene en cuenta es la economía por el ahorro del material, ya que los dos sistemas son igualmente efectivos en cuanto a salud y seguridad. Para determinar el tamaño de un ventilador de extracción o abanico es necesario primero saber cual es el tamaño requerido para extraer el aire en la misma proporción en que es producido por las pistolas. Esta cantidad tiene que ser aumentada liberalmente para incluir factores tales como dimensiones de entrada de la caseta, tipo de rociado que se lleve a cabo ( si en línea recta o en ángulos), pérdidas por fricción en los ductos, impedimentos por interceptores, etc. --

Después de determinar el tamaño apropiado, hay que seleccionar el tipo de equipo cuidadosamente. Aunque no hay vapores explosivos, inflamables o corrosivos, hay que tener en cuenta que la materia sólida del esmalte porcelanizado es abrasiva, por lo que deben ser bien protegidos del polvo y rociado todos los soportes, recipientes, etc. Los abastecedores de pistolas para rociado y equipo para la industria del esmaltado porcelanizado están generalmente bien informados sobre todos los factores que deben ser considerados al escoger un sistema para extracción, y diseño de casetas.

Una caseta para rociado debe ser suficientemente amplia para acomodar en ella hasta las piezas más grandes -- que vayan a ser manejadas. Debe de haber el espacio adecuado para evitar que el rociado excedente quede fuera de la corriente de aire que hay dentro de la caseta. La caseta debe tener las condiciones requeridas para favorecer un buen flujo de aire y evitar corrientes de reflujo y -- turbulencias.

Sistema de Recuperación de Frita en Casetas de Sistema Húmedo. El sistema de recuperación de frita para casetas que trabajan por el sistema húmedo, funciona en la siguiente forma: 1 -

- 1 -Por medio de un tanque de diseño especial, cuya base se este acondicionada para proporcionar una velocidad de flujo de agua suficiente para mantener las partículas de frita en suspensión a través de toda el area de recuperación.
- 2 -Efectuando un asentamiento de las partículas en un determinado punto donde la solución libre ya de frita pueda ser extraída para su recirculación a través de la cortina de agua, mientras la solución cargada de frita ( que es unicamente una porción del volumen total de agua) puede ser descargada a través del equipo de recuperación.

El equipo para recuperación de frita consiste de un tanque para caseta cuyo fondo está especialmente acondicionado, una bomba separadora, un separador proporcional, un tanque para filtrado y medios filtrantes.

#### Características de los Recubrimientos

de Esmalte Porcelanizado para Aplicaciones por Rociado.

Hay una gran variedad de formas que se pueden recubrir con esmalte porcelanizado aplicado por el método de aspersión o rociado. Cada planta es diferente en cuanto a sus características y hay esmaltes porcelanizados de diferentes tipos. Por estas razones no es posible cubrir todas las características de cada caso y condición. Se tratará de discutir los fundamentos básicos y generalidades únicamente.

1 - Si la gravedad específica del esmalte es demasiado alta, es decir, si el contenido de agua es bajo, el resultado puede ser un rociado demasiado seco, o polvo. El polvo y el rociado seco pueden también ser causados por efectuar el rociado sobre artículos calientes, por exceso de presión atomizadora, por una presión de fluido demasiado baja o por colocar la pistola más lejos de la pieza al trabajarla de lo debido. El polvo dará por resultado una superficie áspera, y si se usa un esmalte de gravedad específica demasiado alta para capa de cubierta blanca, después del quemado aparecerá como si tuviera un rociado muy ligero aun cuando el baño haya tenido el espesor apropiado. Tratándose de esmaltes de color, el grado de humedad del rociado tiene también un efecto sobre el color final. En aplicaciones de capa base el espesor resultará faltar de uniformidad y puede haber

acumulaciones pesadas de material en varios radios.

2 - Si la gravedad específica es demasiado baja, o sea que el esmalte tiene un alto contenido de agua, se puede producir un rociado muy húmedo y si la humedad es excesiva se presentarán rasgaduras en la capa del esmaltado. Si la gravedad es baja pueden formarse líneas de escurrimiento y producirse una superficie áspera si el esmalte es rociado sobre una pieza en posición vertical. Estos defectos pueden reducirse sosteniendo la pistola más lejos del blanco, para que el esmalte atomizado se seque un poco antes de hacer contacto con la pieza.

Para esmaltes de titanio la gravedad específica para el rociado convencional, debe quedar dentro del límite de 1.72 a 1.80, y un cuerpo de 7" - 8".

3 - Si el cuerpo del esmalte es demasiado bajo, pueden producirse defectos como "picadas" "líneas de escurrimiento" y "cáscara de naranja".

4 - Si el esmalte tiene un cuerpo muy alto, entonces puede haber polvo o un rociado demasiado seco. El esmalte necesitará una cantidad excesiva de presión atomizadora para ser atomizado en forma adecuada.

5 - La presión del fluido debe ser ajustada para proporcionar la cantidad adecuada de esmalte para hacer frente a las necesidades de la producción, pero sin exceder la capacidad de la pistola para rociado. La presión atomizadora de aire debe estar ajustada para proporcionar la atomización apropiada y el patrón de rociado que se desee. Al aumentar la presión atomizadora puede reducirse el defecto

de "picado" producido por el rociado; sin embargo una presión excesiva sola dará por resultado un desperdicio de material hasta de un 25% debido al rebotar de las partículas después de dar contra las piezas. La pistola para rociado debe sostenerse, normalmente a unas 8 o 10 pulgadas de la pieza que se esta trabajando.

Todos los problemas antes mencionados, tales como -- gravedad específica, cuerpo del esmalte, presión atomizadora, flujo del esmalte y distancia de la pistola a la pieza, son controlables y debende ser checados cuidadosa y regularmente,

Las condiciones óptimas variarán de una planta a otra y de un tipo de esmalte a otro. También las características de rociado del mismo esmalte, en el mismo taller, pueden variar de un día a otro. Por ejemplo un esmalte que no se escurre formando líneas verticales u onduladas en un -- día seco, puede hacerlo en un día húmedo.

Debe tenerse en cuenta que la pistola para rociado es un instrumento para atomizar el esmalte y dirigirlo en una determinada dirección, el resto depende del operador y del encargado de supervisión y control.

#### R O C I A D O E L E C T R O S T A T I C O

La aplicación del esmalte por rociado electrostático ha estado en uso por más de un cuarto de siglo y su principio fundamental de operación es en general bien entendido. Basicamente las partículas del rociado son cargadas electricamente en la presencia de un campo electrostático mantenido entre el aparato rociador y el artículo que se va a recubrir. Para esto se aplica un voltaje de 120 kilovatios -



aproximadamente a la pistola o a alguna parte de la pistola manteniendo el artículo que se rocía con conexión a tierra. El rociado electrostático requiere que el artículo que se recubra por rociado sea electricamente conductivo. Con este método generalmente hay un ahorro de esmalte porque se evita que las partículas del esmalte reboten cuando se rocían piezas con superficies de grandes áreas y también por la reducción en el sobre-rociado. Otra ventaja es que puede bastar con rociar las piezas por un lado solamente, como resultado del fenómeno conocido como recubrimiento envolvente que se realiza cuando una parte considerable de las partículas del rociado, cargadas electricamente, después de ser impelidas un poco más allá del artículo que se está rociando, regresan a bañar la parte posterior de él.

Las características del esmalte para rociado electrostático son muy diferentes de las que se requieren para el rociado normal hecho a mano. El tamaño de las partículas o finura de la molienda debe ser menor que para el esmalte usado para el rociado convencional. Para rociado electrostático la capa para cubierta es molida a una finura de 1 1/2 a 4 gramos, que pasen por un harnero de 400 mallas, entanto que para el rociado convencional el mismo esmalte puede ser molido a una finura de 2 a 5 gramos, usando un harnero de 200 mallas.

Las capas base aplicadas por rociado electrostático usualmente se muelen a una finura de 3-4 gramos y se pasan -- por un harnero de 400 mallas; en algunos casos se usa una finura de 1-2 gramos pasando por un harnero de 200 mallas.

La gravedad específica usada en el rociado electrostático generalmente estará dentro de un límite de 1.52 - 1.60 pa

ra capa base y capa de cubierta. Este límite es considerablemente más bajo que el usado para rociado convencional.

El esmalte con alto contenido de agua usado en el rociado electrostático es muy sensible a los cambios de humedad dentro de la caseta, por lo que al aumentar la humedad hay que aumentar la gravedad específica del esmalte, o el rociado puede resultar anormalmente húmedo y producir líneas de escurrimiento o asperezas sobre la superficie. Una humedad óptima estará dentro del límite 40 - 60. Si la humedad está por arriba o por abajo de estos límites, generalmente habrá que hacer algunos cambios en las características del esmalte.

El cuerpo del esmalte es determinado por una prueba de peso de aplicación (pick-Up). Se ha encontrado que la prueba de asentamiento (el área que cubre el esmalte al derramarlo sobre una placa plana) no es tan sensible como la prueba de peso de aplicación para hacer esta determinación. Generalmente se usa un peso de aplicación de 60 a 90 gramos por pie cuadrado de superficie; este peso es para esmalte húmedo.

Las características que debe tener el esmalte que se usa para el rociado electrostático consisten entonces en una molienda fina, gravedad específica baja y cuerpo bajo. Todas estas características ayudan a producir un material que puede ser atomizado finamente con presiones relativamente bajas, depositando una capa uniforme y produciendo un buen recubrimiento envolvente.

Para colores sombreados es ventajoso usar para la capa base una gravedad específica tan alta como sea posible

sin que haya polvo, porque un rociado excesivamente húmedo o falta de dirección hace difícil aplicar el Hi-Lite. El recubrimiento envolvente de la capa base sobre las pestañas o bordes, reduce la cantidad de Hi-Lite que tiene que aplicarse.

Equipo para Rociado Electroestático. - Máquina recíprocante electrostática. Hay dos tipos de máquinas recíprocantes: a) Recíprocante de tiro corto, con las pistolas para rociado montadas sobre una barra vertical. b) Recíprocante de tiro largo ( de largo alcance), con las pistolas para rociado montadas sobre barras horizontales. Estas máquinas recíprocantes son impelidas por aire, mecánicamente, o hidráulicamente. La longitud que alcanza el mecanismo recíprocante es ajustable, según la altura de la pieza que vaya a ser bañada y las características del esmalte porcelanizado que se aplique. El espacio entre las pistolas que van montadas en barras, se puede ajustar para adaptarse a la altura de las piezas, velocidad del transportador y tipo de máquina recíprocante.

Cada instalación para rociado electrostático debe ser hecha conforme a cálculos de ingeniería y probada perfectamente.

Casetas para rociado electrostático. Con el advenimiento del rociado electrostático de esmalte porcelanizado, el problema de la velocidad del aire a través de la caseta para rociado, se ha hecho más crítico. El flujo de aire a través de la caseta convencional para rociado a mano sería aproximadamente de 175 f.p.m. dependiendo de los códigos locales. Usando equipo automático puede ser tan alto como 250 f.p.m. A esta alta velocidad del aire cualquier turbu-

lencia en el area es de pocas consecuencias.

Al aplicar el esmalte porcelanizado por rociado electrostático el flujo de aire a través de la caseta es de la mayor importancia. El recubrimiento envolvente o el depósito electrostático es grandemente afectado por una alta velocidad de aire. Es necesario que el aire tenga una baja velocidad dentro de la caseta para que el esmalte atomizado -- pueda ser atraído hacia las areas posteriores de las piezas que se están recubriendo. Para aplicar una capa envolvente, el flujo máximo de aire a través de la caseta debe ser de 100 f.p.m.; un flujo de aire más bajo podría aumentar el recubrimiento de la parte posterior de la pieza, pero se pueden formar acumulaciones de esmalte en las pistolas o dificultarse la extracción del sobre rociado.

Se ha desarrollado un nuevo concepto en diseño de casetas para aspersion con el uso del mecanismo reciprocante -- vertical de tiro corto. Es un tipo de caseta que ha venido a mejorar el control del flujo del aire a través de la caseta, con poca o ninguna interferencia por turbulencia del aire exterior en el area. Este tipo de caseta, conocido como "Venturi" consiste en una pared de lámina de metal instalada paralela al frente de la caseta que puede ajustarse para controlar el flujo del aire más allá de las pistolas para rociado. El compartimiento del equipo, entre el frente de la caseta y la pared venturi recibe un suministro de aire que es uniformemente distribuido y pasa por encima del equipo y a través del venturi hacia adentro del compartimiento de aplicación del esmalte. Las pistolas para rociado quedan en un plano vertical con la venturi que se abre ha

cia el compartimiento de aplicación del esmalte. Con este arreglo se aseguran condiciones ideales de limpieza en el compartimiento del operador y para el equipo y condiciones apropiadas para la aplicación del esmalte a las piezas con una extracción efectiva a la más baja velocidad de aire posible. Con la venturi es posible mantener una velocidad apropiada de aire más allá de las pistolas, en tanto que a través del compartimiento del equipo y la sección de aplicación del esmalte, la velocidad del aire es mucho más baja que en una caseta convencional.

El venturi puede montarse en una posición estacionaria permanente o sobre un sistema de trolees para poder moverlo hacia adentro o hacia afuera para mantener la distancia apropiada entre las pistolas y las piezas.

La necesidad de reponer el aire no es tan imperativa cuando se usa una pared venturi, pero es de gran ayuda para la operación. Introducirá aire caliente y limpio de fuera, proporcionando un volumen constante de aire no contaminado que ayudará a reducir los defectos de la superficie esmaltada. Una caseta tipo venturi reducirá el flujo de aire requerido a través de la caseta hasta un 50% cuando se usase aire de reposición. Cuando se usan unidades para reposición del aire puede utilizarse un sistema de control de humedad para reducir al mínimo la necesidad de cambiar el cuerpo del esmalte si hay cambios de humedad.

Las principales ventajas de la venturi son:

- 1 - Reducir los costos de operación en cuanto a electricidad, gas y aire.
- 2 - Mejorar la aplicación electrostática del esmalte

y lograr un mejor recubrimiento envolvente por la disminución en la turbulencia del aire.

3 - Reducir el costo del equipo para reposición de aire

4 - Reducir los gastos de limpieza y mantenimiento del equipo con el uso de los controles antes mencionados.

El control de la humedad no es de imperiosa necesidad-- cuando se emplea el sistema electrostático, pero sí elimina la necesidad de cambiar la consistencia del esmalte de acuerdo con los periodos de humedad del ambiente, ya sea de un día a otro, o aún dentro del mismo día . Algunos operadores creen que si se omite el control de humedad, una parte de las ventajas del rociado electrostático se pierde. La humedad relativa puede ser fijada (puede ser fijada) según las -- preferencias de los usuarios, generalmente en un 50%. Puede simplificarse el control diario del esmalte, usando controles previamente determinados. El sistema puede no resultar costoso. Se inyecta vapor vivo por el ducto de entrada del aire filtrado dentro de la caseta de rociado; se instala un medidor de humedad en la parte anterior de la caseta que -- junto con los controles de aire ajusta el vapor vivo dentro del ducto de entrada del aire, al frente de la caseta.

Pistola Automática para Rociado Electroestático. Hay 3- pistolas para rociado especialmente diseñadas para el rociado electrostático del esmalte porcelanizado que emplean aire para producir un recubrimiento finamente atomizado. Dos de estas pistolas son una versión de la pistola automática-standard, con las características especiales de las pistolas para esmalte, tales como boquilla de carburo de tungsteno para el fluido y agujas para fluido con conductos de acero inoxidable. La tercera de estas pistolas es una versión de

La pistola electrostática estándar para rociado de pintura con boquillas para fluido y agujas de acero inoxidable. El flujo del fluido a través de estas pistolas es más bajo -- que en las pistolas automáticas para rociado convencional. La reducción en el flujo permite una presión más baja de atomización, reduciendo así la velocidad hacia adelante de las partículas de esmalte, para que se pueda efectuar un mejor recubrimiento posterior de la pieza.

Cada una de estas pistolas para rociado tiene sus ventajas y desventajas, en áreas tales como grado de eficiencia, mantenimiento y costo.

Tubería de polietileno. Desde que se empezó a usar el rociado electrostático se han hecho necesarios nuevos requerimientos para las mangueras para aire y fluido. Es necesario emplear ductos que no sean conductores de electricidad para asegurar un conducto no eléctrico con el sistema de alto voltaje. Es de absoluta necesidad usar ductos de polietileno u otro material plástico apropiado, especialmente para la atomización y conductos para aire. La manguera de hule normalmente usada para el rociado convencional hecho a mano o por operación automática, contiene un cierto porcentaje de carbón que la hace conductora; el grado de conductividad depende del porcentaje de carbon usado en la fórmula del hule para la manguera. Una manguera que contenga carbón aumentará la carga de amperios sobre el sistema de alto voltaje, ocasionando una sobre carga y cerrando el sistema.

Tanques a Presión. Los tanques a presión que se usan en sistemas electrostáticos son tanques standard de cerámica

ca. El agua que se usa para el esmalte es conductiva. Los tanques a presión deben ser colocados sobre una base aislada de material aislante apropiado para evitar la conexión a tierra fuera del sistema de alto voltaje. El tanque a presión - debido a la naturaleza conductora del esmalte, se carga con el mismo potencial de alto voltaje de las pistolas rociadoras. Para proteger al personal es necesario colocar una cerca de alambre aterrizada alrededor del tanque de presión. La protección que se proporcione debe llenar todos los requerimientos relativos a seguridad de la planta.

El tanque a presión puede colocarse cerca del sistema-rociador o en una area remota, usando tubería aislante para reducir la carga sobre el sistema de alto voltaje .

Eficiencia del Rociado Electroestático. La presión de atomización, el flujo de aire a través de la caseta para rociado, la proporción del flujo de fluido a través de las pistolas rociadoras, el cuerpo y la gravedad específica del esmalte, todo influye sobre los resultados que se obtienen, aunque algunas de estas características tienen un mayor efecto que otras sobre la eficiencia del sistema. La cantidad de esmalte depositado sobre las piezas que se trabajan depende de la proporción de entrega del esmalte. La eficiencia de la -- transferencia no es materialmente afectada por la proporción de entrega o consistencia del esmalte, pero es aumentada en forma significativa por el uso de esmalte de gravedad específica baja.

También hay un límite para presiones de atomización que pueden usarse sin afectar la eficiencia. Este límite esta relacionado con la proporción de entrega del esmalte.

El recubrimiento envolvente del rociado electrostático



es una función de la configuración de la pieza y sólo puede mejorarse aumentando la cantidad de esmalte depositada sobre ella a través de un aumento en la proporción de entrega de esmalte. Se ha comprobado que en piezas relativamente -- planas el 40% del esmalte es depositado en áreas que no pueden ser vistas desde la pistola , la mayor parte del cual -- sería considerado como sobre-rociado si no fuera por el cam po electrostático.

## CAPITULO

### NUEVOS PROCESOS.

Esmaltados Porcelanizados Directos a la Lámina de Hierro.

Eliminación de la capa base azul para esmaltados porcelanizados en blanco y color. Los reportes técnicos de los primeros años de la industria del esmaltado porcelanizado, revelan el deseo que siempre hubo de eliminar el color, generalmente azul, de los esmaltes que se adhieren al hierro. Primero se trató de reemplazar el cobalto con materiales blancos. Al progresar estos trabajos se vió claramente que el picleado y las características del hierro eran factores de control. La estabilización del carbón -- con el titanio fué la primera demostración clara de los resultados que podrían obtenerse por el control del hierro. -- Con baños de níquel aplicados en una proporción de 0.08 a 0.10 gramos por pie cuadrado se podían aplicar capas de cubierta regulares directamente sobre el metal. Las capas de cubierta de titanio probaron ser superiores para aplicaciones directas al metal. Otro paso de gran importancia se -- dió cuando se descubrieron las ventajas de una operación -- especial para la remoción de la superficie del hierro, combinada con un depósito de níquel de 0.60 a 0.10 gramos por pie cuadrado. (Estas investigaciones están patentadas como Ferro-Republic Patents 2581310.)

Teniendo ya los hechos comprobados concernientes -- al carbón en el hierro y a la remoción del hierro por el picleado, vino a completar el cuadro un nuevo método económico para producir acero de muy bajo o cero contenido de -- carbón. Los aceros bajos en carbón que ahora se producen,

combinados con métodos nuevos para controlar la remoción del hierro superficial y el uso del níquel en el picleado, son un éxito comprobado. Los aceros son producidos en serpentines descarburizadores; los métodos de picleado varían e incluyen una prolongación de tiempo del picleado regular, el uso del sulfato férrico antes del sulfúrico para una remoción más rápida de la parte superficial del metal, la oxidación en hornos a 1250°F. antes del picleado regular y el limpiado a chorro antes del picleado. También se usan ácidos para producir un picleado rápido, como el fosfórico o nítrico. Cualquiera de éstos es seguido por un depósito de níquel.

Cada vez se generaliza más el uso del proceso directo a la lámina, basándose en las pruebas del producto y análisis completos de costo.

Láminas de Hierro para Esmaltes Porcelanizados a Fuego Bajo. Se desea poder emplear temperaturas más bajas para el quemado del esmalte, para reducir el número de piezas distorsionadas y el costo del acero, al poder emplearlo en espesores más ligeros. Ha habido un progreso constante en esta área por muchos años; ya hace tiempo que está en uso el acero rolado en frío y bordeado, de precio bajo y de espesores tan delgados como es posible, tomando en cuenta la fuerza funcional que deba tener la pieza.

Hay que tener en cuenta que hay limitaciones para usar un fuego bajo impuestas por las cualidades especiales que se desea tengan las superficies esmaltadas, como resistencia a la abrasión, color, etc. Así los pizarrones

se queman a una temperatura tan baja como 1050<sup>o</sup>F., refrigeradores a 1380<sup>o</sup>F., piezas para lavandería a 1470<sup>o</sup>F., estufas a 1420<sup>o</sup>F. y sanitarios a 1500<sup>o</sup>F. Las temperaturas también se pueden bajar usando periodos más prolongados de quema.

Esmaltes Porcelanizados para Aluminio. El aluminio porcelanizado se hornea a temperaturas aproximadas de 1000<sup>o</sup>F., el proceso esta probado comercialmente y el producto es empleado principalmente en la arquitectura y para el exterior de utensilios de cocina de hierro fundido. Los materiales tóxicos del esmalte porcelanizado impiden que se pueda usar en superficies que se emplean para cocinar. Las prácticas - en este caso difieren de las empleadas para esmaltar lámina de hierro, en que no hay necesidad del secado antes de someter las piezas al fuego. Todos los colores se hacen con tipos - claros de fritas con opacificadores, etc., que se añaden en la molienda; la suspensión del esmalte se obtiene con sílica y ácido bórico, sin usar arcilla. Se emplean hornos que operan por convección, para obtener un buen control del calor a 1000<sup>o</sup>F. Con las excepciones anteriores y preparando el metal en la forma que se indicó al tratar sobre ese proceso, se puede seguir el procedimiento empleado para esmaltar lámina de hierro.

Esmaltado Porcelanizado Sobre Acero con Capa de Aluminio. Con la excepción de la preparación del metal, ( que solamente se limpia o se le da un quemado previo) se siguen las mismas prácticas que para el aluminio. Un producto de este tipo, de grandes proporciones, es el de pizarrones.

Acabados resistentes al calor. El desarrollo de la máquina jet o de turbina de gas, ha creado una gran necesidad

para la protección del metal a temperaturas muy elevadas. Se han llevado a cabo muchos trabajos de investigación, - costeados por el gobierno americano en los principales - centros de investigación y Universidades. Al principio - se buscaba permitir el uso de temperaturas más altas en - componentes. Sin embargo posteriormente se ha dado aten - ción preferente a la conservación de materiales críticos. Como sucede generalmente una buena parte de la experien - cia adquirida es de inmediato adaptada a la solución de - problemas en otros campos. Así, encontramos capas de ce - rámica ( esmalte porcelanizado) resistentes al calor, que hace tiempo se usan para equipos domésticos de calenta - miento y se emplean para muchas aplicaciones industriales. El término "resistente al calor" usado en este caso indi - ca también que habrá que hacer frente a grandes diferen - ciales en temperatura y choques térmicos. Los principales requisitos para capas de recubrimiento para altas tempe - raturas son; la protección del metal contra la oxidación y la resistencia a cambios térmicos rápidos.

La prolongación de la vida de un metal de aleación protegiéndolo con una capa sirve al mismo propósito que - el reducir el contenido de aleación del metal. Por lo - tanto se ha tratado de conseguir: (1) prolongar la vida - de los metales de aleación empleados actualmente; (2) - reducir el contenido de aleación del acero, y (3) usar - un acero que no lleve aleaciones de materiales que son - cada vez más escasos. También la reducción de costos es - un factor en estos trabajos.

La producción de capas para metales de aleación, - ha sido la base de los adelantos logrados por el Bureau

of Standards y la Solar Aircraft Company de Estados Unidos. Esta última compañía combinó sus esfuerzos con los de la Ferro Corporation. Las capas producidas por el Bureau of Standards son de alto contenido de cromo y se queman a 1875<sup>o</sup>. Son conocidas como la A417, que contiene berilio y la A418 que no lo contiene. La capa esta hecha con frita 332 especial, en un 70%, para la A418, con un 30% de óxido de cromo y el 5% de arcilla para suspensión. La aplicación a 0.001". Se requiere que el acero tenga suficiente rugosidad en la superficie, como la producida por una limpieza hecha con chorro de arena, para producir adherencia al metal.

El acabado identificado como "Solaramic" se aproxima más a un esmalte convencional ya que solo se le añaden frita, arcilla y electrolitos en la molienda y se le hacen además, pequeñas adiciones de óxido de cromo para facilitar su aplicación y mejorar su apariencia. Se produce un recubrimiento muy vidrioso. La Solaramic 5210-2C esta hecha con 100 partes de frita número 5210, 6 partes de arcilla, 2 partes de óxido de cromo y 3/16 partes de nitrato de potasio. Grueso de la capa 0.0010 a 0.0015". El quemado se hace a 1750<sup>o</sup>F. (la A418 se quema a 1875<sup>o</sup>F.) Este es un recubrimiento que tiene amplia aceptación.

Se están haciendo continuamente pruebas para adaptar el esmalte porcelanizado a nuevos usos. Además de su uso en la transportación aerea, estas capas se usan en la industria y se están probando para usarse en muchas otras aplicaciones industriales. Las capas antes mencionadas, como la Solaramic 5210-2C, se usa para proteger el acero ino

oxidable 321, a 1700<sup>o</sup>F y para prolongar su vida a temperaturas más altas. La capa protege previniendo la oxidación y la corrosión intergranular por materiales tales como el sulfuro en la atmósfera. Las capas pueden ser aplicadas sobre níquel cromado o aleaciones directas de cromo. Las capas que se aplican sobre aleaciones generalmente no dan buenos resultados al aplicarse sobre acero dulce.

Las capas para recubrir acero dulce ( un acero que no contiene materiales de aleación difíciles de conseguir) se han basado en fritas normales para capa base, con adiciones de alúmina calcinada. La más estandarizada de estas capas es la A-19 del Bureau of Standards. Es una combinación de fritas comerciales y adiciones que se usa para una gran variedad de artículos. Tiene una excelente resistencia a choques térmicos y protección para temperaturas hasta 1200<sup>o</sup>F. Se aplica a un espesor de 0.0025".

El acero se prepara por chorro de arena, seguido de un depósito de níquel. En algunos lotes de acero el picleo solo puede dar buenos resultados. La capa se hornea a 1580<sup>o</sup>-1600<sup>o</sup>F. Se usan algunas variaciones del tipo A-19 regular para fines especiales y pueden ajustarse a diferentes usos específicos. Se puede mejorar su resistencia al calor. Se han dedicado grandes esfuerzos a la protección del acero dulce y se han desarrollado diferentes recubrimientos para él. Las capas de Solaramic para acero dulce ofrecen posibilidades interesantes. Hasta ahora, según el desarrollo de estos trabajos, parece que la protección a temperaturas elevadas se consigue mejor con capas gruesas y vidriosas, en tanto que la resistencia a los choques térmicos quede ser mejor con capas delgadas que son porosas.

o de naturaleza cristalina. El hidrógeno en el acero puede causar "ampollado" en una capa vidriosa al ser calentado y enfriado repetidas veces, en tanto que una capa porosa, - permitirá que el hidrógeno escape. Los aceros de aleación no difunden el hidrógeno. Así es que uno de los principales problemas que presenta el acero dulce no necesita tomarse en consideración cuando se usa una aleación de tipo inoxidable. Un acero dulce o de aleación muy baja, que no difundiera el hidrógeno sería de gran ayuda en la producción de acero para esmaltado. La explicación del efecto del hidrógeno, está en el hecho de que el hidrógeno puede difundirse dentro del acero a temperaturas elevadas y quedar ahí atrapado al enfriarse. Al volver a calentarse, una parte del hidrógeno se difunde hacia afuera, antes de que la temperatura sea suficiente para que todo el hidrógeno permanezca en forma estable. El hidrógeno es producido -- por la reacción del hierro y el agua a altas temperaturas.

Los esmaltes porcelanizados son empleados para otros muchos fines, además de su uso en líneas de refrigeradores, lavadoras, fregaderos, sanitarios, muebles, utensilios de cocina, unidades para arquitectura, etc. Entre otros muchos usos interesantes por sus cualidades específicas, están los siguientes: recubrimientos para instalaciones marítimas, para evitar la corrosión por el agua salada; se producen en abundancia tanques para agua caliente, interiormente recubiertos con esmalte, de resistencia especial para el agua; se hacen excelentes pizarrones con tipos especiales de esmalte porcelanizado; se emplean tipos especiales de esmalte para proteger unidades de resistencia eléctrica; las bombas rociadoras para servicios agrícolas, se recubren interiormente con es-



malte porcelanizado para darles resistencia contra la abra  
sión producida por los sólidos en el agua; para carátulas -  
y discos marcadores también se usa el esmalte porcelanizado;  
se emplean recubrimientos de esmalte porcelanizado, especial  
mente resistentes a altas temperaturas para proteger siste-  
mas de extracción para máquinas de diferentes tipos; se usa  
también como material resistente al calor, para intercambiador  
es de calor, etc. etc.

C A P I T U L O V .

SECADO Y CEPILLADO .

1a. Parte. Secado.

2a. Parte. Cepillado.

## CAPITULO V .

### S E C A D O .

El secado apropiado del esmalte es muy importante, sin embargo es una operación generalmente llevada a cabo en forma imperfecta. Hasta hace relativamente poco se consideraba suficiente el proveer las condiciones de secado necesarias para favorecer la evaporación del agua de la capa de esmalte, sin tomar en consideración la forma en que esta evaporación se llevaba a cabo ni los diferentes resultados obtenidos. Ahora se sabe que el secado es responsable de muchas dificultades en procesos posteriores.

Fundamentalmente, el secado es el cambio del agua del estado líquido al gaseoso por el proceso de evaporación, y la remoción de este vapor de agua de la superficie del esmalte. Las moléculas de agua se evaporan de la superficie húmeda del esmalte formando una película de vapor muy ligera, que separa la superficie mojada del esmalte del aire. Esta película de vapor de agua es absorbida y llevada por el aire de los alrededores.

El calor aplicado para el secado ejecuta una triple acción: aumenta la tendencia de las moléculas de agua a separarse de la superficie mojada; aumenta la capacidad del aire circundante para llevarse el vapor de agua; y aumenta el flujo del agua líquida a través de los finos capilares de la capa de esmalte. La función del aire de los alrededores es únicamente de transportación. Lleva calor a las superficies esmaltadas y de ellas se lleva el vapor de agua, y como su capacidad de calor y su capacidad de vapor-

está limitada por su temperatura, su capacidad de transportación de calor y vapor puede ser aumentada solo por circulación. Desde luego que la circulación de aire 100% cargado de humedad, no importa lo rápida que sea, no tendría ningún efecto sobre el secado. Mientras la evaporación del agua se lleva a cabo en la superficie del esmalte, el agua contenida en la capa del esmalte es llevada a la superficie por flujo capilar. Así, al irse secando la superficie el agua de la parte inferior de la capa de esmalte se mueve hacia arriba tratando de igualar el contenido de humedad. Si la proporción de evaporación en la superficie es más rápida que la proporción en que el agua fluye hacia la superficie, el plano de evaporación se adentra en la capa del esmalte, encogiéndola y estirándola. Así pues, un secado apropiado requiere que la capa del esmalte mantenga un contenido de humedad uniforme a través de todo su espesor hasta que el proceso de secado esta terminado.

Cuando el secado del esmalte se hace al aire libre, se obtienen condiciones más o menos uniformes, pero un secado así es necesariamente lento y puede dar por resultado el enmohecimiento del hierro. Las necesidades de producción actualmente exigen un secado rápido, hasta donde sea posible sin ocasionar problemas o defectos. Para resolver esto, hay que controlar tres factores: la temperatura, la circulación de aire y la capacidad de vapor del aire. Asumiendo que estos tres factores puedan ser controlados en forma precisa, la proporción exacta de secado, que es la más rápida posible sin tendencias a defectos, es determinada por la velocidad a que fluya el agua hacia la super-

ficie del esmalte por acción capilar. La velocidad del flujo es influida tanto por el sistema capilar como por la temperatura del agua. Muy poco puede hacerse con respecto al sistema capilar ya que la finura de las partículas del esmalte es señalada por necesidades del acabado que son más importantes. Por lo anteriormente expuesto se puede inferir que para obtener la mejor proporción en el secado hay que aplicar calor suficiente a la capa de esmalte para subir la temperatura del agua tan rápidamente como sea posible, secando el agua de la superficie tan pronto como llegue a la superficie. Esto puede llevarse a cabo mejor por la circulación muy rápida de aire húmedo caliente. La circulación rápida del aire caliente lleva calor al esmalte, pero el aire caliente debe estar húmedo para que no haya un secado demasiado rápido a causa de la circulación rápida. El secado no puede ser llevado a cabo con aire extremadamente seco, ya que la parte superior del esmalte tiende a secarse, antes de que el agua en el nivel inferior ha llegado a la superficie. Si el secado es demasiado rápido se forma una costra dura sobre el esmalte, que impide la acción capilar, conocida como "endurecimiento de cubierta". Por lo tanto el vapor de agua no debe ser retirado de la superficie del esmalte a una velocidad mucho mayor de aquella con que llega a la superficie. Naturalmente esto hace necesario controlar el calor para expulsar el vapor, y controlar el movimiento del aire y la humedad para facilitar la remoción del vapor de agua.

Defectos Producidos por el Secado. Los defectos cau

sados por un secado inapropiado cubren un amplio límite.- Cuando el secado se lleva a cabo en forma lenta el metal se enmohece. El endurecimiento de cubierta ocurre cuando el secado es demasiado rápido y la capa de esmalte no ha podido secarse en todo su espesor, produciéndose desgarres sobre la superficie del esmalte parecidos a los que se producen sobre la superficie de un pozo de lodo que se seca en el sol. Si las piezas entran al horno antes de que el esmalte se seque suficientemente, también aparecen rasgaduras sobre la superficie del esmaltado. El defecto llamado "línea de costa" es causado por las sales solubles que se precipitan durante el proceso de secado. Se ha probado que cuando el secado se hace en forma muy rápida aumentan las tendencias de las "líneas de costa", especialmente cuando el aire tiene muy poca humedad, como en periodos breves de frío seco e intenso.

Secadores. Casi todos los defectos causados por el proceso de secado, son resultado de esfuerzos por acelerar el secado del esmalte y aun cuando se conocen las condiciones apropiadas para obtener un buen secado rápido, es un tanto difícil mantener y controlar estas condiciones en los secadores para esmalte. La mayor parte de los secadores se construyen en forma de cajas de calor. En plantas modernas se les han añadido ventiladores y transportadores para las piezas y se han instalado aislamientos para reducir la filtración del calor. En instalaciones recientes se han tomado medidas para controlar la humedad.

Hay cuartos secadores de tipo muy diferente. General

mente se les dan las dimensiones necesarias para dar cabida a toda la obra que sale de las casetas de rociado en varias horas. Las paredes son aisladas y construidas sólida y fuertemente para excluir polvo y suciedad; las puertas cierran perfectamente y son fáciles de operar. Cuando las piezas están secas, se apilan sobre enrejados que se cargan sobre carros pequeños o carretillas, para transportarlas. Si se usan secadores continuos, que generalmente son también de forma de caja, atravesados por transportadores, las piezas son colocadas en carritos que las llevan a través de la zona de secado, o pueden tener un transportador alto, en el que se cuelgan las piezas de ganchos. Si el transportador es de este último tipo, los rodillos deben ser lubricados con grasas especiales para altas temperaturas y hay que tomar las medidas necesarias para recoger las gotas que caigan. Se pueden colocar pequeñas vasijas debajo de los rodillos.

Cuando la producción es de piezas de forma idéntica se pueden diseñar transportadores especiales para manejarlas mejor y más rápidamente. Con frecuencia los transportadores llevan las piezas desde las casetas de rociado sin necesidad de manejo adicional. La velocidad del transportador es ajustable para mantener las condiciones apropiadas para el secado.

Cuando las piezas son rociadas en el mismo transportador que las lleva a través del secador, deben tomarse las precauciones necesarias para proteger todos los rodillos, soportes y demás partes de mayor uso de la acción cortante del esmalte seco y se pueden hacer a la vez,

los arregles necesarios para recuperar el esmalte que se adhiere al transportador en estos lugares. Actualmente hay secadores de muchos tipos. Unos tienen un sistema de monoriel que transporta carritos con piezas a través del secador. Otros tienen transportadores con ganchos, diseñados para llevar las piezas desde los tanques de inmersión para facilitar el drenado antes de que entren al secador. Estos aparatos al eliminar todo manejo extra, contribuyen a reducir los costos de la producción.

El método que se emplea para el calentamiento de los secadores no es determinado por el estilo de su construcción. Casi cualquier método de calentamiento puede ser usado con cualquier tipo de secador.

El calentamiento se lleva a cabo por radiación y convección. La radiación es obtenida por vapor o calor directo con quemadores o con una mufla, y el calentamiento por convección generalmente se obtiene por aire caliente forzado sobre las piezas por medio de ventiladores..

En los antiguos secadores las piezas se colocaban sobre mesas de vapor y el calor, sobre la parte posterior de las piezas, secaba el agua del esmalte. Esta era una buena forma para remover el agua, pero de manejo muy costoso, se desperdiciaba calor y se requería demasiado espacio.

El vapor es a menudo usado en calentadores de tipo aerificante con ventiladores o sopladores. Este método tiene la ventaja de proporcionar una buena circulación de aire caliente. Es superior al calor por radiación -



directa que proporcionan los serpentines de vapor. Si se tiene vapor disponible por las 24 horas del día, a presiones de 25 libras aproximadamente, se dispone de una muy buena fuente de calor para un secador.

Se pueden usar combustibles que se queman en una cámara de combustión, haciendo pasar aire sobre la cámara de combustión o alrededor de los tubos de extracción de los gases de combustión para transmitir el calor a las piezas. También puede usarse aceite en una mufla o en un intercambiador de calor, como una cámara de combustión de acero de aleación. El aceite es de bajo costo y relativamente limpio. A veces se quema gas directamente dentro del secador pero no es un método recomendable; si los quemadores están mal ajustados pueden arrojar hollín y los productos de la combustión pueden afectar el secador y el esmalte. Es preferible quemar el gas en un intercambiador de calor. El gas es un combustible muy limpio y se adapta muy bien para usarse en secadores.

Si se construyen recuperadores de calor en los cañones de las chimeneas se puede recuperar el calor desperdiciado de la operación de quema del esmalte para usarse para calentar los secadores. Se tendrá un método barato y eficiente de calentamiento que permite el uso del calor necesario para que los secadores trabajen rápidamente y que está disponible siempre que los hornos están trabajando.

Los aparatos recuperadores deben limpiarse a intervalos regulares, porque a veces se llenan de polvo. Esto puede hacerse duplicando la velocidad de los ventiladores

por unas pocas horas durante un periodo de cierre. Tambien hay que revisar los recuperadores a intervalos regulares - porque puede formarse hollin, por filtraciones, y después volarse sobre la superficie de las piezas esmaltadas, especialmente si se usa aceite.

La electricidad, por supuesto, es la fuente ideal de calor, donde es suficientemente barata para poder usarse. Puede ser manejada para radiación directa o paraventiladores que den aire a las unidades de calentamiento. Cuando se usan hornos continuos eléctricos hay que remover calor de la parte superior de las cadenas del transportador. En estos casos, este calor de desperdicio puede ser usado en los secadores.

El nuevo método de secado por inducción de calor es - una manera excelente de secar la capa de esmalte a través de todo su espesor.

Siempre al considerar el problema de calentamiento de secadores, hay que tener en cuenta que se les tiene que proporcionar calor suficiente para que operen a toda su capacidad. El aislamiento es un factor de importancia para que el secador conserve su calor. Usando paredes dobles de acero, en los lados y en la parte superior, rellenas con dos o tres pulgadas de lana mineral, se evita la filtración excesiva de calor.

En los secadores continuos las puertas deben de abrirse siguiendo un plan apropiado para ayudar a conservar el calor y permitir un mejor control de las condiciones del aire.

Ordinariamente no es necesario proveer medios artifi-

ciales para secar el aire en un secador, pero si es a menudo necesario, cuando el aire del exterior esta especialmente seco, proveer medios para aumentar su humedad. No hay reglas establecidas que determinen la humedad que debe haber en el secador, cada secador debe ser estudiado como un problema individual. Se recomienda usar termómetros de bulbo seco y húmedo para hacer determinaciones de humedad, y si es posible usar controles automáticos de humedad.

## CAPITULO V

### SEGUNDA PARTE .

#### C E P I L L A D O .

El cepillado es el proceso seguido para remover parte de la capa seca de esmalte, cortándola, frotándola o cepi llándola para quitarla y dejar expuesto el metal o la capa anterior de esmalte.

Hay diferentes razones para cepillar una parte de una capa de esmalte. Cuando se trata de capas base puede de - berse a que la orilla de un panel tiene un borde grueso de esmalte ocasionado por el drenado. Este borde pesado tie - ne que ser removido por cepillado y la capa base será en - tonces aplicada nuevamente en esa parte por rociado, a -- fin de obtener uniformidad en el espesor del esmalte. Al su mergir una pieza en un tanque con esmalte durante el proce so de inmersión, se le pueden depositar suciedades o peque ñas porciones de esmalte seco que forman granulaciones so - bre la superficie y que hay que frotarlas para hacerlas de saparecer, dejando la supe rficie uniforme. Aunque esta no es propiamente una operación de cepillado está encargada - a los que tienen a su cargo este proceso. Las capas blan - cas o de color, capas de cubierta, son removidas cuando se nota a través de ellas algún defecto de la capa base o del metal, o cuando la pieza no es suficientemente fuerte para que se le pueda aplicar otra capa, o en partes en que por - razones d e diseño debe quedar expuesta la capa anterior . Cuando las piezas son soldadas, a menudo es conveniente - cepillar un poco la capa blanca sobre la soldadura. La li

nea negra o el diseño que es producido no exagera la falta de uniformidad, de hecho en algunos casos, tal diseño mejora la apariencia de la superficie.

También se usa el cepillado para evitar quiebres en la capa de esmalte sobre una sección que está muy debil- para soportar las capas blancas o de color, como en el - caso de secciones que han sido ranuradas o dentadas o en pestañas separadas por perforaciones o muescas. Un buen- ejemplo se encuentra en las esquinas de piezas para cubrir el interior de refrigeradores. En general pocas de estas- piezas aguantan dos o tres capas en las esquinas sin que- se produzcan quiebres o astillados en la capa del esmalte por lo que casi todas son cepilladas en las cuatro esqui- nas. Cuando se juntan piezas, las orillas adyacentes ge- neralmente se cepillan en la última capa para que se pro- duzca el claro necesario para un buen ajuste. Cuando se usan cerraduras, generalmente hay que ensanchar las perfo- raciones en la última capa para evitar que el esmalte -- forme un borde alrededor del agujero y para ayudar a eli- minar el astillado del esmalte al ensamblar la pieza . A- menudo es necesario cepillar estas perforaciones, aun -- cuando se vayan a usar rondanas acojinadas.

Donde el cepillado se usa más es en la elaboración de placas con nombres y letreros en colores que se hacen a - base de eliminación de las capas, en los lugares en que es necesario, por cepillado.

El equipo usado para el cepillado es muy variado. Lo- más importante del equipo son los diferentes tipos de ce- pillos, que tienen un diseño especial según el trabajo a-

que se destinan , Los cepillos que se usan para superficies planas, como para placas con nombres, se usa un cepillo de dos por cuatro pulgadas; si se va a quitar una orilla angosta a lo largo de un panel, se usa un cepillo orillador. Estos cepillos orilladores vienen con guías metálicas que van contra la orilla del panel al mover el cepillo. Los agujeros para cerraduras, en piezas de lámina de acero, pueden ser ensanchados con un cepillo diseñado especialmente para este uso. Este cepillo tiene una guía de acero rodeada por cerdas y puede hacerse girar para remover una tira angosta de esmalte alrededor de la perforación. Las perforaciones de rosca en piezas de hierro fundido pueden ser limpiadas con cepillos para cañon de escopeta. Todos estos cepillos deben estar hechos de materiales de buena calidad.

Los mejores cepillos se hacen de cerdas chinas, negras duras y firmes. Estas cerdas son de pelo de cerdos semi-salvajes del norte de China, y son muy superiores a las cerdas del puerco doméstico; permanecen duras y rectas y no se ablandan por el cepillado, deben de ser fijadas con alambre en madera de arce. Los buenos cepillos resultan -- más económicos a la larga.

En talleres en que hay mucho trabajo de cepillado, esta operación puede ser llevada a cabo, con ventaja, usando una máquina cepilladora de rueda. Las ruedas deben tener cerdas de dos pulgadas de largo aproximadamente, y no más de 10 - pulgadas de diámetro. La velocidad debe ser de unas 550 - r.p.m. aunque si se emplea una técnica apropiada de manejo pueden usarse velocidades hasta de 900 r.p.m. Si la velocidad y el tamaño de las ruedas no es el apropiado pueden --

ocasionarse fracturas en el esmalte. Si se usan cuerdas suaves pueden aplastarse y ser causa de un cepillado disperejo.

Los cuchillos para raspar o cortar la capa seca de esmalte en el margen del cepillado se pueden hacer cortando - hojas de sierra en pedazos y afilándolos; estas cuchillas - hacen un corte limpio y son suficientemente fuertes para -- conservar sus filos. En talleres en que se hacen muchos cortes se usan conductores especiales o asas para sostener la -cuchilla cortante.

Cuando se necesita cepillar diseños especiales, hay que- usar patrones o modelos calados. Estos patrones pueden ser de acero, aluminio, zinc o latón, según el uso que se les - vaya a dar. Los patrones pesados deben estar forrados con -- fieltro , para reducir las marcas que pueden dejar sobre el esmalte y otros defectos debidos al cepillado.

Cuando se trata de piezas rectas que llevan cepillado - en areas pequeñas, es posible llevar a cabo esta operación- en el transportador del secador, pero si es bastante lo que hay que cepillar y especialmente cuando el cepillado produce mucho polvo como sucede cuando se usa la cepilladora de reda deben usarse mesas especiales. Para llevar a cabo la ope- ración del cepillado con mayor rapidez estas mesas deben es- tar equipadas con mesas para volteo o pedestales donde las- piezas puedan acomodarse y voltearse facilmente durante la- operación. Cuando se trabajan piezas de metal de poco espe- sor, se pueden hacer pedestales cuya parte superior se ajust e a la pieza, para que el manejo excesivo no produzca li- neas de pelo sobre su superficie esmaltada.

Para conservar las orillas de las piezas en perfectas-

condiciones, puede hacerse necesario usar pinzas especiales, u otras herramientas, para manejar la pieza al llevarla de la mesa de cepillado al transportador o a las barras en que se colocan para almacenarlas.

Los guantes de lona son necesarios para la operación del cepillado y los operadores deben usarlos para eliminar las marcas causadas por manos sudorosas. Los guantes se usan también para frotar las piezas. A menudo es más fácil remover el esmalte frotando que cepillando; para esto pueden emplearse guantes usados. Si los guantes se rompen al ser usados para frotar, pueden ser reforzados con tela adhesiva en los lugares de más uso.

Si hay que remover áreas muy grandes de esmalte, como cuando se limpian las barras de los transportadores y vasijas del taller de rociado, o se quitan capas completas -- de esmalte, se usan cuchillas anchas para desbastar o cilindros de goma para quebrar y apartar la capa de esmalte.

Cuando hay que ensanchar un gran número de perforaciones, se usan máquinas cepilladoras especiales para ese uso con las que se hace el cepillado de agujeros muy rápidamente.

Como regla general las piezas deben llevar una cantidad mínima de cepillado, a menos que tengan algún diseño decorativo, o cuando sea necesario cepillar alguna área especial por razones de diseño.

Solamente deben cepillarse aquellos puntos en que sea necesario para evitar que se produzcan astillados o quiebres en el esmaltado, o donde se necesitan claros. Las áreas más o menos grandes y los diferentes puntos que haya que -



cepillar, deben de ser deter inados para cada pieza, según - su forma. En piezas de orillas rectas con pestañas, a menudo - se cepillan unicamente las pestañas. Para esta operación no - se necesitan accesorios especiales y se hace rapidamente. Si - hay que cepillar la parte visible de la pieza a menudo se em - plean patrones especiales y el costo de la operación aumenta. - Los rincones de las esquinas de los compartimientos y cajas - para alimentos de refrigeradores, etc., se cepillan usando - cualquier diseño que se desee, lo importante es que la capa - de esmalte sea removida por completo en los lugares de unión - de las piezas. Este cepillado puede hacerse a lo largo de u - na linea angosta solamente o usar un diseño más amplio. En - estos compartimientos para alimentos, en tinas para máquinas - lavadoras, etc., generalmente hay que cepillar bordes enro - llados.

Cuando hay que cepillar piezas con soldaduras, solamen - te el area en que se ha fundido el metal al soldar debe ser - cepillada, porque es ahí donde pueden presentarse defectos. - Cuando las piezas son soldadas en su superficie visible, el - diseño del area cepillada debe ajustarse al diseño de la pie - za para que el cepillado contribuya a su buena apariencia a - la vez que la refuerza. El efecto decorativo de este tipo de - cepillado es muy importante porque a veces se hace necesario - cepillar algunas piezas, por problemas que se presentan en - superficies esmaltadas, en algun lugar que no tendría que - ser cepillado por razones del diseño de la pieza. El cepilla - do que se hace alrededor de perforaciones para cerraduras o - tornillos, por lo regular debe ser tan poco notable como sea - posible, pero en algunos casos la forma de la pieza hace ne -

cesario cepillar áreas más grandes o irregulares.

Operaciones de Cepillado. El cepillado en línea recta, a lo largo de las orillas de piezas planas rectangulares, - se hace usando cepillos orilladores con guías metálicas. Es- tos cepillos simplemente se llevan a lo largo de la orilla- de la pieza para remover el esmalte. En algunas ocasiones - se necesita cortar o raspar la capa seca del esmalte con - un instrumento cortante y después frotar hasta quitar el es- malte con el dedo enguantado o con cojincillos o fieltros - especiales.

Cuando hay que cepillar pestañas que no han recibido una aplicación demasiado pesada de esmalte, puede éste remo- verse de las orillas simplemente corriendo un guante alrede- dor de las pestañas o usando un pedazo de fieltro duro. Pa- ra remover capas gruesas de esmalte hay que usar cepillos a- chatados especiales. Las agarraderas y las pestañas de re- torno generalmente se cepillan hasta donde la pieza se une- a otras. Cuando por razones de diseño es necesario cepillar algún borde o relieve por lo regular se usan patrones espe- ciales, pero en algunos casos se puede remover el esmalte - seco simplemente con un pedazo de fieltro.

Las piezas pequeñas y también muchas piezas planas -- grandes pueden ser cepilladas con una cepilladora de rueda. Para esta operación se necesita usar patrones calados para- cubrir las partes en que el esmalte no se va a quitar de la

pieza, con buenas agarraderas para colocar bien este protector y sostenerlo en su lugar. Es absolutamente necesario - que el patrón quede firmemente sostenido, pues un pequeño - resbalón arruinaría la superficie del esmalte, o causaría - rasgaduras en las orillas. Como ya se dijo, el tamaño y velocidad de la rueda son muy importantes en este tipo de cepillado. Las perforaciones para cerraduras son cepilladas - con cepillos especiales para ese uso. Estos cepillos se -- centran en la perforación con una guía de acero que es a -- proximadamente 1/32 de pulgada más pequeña que la perforación, y giran alrededor para remover el esmalte; cuando se usa una máquina para ensanchar perforaciones hay que tener especial cuidado para que al entrar la guía en el agujero - no se golpee el esmalte. El asa debe ser sostenida de manera que quede a ángulos rectos con el panel, de otra manera el cepillado puede resultar de forma irregular. Los cepillos suaves tienden a achatarse y producir un cepillado desigual en la orilla alrededor del agujero.

Hay que remover bien el esmalte de los agujeros hechos con taladro en metal fundido, de no hacerlo será difícil hacer entrar los tornillos o cerraduras.

Defectos Ocasionados por el Cepillado. El defecto más común causado por el cepillado, es el de rasgaduras del esmalte a lo largo de las orillas cepilladas. Este defecto se debe, generalmente, a que la capa de esmalte fué aplicada muy gruesa, pero también puede ser debido al uso de cuchillas orilladoras sin filo o por una mala posición de la orilladora al hacer el corte. Si al ir a hacer el corte se ve que la - capa es demasiado gruesa, es mejor lavar la capa de esmalte-

hasta quitarla, y hacer que la pieza sea nuevamente rociada, que arriesgarse a quemarla y encontrarse después con una orilla con rasgaduras. Una vez que el esmalte se ha roto en fea forma a lo largo de una orilla cepillada. es casi imposible arreglar la superficie y aplicar una buena capa de reoperación.

Otro defecto debido al cepillado, pero menos serio, es el de arañazos que a veces resultan en el esmalte, a lo largo de las orillas cepilladas, causados por cerdas que se separan del resto. Esto sucede cuando se usan cepillos corrientes, pero puede llegar a ocurrir con cualquier cepillo, por lo que es conveniente remover las cerdas de las orillas del cepillo cuando se ve que empiezan a separarse, tocándolas, ligera y rápidamente, con una barra caliente.

Algunos defectos son causados por mal manejo de las piezas durante el cepillado, como marcas de alfiler y estrellas que resultan si las piezas se dejan caer sobre las clavijas de los pedestales para cepillado. Si los patrones no son bien fijados o se manejan descuidadamente, dejarán marcas sobre la capa de esmalte y será necesario lavar la pieza y volver a empezar, pues son defectos muy difíciles de corregir.

Las marcas de sudor y las marcas que dejan los guantes si están húmedos, también son causa de defectos. Durante los meses de calor es necesario estar secando los guantes frecuentemente. Las líneas de pelo, generalmente se deben a manejo inapropiado de las piezas durante el cepillado. Es conveniente forme parte del equipo para es

ta operación algún aparato que evite que los paneles se tuerzan mientras son cepillados, especialmente si su espesor es de medida 22 o más ligero.

Con frecuencia es necesario reforzar la capa seca que cubre la superficie del esmalte cuando la pieza va a ser cepillada. Para hacerlo se puede usar un poco más de arcilla o bentonita, o gomas en el esmalte. No siempre es posible añadir más arcilla porque hay otros factores que limitan su uso a un 6% - 8%, además al aumentar la cantidad de arcilla puede cambiar la consistencia (de la película) del esmalte, causando otras dificultades. La bentonita puede usarse para lograr los mismos fines, pero en cantidades mucho menores, generalmente 1/8%, además del 6 - 8% de arcilla. Usada en pequeñas cantidades no tiene mucho efecto sobre la ~~consistencia~~ del esmalte, pero si aumenta la fuerza de la película seca que cubre las superficies esmaltadas después de pasar por el secador, evitando rasgaduras y facilitando el manejo de la pieza y resultando menos arañazos por el cepillado y - marcándose menos los dedos . Sin embargo hay que tener mucho cuidado pues si se usa demasiada bentonita será - muy difícil remover el esmalte al cepillar las orillas. El uso de gomas para este fin puede ocasionar muchas dificultades.

Si el número de piezas cepilladas es grande, debe haber algún medio para remover el polvo del area de cepillado. Si se usan mesas de cepillado deben estar equipadas con un tiro en la parte inferior para extraer el - polvo. En plantas en que se hace una gran cantidad de - cepillado, generalmente se usan cepillos de succión; es-

Los cepillos tienen una lengüeta unida a la parte posterior para succionar y extraer el polvo a través del cepillo. Con estos sistemas se hacen arreglos para la recuperación del esmalte cepillado. Esto es especialmente necesario cuando se usan colores con óxidos caros. En algunos casos el esmalte recuperado cubre el costo de la operación.

El cepillado es un proceso indispensable en el esmalte porcelanizado, pero si es excesivo es indicio de un diseño mediocre. La operación del cepillado retarda muchas veces el movimiento del trabajo, que en muchas plantas ha llegado a ser un proceso casi continuo, y es además un tanto costosa. Por lo que la cantidad de cepillado debe mantenerse al mínimo compatible con un acabado de calidad.

En otras palabras, el cepillado es un proceso constructivo y necesario pero debe usarse cuidadosamente pues puede también ser una operación ruinosa si se lleva a extremos.

## C A P I T U L O VI .

### QUEMA DEL ESMALTE PORCELANIZADO.

- 1a. Parte. QUEMADO.
- 2a. Parte. HORNOS Y REFRACTARIOS.
- 3a. Parte. ATMOSFERA DEL HORNO.
- 4a. Parte. COMBUSTIBLES Y SU COMBUSTION.

## CAPITULO VI

### Q U E M A D O .

La operación de fundir una capa de esmalte porcelanizado sobre una superficie metálica, es llamada quemado o quema.- Esta operación es llevada a cabo en hornos de diferentes tipos. Los de tipo de mufla trabajan con aceite, gas o carbón de piedra; la electricidad es usada como fuente de calor en hornos de tipo directo, sin mufla; el gas se emplea también como combustible en hornos de tubos radiantes, que no necesitan mufla, algunas plantas usan hornos de gas o aceite - del tipo de semi-mufla y también se usan hornos sin mufla - con fuego intermitente o continuo.

Los hornos del tipo de mufla así como los calentados por electricidad pueden ser del tipo de caja, en los que solamente se puede quemar un lote de artículos cada vez; en los hornos de tipo continuo las piezas son introducidas dentro del horno en un punto y descargadas en otro, siendo continuamente alimentados con nuevas cargas.

Más adelante se hablará más extensamente sobre los diferentes tipos de hornos usados en la industria del porcelanizado, al tratar sobre el desarrollo de hornos y refractarios.

Al introducir las piezas dentro del horno deben de ser colocadas o colocadas en forma apropiada, de tal manera -- que no se deformen ni se tuerzan, usando las herramientas adecuadas hechas de materiales de aleación resistentes al calor. Estas herramientas deben ser del tipo resistente al escamado, para que no se produzca escamación que pueda vo -



larse e introducirse en el esmalte. El diseño de estas herramientas debe ser tal que las piezas puedan ser colocadas o colgadas de ellas sin deformarse, su peso también es de importancia, debe estar en una proporción más baja que el peso de los artículos que se están quemando, para que haya una buena eficiencia termal.

Es indispensable un control exacto de tiempo y temperatura durante el proceso del quemado para que éste sea uniforme y se logre un producto de alta calidad. Si falta ese control siempre habrá variedad en la apariencia y calidad de los artículos quemados y un aumento en el número de piezas echadas a perder. La temperatura del horno puede ser regulada por el uso de pirómetros exactos; vigilando estrechamente las lecturas del pirómetro se puede mantener la temperatura correcta. Además se puede acortar o prolongar la duración de los periodos de quemado para resolver los problemas que puedan presentarse por variaciones en la temperatura y hacer los ajustes necesarios en el tiro y quemadores, si se usa aceite o gas, a fin de mantener la temperatura correcta según las necesidades específicas en cada caso.

Los pirómetros e instrumentos de registro deben mantenerse en las mejores condiciones, haciéndolos inspeccionar frecuentemente por los agentes de los fabricantes encargados de dar ese servicio. Algunas veces aun cuando el instrumento este haciendo un registro correcto el pirómetro puede no indicar las verdaderas condiciones del fundido, debido a la colocación del termopar, al tipo de refractario usado, a la forma de la base del horno o a la clase de combustible que se este usando.

Para obtener una indicación mejor de la temperatura del horno el termopar del pirómetro debe colocarse dentro del horno de tal manera que su extremo quede dentro de la cámara de quemado tan adentro como sea posible y tan cerca de las piezas que se están horneando como resulte práctico. Debe de estar metido dentro de un tubo protector de paredes delgadas, de manera que el indicador registre los cambios de temperatura de inmediato, sin el retraso producido por un tubo de protección de paredes gruesas.

Algunas plantas usan una serie de conos pirométricos para checar las temperaturas reales de fundido dentro del horno contra las lecturas del pirómetro. Estos conos hechos de sales fundidas se colocan sobre pequeñas cucharas de porcelana y se introducen dentro del horno con los artículos que se van a quemar. Ahí se funden a la temperatura indicada en su propia envoltura y se puede por este medio checar la temperatura exacta dentro del horno en el punto en que se está llevando a cabo el quemado y la temperatura que indica el pirómetro. Los conos pueden obtenerse cubriendo un límite desde 1150°F. hasta 1800°F. a intervalos de 18°F.

A menudo los encargados de vigilar la quema de las piezas creen poder conocer solo por la vista, a través del agujero de la puerta del horno, que tanto tiempo han permanecido los artículos dentro del horno. Desde luego sería muy difícil, aún para un operador entrenado y de larga experiencia juzgar correctamente a simple vista, sin equivocarse, y así se dan casos frecuentes de cargas que no han sido quemadas hasta su debido punto o que se han quemado más allá de él.

Es de la mayor importancia usar un reloj que marque los

periodos de quemado. Los hay de varios tipos, operados algunos por electricidad que pueden montarse en algún lugar próximo al horno . Otros son operados por resorte y pueden moverse a cualquier lugar que sea conveniente . En toda planta moderna son indispensables para mantener el ciclo apropiado de quemado.

Ya sea que se use gas, aceite o electricidad como combustible para el horno esmaltador, la temperatura puede ser mantenida constante y regulada con el uso de un regulador automático de temperatura. Estos reguladores forman parte del equipo standard de los hornos continuos.

Quema de esmalte sobre hierro fundido. Los esmaltes para hierro fundido deben quemarse a una temperatura suficiente a proporcionar un fundido o quemado suave y a adquirir un buen brillo. Esta no es una regla invariable y en algunos casos especiales los requerimientos pueden variar. -- Por ejemplo una capa base sobre hierro fundido puede o no necesitar un acabado brillante.

La temperatura máxima y la duración del quemado dependerá de la naturaleza del esmalte, peso de la carga, tipo de horno y refractarios, diseño de las piezas y combustible -- que se use.

Si la temperatura usada es demasiado alta hay peligro de pasar los artículos de quemado, haciéndolos perder brillo y fuerza mecánica, especialmente si las piezas de hierro fundido son de espesor desigual, en cuyo caso las partes más delgadas absorberán el calor con mayor rapidez que las más gruesas en las que el quemado del esmalte será incompleto. Para cuando el esmalte aplicado sobre las secciones de más espesor del hierro fundido ha alcanzado un

brillo satisfactorio, el esmalte de las secciones delgadas se ha quemado.

Cuando un esmalte aplicado sobre hierro fundido es quemado a temperaturas demasiado altas o por demasiado tiempo, se obtendrá un buen brillo pero la superficie del esmalte se llenará de millares de pequeñas dentadas, semejantes a picaduras hechas con la punta de un alfiler, que se conocen con el nombre de "marcas de fuego".

Al quemar piezas de hierro fundido con grandes diferencias de espesor, como en el caso de piezas reforzadas -- con tirantes o que tienen agarraderas, se puede remediar la falta de uniformidad de calentamiento de la pieza, cuando se usa un horno de caja, removiéndola de la carga del horno por un minuto o más cuando el esmalte empiece a fundirse. Esto hará que las porciones delgadas del metal fundido se enfríen un poco, entanto que las porciones gruesas retendrán su calor y al volver a introducir las piezas dentro del horno -- pueden llegar a su punto de madurez al mismo tiempo. Esta situación se resuelve por sí misma en la mayoría de los casos cuando se emplean hornos de caja y la carga es excesivamente pesada, de dos o tres cubiertas, porque en estos casos el gran peso del hierro fundido y del equipo de herramientas para quemado que hay dentro del horno, hacen bajar su temperatura considerablemente y permiten que la carga "regrese" a su temperatura máxima en forma gradual y uniforme.

Casi todos los esmaltes aplicados sobre hierro fundido presentan cierta cantidad de ampollado al principiar a fundirse, pero más tarde estas ampollas se rompen y el esmalte fluye y se empareja la superficie antes de que se al-

cance la temperatura máxima, a menos que el hierro contenga impurezas que continuen saliendo al quemarse y no permitan que el ampollado se cierre. Es casi innecesario decir que la temperatura del horno no debe ser lo suficientemente alta para pasar de quemado el esmalte durante este periodo de tiempo en que las ampollas se están cerrando y el esmalte esta adquiriendo brillo.

Un esmalte que no ha sido quemado suficientemente se reconoce de inmediato por su falta de brillo completo, su apariencia grasosa y una capa llena de ampollitas que no llegaron a cerrarse.

Generalmente se dice que la primera capa de esmalte aplicada sobre hierro fundido debe recibir un quemado bastante fuerte, pero por supuesto, esto sólo significa que el esmalte debe quedar perfectamente quemado, pero no requemado. Cuando a un esmaltado de capa base le faltó quemado y presenta ampollado no es posible obtener un acabado de calidad al aplicar la capa siguiente, por lo que es preferible volver a quemarlo antes .

La calidad del rociado que se lleve a cabo será de la mayor importancia para la buena apariencia del acabado. Si el esmalte se aplica en capa muy delgada los artículos resultarán demasiado requemados en un periodo normal de quemado, y si se aplica en capas muy gruesas será difícil que quede bien quemado. Cuando el esmalte es rociado en capas demasiado pesadas tiende a ampollarse más durante la quemado que el que ha sido rociado a un espesor apropiado. Si el hierro fundido es bañado con una capa delgada o mediana que lo cubra uniformemente, sin aplicaciones desiguales de es -

malte se obtendrán mucho mejores resultados.

Si el hierro fundido no ha sido perfectamente limpiado por chorro de arena antes de aplicarle el esmalte, después de quemado aparecerán ampollas sobre la superficie del esmaltado. En algunos casos las ampollas se quemarán al quemar la segunda capa sobre la pieza y puede ser posible que la superficie quedebien cubierta, pero en la mayoría de los casos una limpieza a chorro mal hecha ocasionará defectos imposibles de cubrir. Las impurezas en el hierro, como escoria y otros materiales que se hayan incrustado tan hondo en el metal que no hayan podido ser removidos durante la limpieza por chorro de arena, serán también causa de ampollado sobre la superficie del esmalte.

Cuando se oye hablar del "regreso" o "recuperación" de un horno de caja, se refieren al tiempo que tarda el horno en volver a su punto máximo de temperatura después de que las piezas son introducidas en él. Es decir que si un horno ha alcanzado una temperatura de 1320°F y al introducir en él una carga de piezas de hierro fundido con baño de esmalte, la temperatura baja a 1200°F. y toma unos quince minutos para "regresar" a 1320°F, o sea para volver a recuperar la temperatura que tenía antes de recibir la carga, se dirá que el tiempo de recuperacion o regreso para ese horno es de quince minutos. Teóricamente, en los hornos tipo caja, el baño de esmalte aplicado sobre las piezas de hierro fundido, debería de estar en su punto de madurez, esto es listas las piezas para ser removidas, cuando el horno se recupera o vuelve a alcanzar su temperatura inicial, pero esto sólo sucederá si el horno tiene el debido tiempo de recuperación. Si un horno tiene una recuperación demasiado rápida el esmaltado puede salir con de

fectos. En términos generales, si el horno vuelve a alcanzar su punto máximo de temperatura o tiene una recuperación demasiado rápida, debe de proporcionársele menos calor a la mufla, y si es demasiado lenta debe de aumentarse el calor. Sin embargo es necesario tener en cuenta que cada horno toma un determinado tiempo para volver a su temperatura más alta después de haber introducido en él la carga, es decir que cada horno tiene su propio tiempo de recuperación o regreso. Este tiempo puede depender del material con que esta construida la mufla, del espesor de la mufla, del tipo de combustible, del tiro y de otras condiciones. De tal manera que si un horno tiene un tiempo de recuperación naturalmente rápido es muy posible que proporcionándole menos calor a la mufla dará por resultado una recuperación más lenta, pero solo temporalmente y hay que recurrir a otros expedientes para lograr que tenga la recuperación conveniente en forma permanente. Al substituir los refractarios, particularmente los de la parte inferior de la mufla, por otros de conductividad más alta o más baja, según sea el caso, se podrá lograr hacer más rápida o más lenta la recuperación. El peso de la carga introducida en el horno también afectará el tiempo de recuperación. Una carga de 400 libras de hierro fundido frío naturalmente hará bajar más la temperatura del horno al ser introducida en él, que otra de 200 libras, y habiendo bajado más la temperatura, tomará el horno más tiempo para recuperarse.

Un horno que tiene un regreso demasiado lento afectará naturalmente, la cantidad de la producción, pero por lo demás si la temperatura se recupera, no es frecuente que oca-

sione otras dificultades esa lentitud, pero un horno que tiene un regreso demasiado rápido si puede ocasionar serias dificultades porque en tales condiciones las secciones delgadas - del hierro no alcanzarán su punto de madurez al mismo tiempo que las gruesas y el resultado será un sobre- quemado como antes se dijo.

Al quemar piezas de hierro en un horno continuo, el metal pasa por un gradiente de temperatura en aumento y en esta forma tiene las mismas ventajas de un horno de caja de recuperación lenta.

Quema de Capa Base Sobre Lámina de Hierro. Generalmente se dice que el esmalte para capa base aplicado sobre láminas de hierro necesita un quemado alto y rápido, lo cual es cierto, pero no debe entenderse esto por un quemado a fuego demasiado alto porque puede producir los defectos conocidos como ampollado y agujeros de alfiler y el esmalte se puede reque- mar y desprenderse un poco, y sobre todo, puede causar deformaciones de la lámina de hierro. Una temperatura que queme una capa de esmalte aplicada sobre láminas de medidas 20 a 22- en unos tres o cuatro minutos puede considerarse suficiente- mente alta y rápida. Desde luego que el tiempo que realmente tome la quema, dependerá también, en parte, del peso del equipo para quemado (herramientas para colgar o colocar las piezas dentro del horno), así como del tipo de esmalte y del espesor del metal de las piezas.

En las capas base de color azul o negro azulado aplicadas sobre lámina de hierro, habrá un cambio definido en el color cuando el esmalte esté debidamente fundido. Este cambio -



de color es más notando las piezas se queman a las -  
temperaturas apropiadas que cuando se usan temperaturas más  
bajas. El esmalte también desarrolla una estructura física  
mejor, que lo hace más fuerte y resistente si es quemado a  
• su temperatura adecuada.

Cada esmalte para capa base, o cada combinación de es-  
malte para capa base, tiene su propia temperatura de horneado.  
En un principio se consideraba necesario quemar las capa  
pas base a 1600<sup>o</sup>F. para lograr una buena unión con el metal,  
pero la s nuevas capas base pueden quemarse hasta a 1530<sup>o</sup>F.  
y lograr una unión buena . Esta reducción en temperatura ha  
resuelto en gran parte el problema de piezas deformadas.

Problemas de los Hornos Continuos. Este problema de-  
deformación junto con el de "líneas de pelo" (defecto que a-  
parece en el esmalte indicado por líneas en forma de pelo),  
que son debidos a cambios en la forma de la pieza, es pro-  
bablemente el mayor problema que hay que afrontar al usar -  
hornos continuos. Las piezas deben ser diseñadas de tal mane  
ra que haya cierto margen para cambios en su forma o figura  
o el diseño debe ser tal que se eviten estos cambios de-  
forma que ocurren en este tipo de hornos.

Las piezas deben de estar sostenidas en forma apropia-  
da o colgadas de herramientas de aleaciones resistentes al-  
calor, cuando se encuentran dentro del horno, para evitar -  
deformaciones durante el quemado. Cuando la quema del esmalte  
se lleva a cabo en un horno de caja, las herramientas y -  
puntas para quemado, deben de ser calentadas antes de colo-  
car en ellas las piezas. Posteriormente se mencionaran los-  
defectos causados por las puntas frías. En el horno conti -

mo las herramientas usadas en el interior, se calientan en la zona de precalentamiento o por intercambio de calor con las piezas que van de salida, y así llegan a la temperatura de quema del esmalte al mismo tiempo que las piezas mismas que se están quemando, siempre que el peso de las herramientas no sea excesivo. Cuando se usan herramientas pesadas hechas de metal fundido, empleadas a veces en los hornos continuos grandes, es necesario pasar las herramientas por el horno una vez antes de cargarlas con las piezas. De esta manera alcanzan una alta temperatura y este calor dura hasta el siguiente viaje a través del horno. Si no se hace así, las piezas pueden resultar con partes insuficientemente quemadas en su parte alta o en los puntos próximos a las secciones pesadas de las herramientas.

Defectos de Capa Base. Todas las juntas de las locetas que forman la mufla del horno deben de estar perfectamente bien cerradas para que los gases o vapores del combustible no se filtren dentro de la mufla. Los productos gaseosos de una combustión incompleta que entran a la mufla a menudo causan dificultades serias en los esmaltados. Las capas base aplicadas sobre lámina de hierro tienen una apariencia clara de semi-brillo cuando reciben un quemado apropiado, pero si la atmósfera interior del horno esta llena de gas, la capa base tendrá un aspecto como de neblina o humo. Esta condición va a menudo acompañada de ampollas muy pequeñas en el esmalte, y algunas veces al siguiente día aparece también cierta cantidad de escamado sobre la superficie del esmalte. Escamado es el nombre que se da a peque-

ñas laminillas, parecidas a una escama de pescado, que se desprenden de las superficies esmaltadas.

Si el hierro no ha sido debidamente limpiado de toda sustancia grasosa, o las operaciones del picado y neutralizado no han sido llevadas a cabo en forma correcta, casi siempre se presentarán dificultades al aplicar la primera capa, o capa base, generalmente en forma de ampollado y pequeñas manchitas sin cubrir por las que se ve el acero como si la superficie tuviera pequeñas pecas. Estas manchitas son conocidas con el nombre de "cabezas de cobre". Este defecto también puede ser causado por exceso de humedad en la atmósfera del horno, lo que generalmente sucede cuando se quema la capa base estando húmeda. Algunos esmaltadores han podido corregir este defecto de cabezas de cobre, cuando se trabaja con un horno de tipo caja, abriendo ligeramente la puerta durante el quemado o soplando con un abanico el interior del horno entre una operación de quemado y otra. Sin embargo, cuando se trata de un horno continuo, no es fácil ajustar su atmósfera. Cuando este defecto se presenta en forma seria en un horno continuo, es necesario primero checar si las piezas están entrando al horno bien secas. Con los hornos eléctricos en que hay pocos cambios de atmósfera, es especialmente difícil determinar si el contenido de humedad que se ha acumulado en la atmósfera del horno ha sido el causante de la dificultad. El horno debe ser cuidadosamente soplado antes de introducir en él una nueva carga, si no se soluciona así la dificultad debe buscarse la causa en otra parte. Si en un horno continuo se presenta este defecto con cierta frecuencia, hay que tratar de darle alguna ventilación por la parte superior -

de la cadena del horno o en algún otro punto, a fin de que la atmósfera interior cambie lentamente de manera que se remueva la mayor parte de la humedad, pero sin permitir que el fluir continuo del aire a través del horno sea tan grande que disminuya su eficiencia termal.

Una pieza a la que se le ha aplicado una capa de esmalte y ha sido pasada de fuego al quemarla, puede ser reconocida fácilmente, sin tener en cuenta cual haya sido la causa de su quemado, por su acabado transparente y de un color ligeramente café verdoso en lugar del color ligeramente azul o azul verdoso que tiene la capa base normal generalmente. A la vez el esmalte aparecerá completamente desprendido en algunos pequeños lugares por el quemado, o por lo menos tan quemado que solamente quede una capa sumamente delgada sobre esos lugares. Naturalmente que estos defectos sobre la capa base ocasionarán problemas al tratar de aplicar la capa blanca cubierta, y en algunos casos se formará un escamado quemado conocido con el nombre de "shiners" o brillantitos. Este último defecto consiste en pequeñísimas partículas de esmalte que se desprenden dejando la superficie cubierta con pequeñas manchitas que vistas con luz reflejada parecen brillantitos. Las piezas que han recibido un quemado excesivo pueden a veces arreglarse dándoles un nuevo baño por inmersión, muy ligero, de esmalte para capa base, secándolas después y volviendo a quemarlas. Si en estos casos en que se trata de corregir piezas con el defecto antes mencionado de "shiners" se aplica la capa base por rociado puede dar mejores resultados pues se puede controlar mejor la aplicación para que quede muy delgada.

Cuando a un esmalte de capa base le faltó quemado es fácil reconocerlo ya que no toma su debido color. La falta de quemado puede deberse a haber permanecido las piezas - menos tiempo del necesario dentro del horno, a una temperatura de quemado demasiado baja o a que el esmalte fué aplicado en capa muy gruesa. Esta condición de falta de quemado puede ocasionar ampollado o hervor de la capa base a través de la capa de cubierta, al ser aplicada ésta, o el esmaltado puede presentar escamado antes de que se le aplique la capa de cubierta. El escamado causado por falta de quemado es fácil de reconocer porque es bastante más grande que el que se forma en superficies requemadas. (Este defecto conocido como escamado ocurre algunas veces en esmaltados sobre láminas de hierro o acero y consiste en pequeñísimas partículas que se desprenden y literalmente "saltan" de la capa quemada. El escamado es un defecto de capas base, pero a menudo no ocurre hasta que la capa de cubierta ha sido aplicada y quemada.) Todas las superficies esmaltadas que resultan con un quemado insuficiente deben volver a quemarse antes de aplicarles los esmaltes de capa de cubierta.

Si se le ha aplicado demasiado poco esmalte al metal, es decir si el esmalte para capa base estaba demasiado delgado al encontrarse en el tanque de inmersión, la superficie esmaltada puede requemarse fácilmente. Esta es una de las razones por las que es importante que el esmalte tenga una consistencia apropiada. Por otra parte si la lámina de hierro se cubre con una capa excesivamente pesada de esmalte, la pieza esmaltada aún recibiendo el quemado normal, -

resultará falta de quemado. En este caso se hara necesario prolongar el tiempo de quemado o talvez un requemado de todas las piezas que hayan recibido una aplicaci6n muy pesada en el ba1o por inmersi6n y que por lo mismo pueden presentar m1s adelante los defectos de ampollado, puntos negros o hervor de la capa base a trav1s de la capa de cubierta.

Quemado de Capa de Esmalte para Cubierta Aplicada Sobre L1mina de Hierro. Los esmaltes para capa de cubierta sobre l1mina de hierro se queman unos 50 o 100°F. m1s bajos que los esmaltes para capa base, por un periodo de tiempo que se considere necesario para producir un buen brillo y acabado en el esmaltado. Las capas de cubierta son generalmente m1s suaves, o se funden m1s facilmente que los esmaltes para capa base, y esta diferencia en la temperatura de quemado se ha considerado conveniente para prevenir reacciones qu1micas secundarias entre las dos capas de esmalte, que pueden dar por resultado defectos tales como ampollado, agujeros de alfiler, hervor u otros. Sin embargo en los 1ltimos a1os se han introducido mejoras que hacen posible que el esmalte para capa base sea m1s suave o fundible y que se pueda quemar a temperaturas m1s bajas, por lo que las diferencias de temperatura entre el quemado para capa base y capa de cubierta son ahora solo de unos veinte o cuarenta grados.

La mayor parte de los esmaltes para capa de cubierta sobre l1mina de hierro tienen un amplio l1mite de temperatura, es decir que hay una diferencia de 100°F aproximadamente entre la temperatura m1s baja a la cual se puede obtener un fundido satisfactorio del esmalte y la temperatura m1s alta a -

la cual puede ser quemado el esmalte con seguridad de no dañar materialmente el acabado.

Por lo tanto usando esmaltes para cubierta de un amplio límite de quemado, que producen superficies de buena textura a temperaturas más altas que las normales, es a menudo posible quemar la capa base y la capa de cubierta a la misma temperatura, especialmente si se usan hornos continuos, variando el tiempo de quemado - más prolongado para capa base que para capa de cubierta.

En hornos tipo caja la última capa de esmalte para cubierta es a menudo quemada a una temperatura aproximadamente 20° F más baja que la primera capa de cubierta, pero esta práctica es opcional, y en hornos continuos tanto la primera como la segunda capa de cubierta se queman generalmente a la misma temperatura. Es conveniente aclarar aquí que el aplicar dos capas de cubierta es poco frecuente ya que normalmente se emplean solamente una capa base y una de cubierta exceptuando superficies que requieren algún diseño artístico o para acabados de muy alta calidad.

Tiempo de Quemado. Al quemarse una capa de esmalte porcelanizado para cubierta no ocurren cambios de color como sucede al quemarse un esmalte para capa base, así que solo es necesario quemar el esmalte por el tiempo suficiente y a la temperatura adecuada, para que se funda hasta tener un buen brillo y una superficie tersa. Si el esmalte se quema a una temperatura demasiado alta, o por un periodo de tiempo demasiado largo, disminuirá el brillo y se llenará la superficie de la capa de "marcas de fuego". Es muy importante controlar el espesor de la capa de esmalte y la tempera-

tura de quemado para asegurar un quemado uniforme.

El tiempo requerido para quemar esmaltes para capas de cubierta, depende del tipo de esmalte, del espesor del metal sobre el cual está aplicado, del peso del equipo para quemado y de la duración del tiempo que permanece este equipo fuera del horno, entre una y otra carga. Ordinariamente una capa de cubierta sobre lámina de hierro puede quemarse en un minuto o minuto y medio, como tiempo mínimo, y dos y medio o tres minutos como máximo.

Cuando se queman esmaltes para capas de cubierta en hornos continuos es a veces necesario darles un periodo un poco más largo de tiempo que el que se les daría en un horno de caja. Este tiempo de quemado depende de la longitud de la cámara de quema dentro del horno. La velocidad de la cadena del transportador puede ajustarse para que las piezas tengan el tiempo debido dentro de la cámara de quemado. Este tiempo dentro de la cámara de quemado no es necesariamente el mismo que la pieza necesitaría al quemarse en un horno de caja. De hecho el tiempo de quemado para un esmalte de capa de cubierta en un horno continuo debe establecerse en forma definitiva para cada esmalte diferente y para cada diferente horno; debiéndose hacer cambios en este periodo de tiempo cuando algún cambio en las adiciones a la molienda o en el tipo de esmalte lo haga necesario.

En caso de que la capa final del esmaltado vaya a ser decorada con un acabado de grano, o algún diseño hecho con patrones calados, con diseños grabados o calcomanías, con viene dejar la capa de acabado ligeramente falta de quemado, haciéndolo así no habrá peligro de que el esmalte se requeme-



al tenerlo que quemar nuevamente para fijar el decorado.- Cuando ocurre que a las piezas quemadas en hornos de caja les falta algo de quemado es fácil remediarlo, pero si es to ocurre en hornos continuos es problema difícil de manejar, a menos que los artículos sean separados y quemados-solos después.

Antes se dijo que al quemar esmalte de capa base aplicado sobre lámina de hierro la atmósfera interior de la mufla del horno debía estar completamente libre de gases - que pudieran dañar el brillo y acabado del e smalte y es igualmente importante que el horno este libre de gases al quemarse la capa de cubierta. Si el horno contiene gases - el e smalte del acabado tendrá una apariencia neblinosa o - grasosa como algunos la llaman.

Cargando el Horno. Al hornear se pueden dañar tantas piezas por la falta de condiciones apropiadas de quemado - como por ser mal manejadas. Los trabajadores encargados - del manejo de las piezas deben ser advertidos acerca de la gran importancia que tiene el manejarlas con cuidado, depo sitándolas delicadamente sobre las puntas para quemado, - porque un manejo brusco dará por resultado fracturas en el esmaltado. Si se dejan caer las piezas con fuerza sobre -- las puntas para quemado pueden ocasionarse quiebres en el esmalte precisamente arriba de las puntas y dejar marcas - de "estrella" sobre el esmaltado.

Las piezas grandes, como estufas etc., deben siempre de manejarse con las dos manos porque al levantarlas con una mano se pueden combar. Este combado a menudo es causa de pequeñas grietas en el esmalte que aparecen como li-

neas de pelo" al quemarse la pieza. Debería ser regla inflexible en todas las plantas de esmaltado que las piezas con aplicaciones de esmalte que se encuentran ya secas, - se manejen con guantes de lona. Tolos los que se encargan de la carga y quemado deberían usarlos.

Cuando se queman piezas que tienen bordes o pestañas es conveniente dejar un espacio de dos o tres pulgadas entre las piezas. Si estas piezas se colocan demasiado juntas las pestañas no se quemarán en el mismo tiempo que el resto de la pieza y resultarán faltas de quemado. Esta quemado insuficiente de las pestañas, si se trata de capabase, puede ser causa de que la capa de cubierta resulte -- con el defecto de "lineas de pelo" o astillado. Es conveniente que al quemar piezas que tienen pestañas éstas queden hacia afuera de las puntas de quemado, en esta forma - las pestañas reciben suficiente calor para balancear el quemado con el resto de la pieza. Cuando se trata de piezas que tienen pestañas o bordes en todos sus lados, debe dejarse suficiente espacio entre una pieza y otra.

Al retirar de un horno de caja una carga de piezas quemadas, las herramientas debens er descargadas y vueltas a cargar tan pronto como sea posible, para que no pierdan demasiado calor. Si las puntas se enfrían demasiado antes de que se corran de regreso dentro del horno con otra carga de piezas, es posible que las puntas frías sean causa - de que queden partes con quemado insuficiente en los lugares adyacentes a ellas, que pueden ocasionar dificultades al aplicar capas posteriores, formando ampollas o "lineas de pelo"

El operario encargado del hornado debe ser extremadamente cuidadoso para que las piezas no reciban arañazos al retirarlas de las barras dentadas. Si el esmalte ya seco pero sin quemar todavía, recibe algún arañazo o cualquier otro daño, aparecerá muy acrecentado después de que el esmalte haya sido quemado. Por esta razón se deben dar instrucciones a los encargados del horno para que no se quemen piezas dañadas; tales piezas deben apartarse para ser lavadas y vueltas a esmaltar por rociado. Es mucho más difícil tratar de parchar y salvar alguna pieza que ha recibido daño y se quema así, que lavarla y volverla a rociar. También es importante que se quite todo el polvo que pueda haber sobre la superficie del esmalte antes de quemar las piezas, ya sea por medio de aire comprimido, o pasándoles por encima un sacudidor de lana; de otra manera ese polvo se fundirá dentro del esmalte y se verá igual o peor después de quemar la pieza. Así mismo hay que allanar cuidadosamente con las puntas de los dedos cualquier abultamiento del esmalte antes de quemar la pieza.

Espuma de sulfuro. Cuando se usa un combustible con un alto contenido de azufre en el horno, y la mufla tiene algunas grietas por donde su puedan introducir los productos de la combustión y tener contacto con las piezas, se formará sobre la superficie del esmalte un depósito blanco, llamado espuma de sulfuro (este defecto consiste en áreas de poco brillo sobre la superficie). Esta falla puede formarse sobre las piezas mientras se quema el esmalte, o puede aparecer sobre la superficie del esmalte un día o dos después de quemadas las piezas. Para evitar este defecto es necesario cerrar perfectamente todas las juntas y grietas de la mufla

para que el gas no pueda introducirse dentro de la cámara de quema, y usar un combustible con un contenido mínimo de azufre.

Los productos de la combustión incompleta al entrar a la cámara de la mufla, a menudo ocasionan pérdida de brillo o algún otro defecto en las superficies esmaltadas de las piezas.

Algunas veces las espumas de sulfuro provienen del contenido de azufre de algún óxido que se usó para dar color al esmalte. En tales casos es conveniente quemar primero los artículos que tengan esmalte con contenido de azufre y quemar aparte las piezas con esmalte de otros tipos.

Quemado de Esmaltes Para Simular Madera de Beta o Grano, Patrones Calados y Calcomanías. Como ya antes se dijo, todas las superficies esmaltadas que requieren algún diseño artístico no deben quemarse demasiado sino que es necesario dejar la capa de esmalte sobre la que se van a hacer diseños artísticos ligeramente falta de quemado, pues en esta forma el siguiente fuego que habrá que dar a la pieza para quemar el diseño de grano, calcomanías, etc., servirá para llevar a término el quemado del esmalte, ya que estas capas decorativas se queman justamente lo indispensable para que tengan el brillo y el acabado adecuados. Los acabados de grano y los diseños estampados están listos para ser quemados tan pronto como la impresión ha sido aplicada. También todos los diseños hechos con patrones calados se pueden quemar tan pronto como han sido secados y cepillados y los diseños de calcomanías se queman después de

que han sido debidamente secados y horneados. Cuando se ha usado encoladura, si las calcomanías no han sido cocidas en un horno hasta el punto en que el diseño se haya puesto café, es necesario que sean cocidas perfectamente usando las puntas para quemado, antes del quemado regular del esmalte. Esto se hace colocando las piezas con las calcomanías en las barras de punta del equipo interior -- del horno, e introduciéndolas en el horno por unos diez segundos, retirándolas en seguida y dejándolas enfriar ligeramente, repitiendo este proceso varias veces hasta que la encoladura esta bien cocida y tiene un color café oscuro o casi negro. Entonces pueden quemarse las piezas -- sin riesgo.

**Quema en Hornos Continuos.** Por lo general los hornos continuos tienen zonas de precalentamiento por las cuales pasan las piezas calentándose hasta un punto próximo al punto de madurez del esmalte, antes de entrar a la zona de quemado propiamente dicha. Aún sin que hubiera una zona de precalentamiento, las piezas que entran a un horno continuo, ya sea del tipo recto, de contra-flujo o de tipo U, absorben el calor de las piezas que van de salida y en esa forma reciben un calentamiento previo. Este intercambio de calor resulta ventajoso para la calidad del producto acabado y para la eficiencia termal del horno.

Es conveniente señalar que es diferente la operación del quemado del esmalte llevada a cabo en un horno continuo, de esta misma operación en un horno tipo caja. El uso del horno continuo plantea un tipo diferente de pro

blemas para la manufactura de piezas con esmaltado porcelanizado. En la mayoría de los hornos continuos las piezas son colgadas de transportadores altos, en vez de ser colocadas sobre enrejados, etc. y sostenidas por abajo. Esto ha dado por resultado problemas de piezas torcidas, que poco hay en los hornos tipo caja, pero en general el número de piezas que resultan torcidas es casi el mismo en ambos tipos de horno, por el cuidado que se tiene y las providencias que se han tomado para una colocación adecuada de las piezas dentro del horno, ya que es sabido que es sumamente difícil enderezar las piezas que se han deformado o torcido.

Al quemar piezas de hierro fundido en un horno continuo la temperatura de la zona de quemado es regulada para que el esmalte alcance su punto de madurez y el tiempo de quemado queda gobernado por la velocidad del transportador que lleva las piezas.

El uso de hornos continuos para quemar piezas con esmalte porcelanizado, da un resultado parecido al que se obtendría templándolas antes de quemarlas. Esta es una característica especialmente ventajosa para el quemado de piezas de hierro fundido, porque permite el uso de mayores variaciones en el grueso del metal. Es necesario chequear cuidadosa y constantemente el ciclo tiempo-temperatura de los hornos continuos cuando se están quemando piezas de hierro fundido.

Quema de esmalte porcelanizado aplicado sobre lámina de hierro, usando hornos continuos. - Al quemar piezas de lámina de hierro en un horno continuo, la temperatura de -

be mantenerse en el punto adecuado para el esmalte que se -  
esta quemando y la velocidad de la cadena o transportador -  
debe ajustarse para que las piezas permanezcan el tiempo ne  
cesario dentro de la zona de quemado. Los aparatos para con  
trol de temperatura de los hornos continuos operan de mane  
ra que la temperatura de quemado no pueda exceder el máximo  
al cual está puesto el regulador, pero no siempre pueden evi  
tar que baje más allá del ajuste deseado, ya que si los trans  
portadores se corren a demasiada velocidad o se sobrecargan-  
los soportes del horno por encima de la capacidad de quema -  
del horno es muy probable que haya una caída de temperatura.  
Si esto ocurre puede ser compensado disminuyendo la veloci -  
dad del transportador o aligerando la carga, según sea el ca  
so. Desde el punto de vista de la producción y costo por u-  
nidad de quemado resulta antieconómico cargar el transporta-  
dor con tan pocas piezas, que no se utilice toda la capaci -  
dad de quemado del horno y desde luego los costos de quemado  
pueden reducirse cargando el transportador tanto como sea po  
sible sin sacrificar se velocidad.

Con el fin de crear corrientes o circulación de aire en  
la zona de quema para una mejor distribución del calor y para  
lograr mejores resultados en el quemado, algunas veces se -  
cuelgan del transportador placas interceptoras de metales -  
resistentes al calor a intervalos de 20 a 30 pies . Para sa-  
ber si es necesario usar tales placas se debe hacer un estu-  
dio del tipo de piezas que se van a quemar y de las condicio  
nes mismas del horno.

Mantenimiento de Hornos Continuos. Es importante che  
car cuidadosamente la operación de un horno continuo. Todas

las partes mecánicamente operadas en un horno continuo deben de conservarse en tan buenas condiciones como sea posible. A intervalos regulares debenser inspeccionadas en cuanto a su estado de uso, para evitar todo lo que pueda interferir con una operación eficiente del horno, vigilando las piezas que puedan estar fuera de línea y raspen o maltraten la pared -- del tunel. Esto último es importante. Si los eslabones de la cadena del transportador o los ganchos de los cuales cuelgan las herramientas que se usan para la operación de quemado, rozan o raspan los ladrillos refractarios de la parte su perior del tunel del horno, caerá polvo de ladrillo sobre -- las piezas.

Es también muy importante que el pirómetro o equipo con trolador del horno continuo sea mantenido en condiciones de primera. Si hay alguna duda sobre lo que indican los pirómetros, debenser checados con un pirómetro óptico para hacer -- las correcciones del caso. Todos los hornos continuos deben -- tener puerta de acceso a la cámara de quemado, para que cualquier pieza que se caiga dentro del horno pueda ser removida sin necesidad de que baje la temperatura del horno. Estas -- piezas deben ser removidas a intervalos regulares, especialmente si tiende a haber un buen número d e ellas.

También es conveniente soplar el escamado de un horno con timo a intervalos regulares. Esta operación conviene hacerla inmediatamente después del cierre al terminar el trabajo de la semana; por ejemplo, los sábados por la tarde para que la atmósfera del horno tenga tiempo para aquietarse durante el fin de semana.

Los hornos continuos operados con combustible deben ce



rrarse a intervalos regulares para reparaciones a la mufla y paredes de los lados. Tratándose de industrias que tienen una temporada floja esta operación puede hacerse anualmente, durante esa temporada. Las locetas rotas deben ser repuestas y cualquier juntura abierta debe ser bien cerrada. Si esto se hace a intervalos regulares se evitarán filtraciones de gas.

En general los hornos continuos deben ser chequeados frecuentemente para descubrir cualquier falla del equipo mecánico y para mantenerlos en las mejores condiciones de trabajo en todo tiempo. Las pérdidas que puede ocasionar el trabajar con un equipo defectuoso en un horno continuo, serán mucho mayores que el costo de reposición de las partes en mal estado. Los operarios encargados del horno deben vigilar continuamente su horno y el equipo del horno para asegurarse de que está en perfectas condiciones de trabajo. El tenedor que se usa en los hornos de caja debe ser lubricado para que trabaje con un esfuerzo mínimo de manera que las cargas puedan meterse y sacarse del horno con suficiente rapidéz para evitar grandes pérdidas de calor.

Cualquier pieza esmaltada pequeña que accidentalmente se caiga de los soportes a la base del horno, debe ser removida para que no produzca escamado dentro de la cámara de quemado. La puerta de un horno de caja debe ser ajustada para que no roce sobre el frente, cuando así sucede, caen sobre las piezas esmaltadas pequeñas partículas de arcilla quemada del frente del horno o del forro de la puerta; estas partículas pueden llegar a echar a perder las piezas.

Las barras de punta o barras para quemado del tenedor, de

bende estar perfectamente alineadas para que no se lleguen a atorar en un costado del horno, si esto llegará a suceder podrían echarse a perder las piezas que sostienen.

#### Sugerencias Para los Horneros.

- 1 -No se olvide de ver el pirómetro.
- 2 -No queme piezas que no estén bañadas en forma apropiada.
- 3 -No queme piezas con arañazos
- 4 -no queme piezas contaminadas por aceite.
- 5 -No queme piezas con abultamientos sobre la superficie.
- 6 -No olvide quitar el polvo de las piezas. Si para ello usaire, asegúrese que esta seco.
- 7 -No toque el esmalte seco más de lo indispensable.
- 8 - No queme piezas a las que les ha caído gotas de sudor. Tenga a mano una toalla para enjugarse cara y manos para que no tengan humedad. El sudor manchará las piezas.
- 9 -No deje caer las piezas sobre las puntas para quemado o se les harán estrellas a las piezas esmaltadas.
- 10-No use una sola mano para colocar piezas grandes en las puntas para quemado.
- 11-No coloque las piezas demasiado juntas.
- 12-No deje que las piezas sobresalgan de las orillas de las puntas.
- 13-No levante demasiado alto la puerta del horno.
- 14-No mueva la puerta cuando hay piezas debajo de ella o puede caer alguna suciedad sobre el esmalte.
- 15-No corra la carga dentro del horno a una temperatura que no sea la adecuada.
- 16-No remueva las piezas de las puntas mientras aquellas están todavía muy calientes.
- 17-No deje caer las piezas sobre la mesa de enfriamiento.
- 18-No coloque las piezas calientes una sobre otra. sea
- 19-No apile las piezas una sobre otra a menos que/unliéndolas por las caras.
- 20-No maneje piezas acabadas sino lo indispensable.
- 21-No queme piezas de lámina de hierro sobre puntas para quemado que estén frías.
- 22- No apile las piezas en montones demasiado altos.
- 23- No use muy pocas puntas para quemado.
- 24- No queme piezas pequeñas de hierro fundido en barras, si puede usar alfileres para quemado para colgarlas.
- 25- No queme láminas de hierro de diferente espesor en la misma carga.

## HORNOS Y REFRACTARIOS .

El desarrollo y crecimiento de la industria del esmalte porcelanizado esta intimamente asociado con los adelantos en hornos y refractarios. Durante el último cuarto del siglo pasado los fabricantes americanos trajeron europeos a América para introducir la industria del porcelanizado. Los primeros hornos que se construyeron fueron del tipo de mufla completa, que quemaban carbón de piedra suave. Se empleo el tipo de mufla completa a fin de evitar que los productos de la combustion entraran en contacto con los artículos porque el azufre del carbón y los gases de la combustión incompleta que se producen al añadir carbón nuevo al fuego son perjudiciales para la calidad de los artículos. El fuego era mantenido en la parte trasera del horno y los gases calientes pasaban hacia adelante por abajo de la parte inferior de la mufla, después subían por los tubos de extracción que rodeaban la mufla y seguían a través de la parte superior de la mufla hasta salir por la chimenea. Estos gases calientes daban una porción de su calor a los ladrillos de barro cocido de la mufla, pasando entonces este calor al interior donde eran quemadas las piezas. El horno tipo caja tenía una puerta al frente que era levantada para introducir o retirar la carga. Las piezas se cargaban sobre enrejados o barras y eran introducidas en el horno por un tenedor que levantaba las barras con las piezas y las colocaba sobre cubiertas o barras en el fondo de la mufla. Después se reti-

raba el tenedor, se cerraba la puerta y el quemado de las piezas se observaba por un pequeño agujero que tenía la puerta del horno; al llegar el quemado del esmalte a su punto de madurez se abría la puerta y el tenedor removía la carga. Entonces se dejaba que las piezas se enfriaran lo suficiente para poder manejarlas con guantes y se descargaban de las barras que eran vueltas a cargar con piezas esmaltadas sin quemar.

Combustibles de Aceite y Gas. A principios del siglo XX el aceite y el gas fueron introducidos como combustibles. Por sus ventajas de limpieza y facilidad de manejo, y sobre todo porque introducían más calor dentro del horno, fueron aceptados rápidamente y se hizo posible un aumento substancial en la producción. El barro refractario era el único material disponible para cubrir el interior de las muflas y cámaras de combustión y el calor más intenso proporcionado por estos dos combustibles, materialmente reducía la vida de los refractarios. Al disponer de estos combustibles más limpios y mejores, se introdujo un nuevo tipo de horno tratando de superar los problemas de los hornos de caja. Este fue el horno de semi-mufla.

Hornos de Semi-Mufla. El horno de semi-mufla era similar en su diseño al de tipo de mufla completa, excepto por que fueron suprimidos el arco completo y una parte de las paredes de la mufla. La combustión completa era llevada a cabo debajo del fondo y los gases calientes subían por atrás de las cortas paredes de los lados de la mufla y eran dirigidos contra las paredes principales y el arco, dándoles una porción de su calor y después, pasando por encima de las piezas seguían hacia afuera a través de los tubos -

de extracción en el arco. En el horno de tipo de mufla completa, los gases de extracción eran necesariamente varios cientos de grados más altos en temperatura que la temperatura del interior de la cámara de quemado a causa de la baja conductividad de calor o alta resistencia termal de las secciones de gruesos ladrillos de arcilla refractaria de la mufla. Con el horno de semi-mufla no existían esas diferencias tan grandes en temperatura ya que los gases de extracción eran introducidos directamente dentro de la cámara de quemado, por encima de las piezas, y como los gases tenían contacto más directo con las piezas no era necesario forzar demasiado el horno y los refractarios duraban algo más. Este tipo de horno hizo más eficiente la utilización de los nuevos combustibles y aumentó la producción, pero el control de la atmósfera del horno ocasionaba problemas. El azufre de los combustibles y la combustión incompleta que había en ocasiones, eran perjudiciales a la calidad del acabado que era ya un factor importante.

Hornos de Quemado Intermitente. Los hornos de quemado intermitente fueron introducidos para proporcionar todas las ventajas del tipo de semi-mufla sin sus desventajas, usando los nuevos combustibles. La mufla fué eliminada totalmente y se colocaron quemadores directamente dentro de la cámara de quemado que operaban mientras ésta se encontraba vacía, calentando toda la masa interior del casco de ladrillos refractarios. Al ser alzada la puerta para recibir la carga, los quemadores se apagaban y con la puerta y el tiro de la chimenea abiertos, pronto se libraba la cámara de los gases de la combustión. Entonces se introducían los

artículos y el calor almacenado en el interior del casco era suficiente para quemarlos. Al sacar las piezas la puerta era cerrada y se encendían los quemadores para calentar el interior para una nueva carga. Estos hornos proporcionaban una condición atmosférica semejante al horno de mufla completa y las ventajas de rapidez y prolongación de vida de los refractarios del tipo de semi-mufla, pero era necesario introducir los artículos fríos dentro de la cámara de quemado a su más alta temperatura y después eran quemados en un ciclo reductor de temperatura. Esto ocasionaba que la delgada capa del esmalte llegara a su temperatura de fusión más pronto que la base de metal sobre la cual estaba aplicada, lo que alteraba ciertas cualidades físicamente deseables en las piezas terminadas. Para piezas de poco espesor, como ollas, vasijas y reflectores esta -- falta no era seria y algunos de estos hornos todavía están en uso.

Hornos de Mufla Completa. El horno de mufla completa, que quemaba aceite o gas, hubiera sido el horno deseado, considerando todas sus características, si se hubieran podido encontrar refractarios que soportaran las altas temperaturas. Las temperaturas de madurez del esmalte se habían reducido un poco pero no lo suficiente para que cesaran las dificultades con los refractarios y la industria quería continuar usando aceite y gas porque hacían posible el aumento en la producción, mejoraban la calidad de los artículos, facilitaban el control, eran fáciles de manejar y eliminaban la necesidad de paros para limpiar los tubos de la chimenea que era necesario hacer con los hornos de carbón de piedra.

Nuevos materiales refractarios. Con el desarrollo del proyecto de las Cataratas del Niágara para proporcionar fuerza motriz, el costo de la electricidad había bajado y estaba ya dentro de los límites de los usuarios de la industria. Con las altas temperaturas posibles con la electricidad se produjeron minerales artificiales de valor comercial. Al investigar los usos para estos minerales, teniendo en cuenta que eran producidos a temperaturas tan altas como  $4000^{\circ}\text{F.}$ , se consideró que podrían usarse como refractarios para altas temperaturas. Dos de estos productos de los hornos eléctricos, el carburo de silicón ( $\text{SiC}$ ) y la alúmina fundida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) resultaron ser particularmente adaptables para usarse como refractarios y se les llamó superrefractarios. Además de soportar temperaturas más altas por un periodo más prolongado de tiempo, se descubrió que ambos tenían mucho menos resistencia termal y mayor fuerza mecánica a altas temperaturas que la arcilla refractaria. Con ellos se podrían usar secciones más delgadas, lo que significaba una mayor transferencia de calor a través de las paredes de la mufla, con la misma temperatura en los gases de extracción de los hornos con mufla de arcilla refractaria, resultando así una mayor producción y economía en combustible. Posteriormente se usaron otros materiales refractarios como la Silimanita ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$ ) y los refractarios de caolin. El primero se usa para placas para mufla y herramientas para la cámara de quemado y el segundo se emplea en la cámara de combustión para cubiertas. Ambos tienen muchas de las cualidades de los super-refractarios.

Al disponer de estos nuevos refractarios se hicieron grandes mejoras en los hornos y la industria pronto se ocu-

po de producir equipo auxiliar para el manejo mecánico de la producción. Se introdujo el uso de diferentes equipos-mecánicos para cargar y descargar las piezas, tales como el doble tenedor para cargar el horno, movido por fuerza eléctrica y otras herramientas para usarse con los tenedores sencillos, que redujeron al mínimo el tiempo que las barras tienen que permanecer fuera del horno enfriándose.

Tan pronto como estuvieron disponibles se adoptó el uso de barras hechas de aleaciones de cromo niquelado, y se llevaron a cabo otras mejoras en diseño de herramientas para aumentar el tamaño de las cargas. Con las nuevas muflas más rápidas se hizo posible el uso de varias cubiertas, hechas de hierro fundido, para poder colocar mayor número de piezas dentro del horno. También las barras dentadas para colgar las piezas dentro del horno, aumentaron el tamaño de las cargas. Estas barras con ganchos para -- colgar piezas se usan en diferentes secciones de la planta y vinieron a contribuir al aumento de la producción.

Hornos Eléctricos. Hace unos 50 años, al hacerse posible el uso de la electricidad en la industria por su costo razonable, se introdujeron los hornos eléctricos en el campo del esmaltado porcelanizado. Aunque su costo de operación es más alto, su temperatura se controla con facilidad y exactitud, su calor es uniforme y están libres de contaminación por gases de combustión y tienen otras ventajas. Actualmente están en uso y al reducirse los costos de la fuerza eléctrica se ampliará su uso.

Hornos de Tubos Radiantes. Un desarrollo de gran importancia que ha tenido efectos de largo alcance en la industria, ha sido la aplicación de los tubos radiantes a los



hornos para esmaltado porcelanizado en unidades continuas y de caja. El combustible es quemado dentro de tubos de aleaciones, colocados a los lados y en la parte inferior del horno, remplazando la mufla convencional. Los tubos están adaptados para quemar cualquier combustible gaseoso y aceite. El quemador de difusión, aplicado a los tubos radiantes da una flama lenta sin turbulencia, en la que no es instantáneo el mezclado del combustible y el aire sino que tiene lugar a lo largo de cierta distancia. Este mezclado lento hace posible una combustión retardada. Los quemadores están equipados con pequeños pilotos de premezcla, con los que se asegura una combustión continua. El aire para la combustión es atmosférico al ser introducido dentro de los quemadores, alrededor de la entrada del combustible. La introducción de este aire atmosférico y del combustible se lleva a cabo por medio de eductores, colocados en el extremo de extracción de los tubos, o por medio de ventiladores cuando se usan tubos excesivamente largos. Con este método para extraer los gases de la combustión, la entrada del combustible y el aire es controlada fácil y exactamente por los eductores o extractores. El principio de combustión de los tubos radiantes elimina muchas de las características inconvenientes de la mufla porque los tubos son mantenidos bajo una presión negativa y cualquier posible contaminación por los gases de la combustión en la cámara de quemado, es eliminada. La entrada de aire para la combustión del quemador de difusión está alrededor del combustible, de manera que la combustión debe llevarse a cabo del interior hacia afuera. Con una-

entrada de aire apropiada el combustible debe estar quemado por completo al llegar a las paredes interiores de los tubos, y con un ligero exceso de aire se quema antes de -- llegar a estas paredes. Las paredes de los tubos están de esta manera protegidas de las temperaturas más altas en el punto de combustión y de la perjudicial acción abrasiva de la flama.

Afortunadamente en esta industria la temperatura máxima requerida es de 1600<sup>o</sup>F aproximadamente y las aleaciones standard de cromo-niquel la soportan muy bien. Las -- pruebas iniciales con tubería rolada no resultaron tan -- satisfactorias como las que se hicieron usando tubos de -- metal fundido, y los tubos de fundido centrifugo han resultado mejores que los fundidos en arena, aun cuando ambos tipos de fundidos son satisfactorios.

La aplicación del principio de extracción por medio de eductores, se presta muy bien para usarse en hornos de caja, porque pueden usarse tubos de horquilla, (tipo U). montando el quemador y el eductor en cada extremo, así el extremo del frente o curva queda entonces libre para dilatarse y contraerse. El tubo dilatado o secciones de codo ayudan a la lenta flama sin turbulencia a dar la vuelta -- alrededor de la curva de regreso y a la vez proporcionan radiación adicional en el frente, para compensar por las pérdidas de calor ocasionadas por la puerta.

En hornos continuos es conveniente colocar los tubos haciendo ondas a lo largo de la pared lateral para evitar que el calor se cargue en las orillas. Al salir -- los tubos de la cámara de combustión los gases en su inte

rior son todavía capaces de irradiar un calor considerable de manera que extendiéndolos a todo su largo en los pisos de la zona de pre-calentamiento, es posible aumentar su eficiencia. En estos casos, debido a la longitud de los tubos, es más fácil hacer su extracción por succión directa por ventiladores, porque el tirón necesario es mucho mayor que el que se puede hacer en forma eficaz, por medio de eductores.

Desventajas de la operación del horno de caja. El horno tipo caja, para esmaltado porcelanizado, había alcanzado un alto grado de refinamiento, pero algunas cosas esenciales no habían sido resueltas. Otras industrias ya habían aprendido que el costo de un producto y su calidad, son controlados, en gran parte, por el número de veces que es manejado. A pesar de todos los adelantos del horno de caja, no se había reducido la cantidad de manejo requerida para una pieza. La industria del porcelanizado se dió cuenta de que era necesario mejorar y controlar la calidad a un costo más bajo. Una forma para mejorar la calidad podía ser quemando y enfriando los artículos porcelanizados lentamente. En lugar de cargar el metal frío dentro de un horno a altas temperaturas, como era necesario hacerlo con los procedimientos que tenían que seguirse usando el horno de caja, se consideró que un método que calentara y enfriara el metal en forma lenta, reduciría a un mínimo las tendencias a deformación del acero, al templarlo. Tratándose de piezas de hierro fundido, este calentamiento lento, permitiría que las secciones gruesas se calentaran en forma uniforme con las secciones delgadas, de manera que el esmalte se fundiera -

en la misma forma. La necesidad de obtener estas características, así como la de una mayor producción en el mismo espacio de piso, y el deseo de rebajar los costos, llevaron a la búsqueda de un nuevo tipo de horno.

Hornos Circulares Semi-Continuos. Hace unos 40 años hicieron su aparición los hornos para esmaltado porcelanizado de tipo circular, semi-continuo, calentados por electricidad. Estos hornos eran o del tipo de techo ramurado o de-transportador de fogón. En el horno de techo abierto o ramurado el transportador quedaba por encima del techo del horno, con barras que se proyectaban desde el transportador hasta el interior de la zona de quemado. A estas barras se unían las herramientas apropiadas para sostener las piezas. En el horno con transportador de fogón, las piezas que iban a ser quemadas eran colocadas sobre un fogón gira-  
torio que viajaba a través de la zona de calentamiento del horno. Estos hornos circulares tenían una abertura en una sección, y por ella se cargaban y descargaban las piezas. Como esta carga y descarga se hacía tan próxima al calor intenso del interior, las condiciones de trabajo eran muy duras para el operador. Además había pérdidas termales de consideración y no se podían tener las ventajas de un templado apreciable, o sea de un pre-calentamiento y enfria miento de las piezas llevado a cabo en forma lenta. Sin em-  
bargo estos hornos tuvieron cierta aceptación, pero solo algunos están en uso actualmente por el alto costo de la electricidad y por sus desventajas,

Hornos Continuos Rectos. Al mismo tiempo se introdu-  
jeron los hornos continuos de tipo recto y de flujo en una

sola dirección. Este tipo de horno también adoptó el techo ranurado y el transportador de fogón de los hornos se mi-continuos. Su diseño era el de un tunel con la cámara de quema en la parte central y extensiones hacia ambos lados como zonas de pre-calentamiento y enfriamiento. Este tipo de horno se prestó fácilmente para el uso de gas o aceite, En el horno continuo recto de transportador de fo gón, viajaban cadenas sin fin llevando las piezas en posi ción horizontal de un extremo a otro. A la salida del tunel las cadenas daban vuelta sobre engranes y regresaban por la parte inferior del horno hasta el extremo de entra da, haciéndose la carga y descarga en extremos opuestos.- El defecto principal de estos hornos estaba en las cade - nas porque no había aleación de fuerza y durabilidad sufi ciente para aguantar el llevar una carga tan pesada a tem peraturas elevadas. Se hizo necesario el uso de barras -- auxiliares de metales de aleación para sostener en forma apropiada las piezas durante su quemado, y esto aumentó - la carga de las cadenas, estirándolas y rompiéndolas; ade más la eficiencia termica era baja debido al exceso de he - rramientas y a la corta longitud del horno y había además - el problema del regreso de las herramientas desde el extre mo de salida al de entrada mientras estaban todavía calien tes. Estos hornos resultaron apropiados para quemar pie - zas de poco peso y hay algunos en uso, pero no fueron acep tados para uso general en la industria del porcelanizado.

Horno Continuo de Flujo Simple ( en un solo sentido)

En el horno continuo recto, de techo ranurado, el medio - transportador se encuentra fuera del horno, arriba de las

ramuras del techo, con barras proyectadas hacia abajo, a través de las ramuras, para llevar las herramientas para colgar y las piezas, igual que en el horno continuo semi-circular. El medio de transporte es una cadena colocada en la parte superior, que después de salir por un extremo regresa por un costado del horno, facilitando así la carga y descarga en cualquier punto del viaje de regreso de la cadena por la parte exterior del horno.

Para proporcionar un medio para el calentamiento previo de las piezas antes de entrar a la zona de quema, los gases de extracción son llevados por debajo de la zona de pre-calentamiento, desde la cámara de quemado hasta una chimenea. En la zona de salida se lleva a cabo un enfriamiento lento confinando el calor de las piezas dentro de las paredes de la cámara, y así el enfriamiento se hace gradualmente entre el final de la cámara de quemado y la salida. También una porción de este calor de la zona de enfriamiento es regresado por ductos y ventiladores a la zona de pre-calentamiento, mejorando en esta forma su eficiencia térmica. A este horno se le llama horno continuo recto de flujo simple, porque después se construyó otro horno del mismo tipo llamado de contra flujo.

Este horno continuo de contra flujo tiene doble cámara de quemado, creada por una pared central longitudinal con diferentes temperaturas en cada cámara. También tiene dos ramuras que corren paralelas a lo largo del techo del horno. Dos transportadores de cadena, independientes,

colocados en la parte superior, se mueven en direcciones o puestas, con velocidades iguales o diferentes, características que hacen dos hornos de uno. Tiene una pared arqueada que divide las zonas de pre-calentamiento y enfriado y sostiene el techo entre las dos ramuras. Este tipo de horno continuo a contra-flujo tiene la gran ventaja de que - las piezas ya quemadas que van saliendo del horno, transmiten su calor a las piezas que empiezan su proceso, entrando por la zona de precalentamiento, y así la eficiencia - térmica es muy alta. Los gases de la combustión son extraídos por tubos que pasan por abajo de las zonas de pre-calentamiento y enfriado, igual que en el horno de flujo simple. El resultante es un horno continuo que elimina los defectos básicos del horno de caja, ahorra combustible y es lo más aproximado a una unidad satisfactoria para la industria.

Sin embargo tanto el horno recto de flujo simple como el de contraflujo tienen sus desventajas, difíciles de corregir. Las pérdidas de calor son altas, y con los dos extremos abiertos, hay corrientes de aire que pasan a todo lo largo del horno, ocasionando una distribución desigual del calor, de arriba a abajo y de la entrada a la salida, en la cámara de quemado. Se han usado cortinas para aire de varios tipos y aplicaciones mecánicas de placas interceptoras fijas y movibles, que disminuyen las corrientes de aire pero no eliminan por completo el problema. Además la cámara de quemado es prácticamente inaccesible - para sacar alguna pieza que se cae o para limpiarla o hacer reparaciones de momento, a menos que se haga un paro-

completo. Además estos hornos requieren mucho espacio - pues son muy largos y también necesitan atención en ambos extremos. Otra desventaja es la lentitud del transportador que reduce la cantidad de la producción ya que ésta es directamente proporcional a la velocidad del transportador. Puede remediarse esa lentitud alargando la cámara de quemado, pero sería necesario alargar todo el horno que ya resulta demasiado largo para la mayor parte de los talleres de porcelanizado. Otra manera de solucionar este problema es quemando a temperaturas más altas, pero a causa de la poca variación en velocidades del transportador no se puede garantizar el aumento en consumo de combustible y los costos de mantenimiento al operar a -- temperaturas más altas.

Horno Continuo o Tipo U. Para conservar todas las ventajas y superar las desventajas de los hornos continuos rectos, de techo ramurado, se concibió el horno continuo tipo U. Es también un tunel, pero cerrado en un extremo, con la cámara de quemado en ese extremo. Tiene una ramura a lo largo del techo, hacia un lado de la línea central del horno; esta ramura corre desde la entrada del horno -- hasta el fondo, pero justamente antes de llegar al extremo cerrado, da vuelta formando un arco semicircular de 180°, cruza la línea central del horno y regresa al extremo abierto, paralela a la ramura de entrada. Por esta ramura viaja una cadena transportadora, con barras y herramientas, igual a la de los hornos antes descritos; la entrada y salida de la carga se hace por un mismo extremo y las zonas de entrada y salida se combinan como una sola. Este horno



tiene grandes ventajas sin algunas de las desventajas de los anteriores. Con uno de sus extremos cerrado se reducen las corrientes de aire, el horno trabaja mejor y el calor se distribuye más uniformemente. El problema de limpieza y reparaciones rápidas se facilita porque tiene puertas para la limpieza en las paredes laterales de las zonas auxiliares combinadas y en la pared trasera de la cámara de quemado, siendo de esta manera fácilmente accesible cualquier zona interior del horno. Combinando las zonas auxiliares de precalentamiento y enfriamiento, la longitud del horno se reduce casi a la mitad, otra característica importante desde el punto de vista de la planeación de una planta. Al duplicar la longitud del transportador dentro de la cámara de quemado, se hace posible que la cadena viaje con mayor rapidez, aumentando así su capacidad, y teniendo un solo extremo, se elimina la necesidad de doble vigilancia. La cadena del transportador confinada a un solo extremo, se prolonga fuera del horno solamente lo indispensable para permitir la carga y descarga, y las herramientas, si es necesario, pueden ser regresadas al horno rápidamente sin haber perdido una gran parte del calor absorbido. La eficiencia térmica se aumenta bastante, ya que las áreas de radiación de las paredes y techo se reducen casi a la mitad, y las líneas que entran y salen llevando las piezas hacia adentro y hacia afuera, viajando paralelas, en direcciones opuestas, pero muy cerca una de otra y sin pared divisoria entre ellas, hacen posible la transferencia de calor de las piezas quemadas a las piezas sin quemar, que es directa y muy eficiente. Prolongando esta zona se aumenta la eficiencia ganada por esta

transferencia de calor y donde el espacio de piso lo permita puede ser extendida hasta un punto en que las piezas de salida esten suficientemente frías para poder ser manejadas y estar listas para continuar su proceso. Igual que en los hornos rectos, los gases de la combustión se extraen por ductos colocados en el piso de las zonas combinadas de pre-calentamiento y enfriamiento. Este horno tiene otra característica muy conveniente, es adaptable al uso de muflas de gas y aceite o puede calentarse por electricidad o por tubos radiantes.

Se han introducido diferentes modificaciones y adelantos en los hornos tipo U, pero se continúa usando la cámara de quemado cerrada, en un extremo, y el techo ramurado. También se le añadió una zona de pre-calentamiento y en enfriamiento al horno circular de techo ramurado antes mencionado, pero se encontraron dificultades mecánicas para llevar el transportador alrededor de numerosas curvas.

Horno Tipo giba. Otra modificación ha sido el horno tipo giba en el cual la cámara de quemado queda en alto y colocada en el extremo cerrado del horno tipo U, de tal manera que la parte inferior de la cámara queda por encima de la puerta de entrada y salida de las zonas de precalentamiento y enfriamiento. Este tipo fué adoptado unicamente para hornos eléctricos y ha reducido las pérdidas de calor debidas a corrientes de aire por convección a través del horno, aumentando así su eficiencia térmica. Esta elevación de la cámara de quemado ha sido también adoptada para los hornos rectos, que trabajan con electricidad, de flujo simple y de contra-flujo. Al elevar la zona de quemado se perdieron algunas de las ventajas del tipo U convencional, co

mo facilidad de limpieza y se presentaron dificultades de transporte por la necesidad de subir y bajar las piezas en el declive. Para conservar las ventajas del horno de cámara de quemado elevada sin sus desventajas, en las unidades planas de hornos continuos tipo U se instaló un circulador de aire en las zonas de pre-calentamiento y enfriamiento, y una cortina para aire en el frente del horno.

Herramientas Para Horno. Las herramientas usadas en los hornos continuos son de particular importancia. No solo deben llevar la mayor cantidad posible de piezas por pie lineal de transportador, sino que deben sostener las piezas en tal forma que se les eviten deformaciones a las piezas y a las herramientas mismas, deben de facilitar una carga y descarga rápida y manejar todas las piezas de diferentes diseños y formas de la producción de la planta.- Su peso debe mantenerse al mínimo, pero llenando las necesidades antes mencionadas, con el fin de conservar la eficiencia térmica del horno tan alta como sea posible .

Los adelantos en aleaciones resistentes al calor, fundidas y roladas, han mejorado los diseños de las herramientas de los hornos continuos, así como el horno mismo. Las secciones de peso extremadamente ligero de fundido de aleación, de que ahora se puede disponer, han hecho que se prefieran las herramientas de metal fundido por encima de las fabricadas con aleaciones roladas en muchos casos, pero ambas están en uso. Desafortunadamente no se ha encontrado ningún metal de aleación que no se escame algo al ser usado en hornos para esmaltado porcelanizado, y ese escamado es causa de defectos en los artículos esmaltados.

Los adelantos en diseño de hornos y el desarrollo de los hornos continuos, han sido factores de la mayor importancia en la industria del esmaltado porcelanizado. Las mejoras en equipo auxiliar para toda la planta y la adopción de procesos continuos, hecha posible por los hornos continuos, han logrado la realización de las dos miras principales: una mejor calidad y un menor costo.

No hay un diseño de horno que pueda llenar las necesidades de todas las plantas, pero las ventajas económicas de los hornos continuos son considerables, siempre que se usen los de diseño adecuado para el tamaño de la producción y se emplee el combustible apropiado. El antiguo concepto de que solo una gran producción garantizaba la inversión necesaria para emplear un horno continuo, ha dejado de ser válido, y ahora se usan hornos continuos de capacidades diferentes, equivalentes a de dos a diez hornos de caja.

### Operación y Mantenimiento. del Horno.

Las compañías constructoras de hornos proporcionan amplia información sobre la operación y mantenimiento de sus hornos. Los instructivos de operación deben ser seguidos cuidadosamente. Es extremadamente importante que el operador del horno conozca prácticamente los controles automáticos de temperatura y el equipo de seguridad. Solo así se obtendrán resultados satisfactorios - en la operación del horno y se ahorrará tiempo y gastos en caso de presentarse algún problema.

Cuando el combustible usado es gas, la operación de seguridad es más crítica que para hornos que usan otro tipo de combustible. Consecuentemente los equipos de control y seguridad para este combustible son más complejos. Estos equipos deben mantenerse perfectamente ajustados y en buenas condiciones, pero hay varias cosas que no pueden hacer, tales como la regulación de - compuertas, válvulas, quemadores, etc. Este trabajo compete al - operador y tiene tanta importancia como el funcionamiento correcto de los aparatos de control para una operación segura y eficiente del horno.

Es también importante siempre que se use gas como combustible que el operador sepa cómo ajustar los quemadores para asegurar una buena combustión. La seguridad y la operación económica de este combustible depende precisamente de una buena combustión.

El equipo debe mantenerse siempre en buenas condiciones y - repararse de inmediato cuando sea necesario. Las partes que requieren lubricación deben ser revisadas frecuentemente. Los instrumentos eléctricos, quemadores y controles deben mantenerse limpios, sin basuras ni polvo. Los quemadores deben revisarse diariamente para obtener una buena combustión y las compuertas deben - ser ajustadas correctamente. Es necesario seguir un programa re-

gular de mantenimiento rigurosamente, de esto depende una producción uniforme y constante y una vida segura y larga del equipo.

El operador deberá prestar una atención esmerada y continua a todo el equipo, un trabajo cuidadoso llevado a cabo por un operador competente es la mejor garantía de una operación segura.

Antes de arrancar un horno que quema gas es conveniente avisar a la Compañía de gas para que uno de sus representantes este presente cuando el horno sea puesto en operación por primera vez. Sus indicaciones pueden ser de mucha utilidad.

A continuación se enumeran las principales comprobaciones que deben hacerse antes de arrancar el horno.

1 - Comprobar la Presión de Gas del Horno. - El manómetro, generalmente instalado entre el regulador principal de gas y la válvula general, debe indicar la presión de operación dada en las características del horno suministradas por el fabricante.

2 - Comprobar el voltaje de la Línea. Este debe corresponder a las características indicadas en las placas de los motores y controleros. Un voltaje incorrecto puede causar daños muy serios.

3 - Comprobar la Lubricación de las Chumaceras del Ventilador y los Motores. - Ver las instrucciones del fabricante para información detallada.

4 - Comprobar la tensión y alineamiento de las bandas. Las bandas en una misma polea deben ser del mismo largo. Pequeñas diferencias en longitud se corregirán a sí mismas durante la operación, pero una diferencia mayor se corrige solamente reemplazando las bandas. La tensión de las bandas deberá ser lo suficientemente tirante para evitar que resbalen al arrancar el --

ventilador. Compruébese el alineamiento de las bandas.

5 - Arrancar los Ventiladores y Comprobar su Rotación. -La rotación de los ventiladores debe corresponder a la indicada - en las flechas del cuerpo del ventilador, si no, debe tener la rotación lógica. Hay que invertir las conexiones del motor - donde sea necesario.

6 - Comprobar los Interruptores del Flujo de Aire. - Com - probar que estén fijos y operen electricamente para cerrar o - abrir los contactos de mercurio al arrancar o parar los venti - ladores.

7 - Ajustar los Pirómetros. - El instructivo de los piróme - tros lo proporciona el fabricante. Hay que hacer los ajustes in - dicados. Es conveniente insertar estas instrucciones en el ma - nual de operación del horno proporcionado por el fabricante de - hornos, para referencias futuras.

8 - Revisar que los termopares y fusibles se encuentren - en sus respectivos lugares.

Nunca debe trabajarse un horno a una temperatura mayor de la indicada como temperatura máxima de operación de ese horno - en particular en las Características del Horno que proporciona el fabricante.

9 - Transportador. - La unidad motriz debe ser revisada en los siguientes puntos: Cadena motriz tensada, riel opresor de - bidamente ajustado, y nivel de aceite del reductor.

Las herramientas deben encontrarse en su posición normal.

Sistemas de Protección del Horno. Es necesario comprobar - que los sistemas de seguridad protejan el horno y apaguen el - sistema de combustión en los siguientes casos:

Falla de fluido eléctrico.  
Falla de suministro de gas.

Falla de aire de combustión  
Presión excesiva de gas.  
Temperatura excesiva del horno.

Los instructivos incluyen diagrama de tuberías y diagramas eléctricos.

Como antes se dijo las constructoras de hornos proporcionan un manual o instructivo de operación. A continuación se transcribe parte de uno de ellos.

Instructivo de Operación Para un Horno de Tubos Radiantes.

#### Características del Horno.

Tipo: Intermitente de tubos radiantes.

Capacidad instalada: .....

Temperatura Máxima de Operación: 860°C (1580°F.)

Combustible:

Presión de Trabajo: 1 libra por pulgada cuadrada.

Corriente Eléctrica: Fuerza:  
Control:

Aire Comprimido: 90 libras X pulgada cuadrada.

#### Comprobaciones que se Deben Efectuar Para una Operación Segura y Económica.

1 - Conocer el Sistema. Lea este manual cuidadosamente y siga las instrucciones y explicaciones. Conocer el sistema significa una operación libre de problemas, segura, continua y económica, que dependa principalmente del grado de comprensión del sistema y del empeño puesto para mantener todas las partes y componentes en buenas condiciones de operación.

2 - Lubricar Todas las Chumaceras y Superficies de Desgaste. Aplique los aceites y grasas apropiados para la lubricación adecuada de los baleros y superficies de desgaste. Las chumaceras de los ventiladores y motores deben ser lubricadas por lo menos una vez cada tres meses si el horno se trabaja 40 horas por semana. Aumentar la lubricación si las horas de trabajo semanal aumentan. Todos los mecanismos de operación de las puertas, cilindros, trolleys, guías y otras superficies de desgaste deben ser lubricadas según lo requieran.



3 - Comprobar la Tensión y Alineamiento de las Bandas. Esto debe hacerse frecuentemente durante los primeros meses de operación; posteriormente, cada vez que las chumaceras sean lubricadas. Al templar las bandas hay que tener cuidado de no desalinear las poleas, de otra manera el desgaste de las bandas y baleros será excesivo.

4 - Comprobar los Instrumentos de Control y Temperatura. Ajuste los instrumentos según las instrucciones del fabricante que vienen con cada instrumento. Inserte las instrucciones en este manual o fíjelas permanentemente al instrumento. Nunca trabaje este sistema a una temperatura en exceso de la indicada en las "Características del Horno".

5 - Comprobar los Controles de Seguridad. Esto debe hacerse periódicamente y nunca menos de una vez por mes. Compruebe la unidad de control de combustión, de interruptores de presión y cualquier otro sistema de seguridad instalado, para su ajuste adecuado y operación.

6 - Mantener el equipo limpio. - Limpie todos los filtros. La acumulación gradual de polvo disminuye el flujo del aire cuando se usan filtros. Los filtros pueden causar problemas por una operación inadecuada, como diferencias de temperatura en la cámara de trabajo, por reducción de la capacidad de calentamiento, producción, etc. Mantenga los mecanismos de operación de todos los equipos de seguridad limpios. No deje que la acumulación de polvo reduzca la velocidad de acción de estos controles. Mantenga los contactos eléctricos limpios. No bloquee el equipo. No permita que se almacenen materiales enfrente o contra el equipo.

7 - Proteger los Controles Contra el Calentamiento Excesivo. Esto es extremadamente delicado en una unidad de control de combustión; la válvula de seguridad, los motores de control y en general equipo que contenga relevadores o bobinas eléctricas, sistemas o contactos eléctricos delicados. Una temperatura mayor de 70°C puede afectar los contactos de tal manera que se destruya su aislamiento y pierdan su efectividad. Instale corazas para protegerlos de la radiación o enfríelos por medio de un ventilador.

8 - Mantener el Equipo en Condiciones de Operación. Haga las reparaciones inmediatamente. Si se retardan pueden resultar más costosas y ser causa de problemas.

9 - Establecer Programas de Mantenimiento y Verificación. Haga esto desde el principio y sígalos continuamente. Una cuidadosa operación y mantenimiento se paga con una continua y segura operación económica.

10 - Practicar la Seguridad. Tenga siempre presente que el gas puede ser un combustible extremadamente destructivo si se usa sin cuidado y sin precaución. Antes de efectuar cualquier acción que tenga que ver con ignición, regulación o ajuste de este combustible, esté seguro de --

"saber muy bien lo que va a hacer antes de hacerlo" Todos los ajustes de operación de su horno hágalos con cuidado, paciencia y buen juicio.

Secuencia de Encendido Inicial con Gas L. P.

10. Asegúrese de que todas las válvulas de gas, tanto de la línea principal como de los quemadores individuales, estén -- completamente cerradas.
20. Conecte el interruptor de 100 amp. en el tablero.
30. Conecte el interruptor de 30 amp. en el tablero.
40. Conecte el interruptor de palanca del instrumento controlador o indicador (potenciómetro).
50. Ponga la aguja de control del pirómetro a 0°C. de tal manera que el motor de control montado sobre la válvula de mariposa de 6", en la línea de aire de combustión, gire a la posición de "cerrado" o a la posición de flujo mínimo - (fuego bajo).
60. Abrase la válvula de mariposa de aire para pilotos, de 2" de diámetro que alimenta el cabezal de los pilotos. También ábrase todas las válvulas individuales de aire de cada piloto.
70. Abranse todas las válvulas de aire de 2" del sistema de quemadores.
80. Arranque el turboventilador de aire para combustión; el aire pasará a través de cada quemador por las líneas para aire de los pilotos y, en menor volumen, por las líneas de aire para combustión.
90. Abra las válvulas macho 6-A y 6-B del By-Pass del medidor de gas (fluviómetro Waukee).
100. Poner la escala para medición de gas L.P. en el medidor de gas.
110. Abrir lentamente la válvula macho de gas L.P.24-H.
120. Accionar los interruptores del tablero que controlan el sistema de encendido por medio de bujías, a la posición de encendido.
130. Abrir la válvula de compuerta para el aire de mezclado #25-I a la posición ya ajustada.
140. Abrir la válvula macho de gas "J"
150. Restablecer el switch de presión localizado en el final de la línea de "seguridad manual", para cerrar el cir-

cuito eléctrico.

16o. Abrir lentamente la válvula de seguridad 12-F en la línea principal de gas, por medio de la palanca. El gas-mezclado está ahora disponible en los mezcladores del sistema de combustión.

#### Encendido de Pilotos y Fuego Bajo.

17o. Abrir la válvula de gas de 1 1/2" "K", localizada a la salida del mezclador de gas para pilotos.

18o. Empezando con un par de quemadores al mismo tiempo, abrir la válvula de gas individual hacia los quemadores. El gas mezclado pasará entonces hacia los quemadores y será encendido por medio de las chispas de las bujías.

19o. Asegurarse de que se obtenga una flama estable en los pilotos, comprobando esto a través de la mirilla que se encuentra abajo de cada quemador.

#### Operación a Fuego Alto.

20o. Abrir la válvula macho #24-E.

21o. Abrir la válvula F.H. (Seguridad Manual) #8-G localizada inmediatamente antes del regulador atmosférico - #7218-4.

22o. Colocar la aguja de control del pirómetro de tal manera que indique mayor temperatura que la del interior del horno, ocasionando que automáticamente el motor de control gire y abra la válvula de mariposa del control, a la posición de abierto o a la máxima posición (fuego alto). Durante el encendido inicial la válvula de mariposa ha sido desconectada del motor de control, por lo que debe abrirse lentamente para dejar pasar mayor cantidad de aire hacia los quemadores. El aumento de presión del aire de combustión en el cabezal, hace que la línea de impulso abra el regulador atmosférico y deje pasar mayor cantidad de gas a los quemadores.

23o. Calentamiento del Horno.

Durante el calentamiento inicial la temperatura del horno deberá subirse a 150°C (300F.) y mantenerse durante las primeras 24 horas, de ahí en adelante se arrancará el transportador y la temperatura deberá elevarse a 125°C (250°F) cada día, hasta tener la temperatura de operación deseada.

24o. En calentamientos subsecuentes al encendido inicial el tiempo de elevación de la temperatura ambiente a la temperatura de operación, no deberá ser menor de 10 horas.

### Recomendaciones Para la Operacion del Horno sin Carga.

- 1.- Durante los días de trabajo de la semana el horno deberá mantenerse constantemente a su temperatura de operación.
- 2.- En los días de descanso de fin de semana, el horno deberá mantenerse a una temperatura de 650°C. como mínimo.
- 3.- Colóquese el interruptor selector al "ciclo de noche" y asegúrese de que todas las varillas removibles se hayan quitado del transportador. El transportador debe tenerse en operación lenta en cualquier tiempo cuando la temperatura del horno exceda de 300°C (600 F.)
- 4.- La aguja del control automático deberá colocarse a la temperatura de operación aproximadamente de dos a cuatro horas antes de empezar a trabajar el horno, después del fin de semana.

### Secuencia de Apagado del Horno.

- 1.- Cuando sea necesario apagar completamente el horno hasta que se enfríe, pare el motor del turboventilador de combustión; éste cerrará la válvula de reajuste manual de seguridad. Cierre las válvulas principales de la línea de gas.- Cierre todas las demás válvulas de gas de cada quemador.
- 2.- Pare el transportador cuando la temperatura haya bajado a 200°C. NO antes.
- 3.- Desconecte el pirómetro cuando el horno esté frío.

### Precauciones Durante la Operación del Horno.

- 1.- El pirómetro y termopar deberán ser verificados y comprobados cada mes con objeto de que las temperaturas sean exactas. Se sugiere que se arregle o contrate una visita de servicio para los instrumentos de control con alguna compañía de instrumentistas.
- 2.- El supervisor de cada turno deberá ser responsable de retirar todas las piezas que se hayan caído dentro del horno durante su turno. Debe evitarse al máximo que las piezas caigan dentro del horno.
3. - Revise y apriete las tuercas del transportador cada dos semanas. Reemplace o enderece cualquier barra de suspensión doblada, defectuosa o dañada.
- 4 - La herramienta del horno deberá ser cargada lo más uniformemente posible. Compruebe que la carga esté balanceada y que las piezas estén bien aseguradas con ganchos. Se recomienda usar como mínimo dos ganchos por cada pieza que se cuelgue. Las piezas grandes o pesadas deberán ser colgadas lo más cerca posible de las barras de suspensión.

5.- Revise los ganchos en forma de "S" con regularidad. Reemplácelos o enderécelos en caso de que se encuentren doblados o rotos. Si alguna pieza grande o pesada dobla el gancho, use mayor número de ganchos o alambre de calibre más grueso.

6.- En caso de que las barras de suspensión muestren alguna evidencia de rozaduras, revise el riel dentro del horno.

7.- En caso de efectuar alguna operación en el techo del -- horno, los trabajadores no deberán pararse sobre la parte refractaria del mismo, sino que deberán usar para pararse, los marcos estructurales de éste.

8.- Cepille la superficie y el fondo de las zapatas de acero una vez por semana con un cepillo de alambre.

ATMOSFERA DEL HORNO PARA QUEMAR  
ESMALTE PORCELANIZADO .

La calidad de un esmaltado porcelanizado depende del control adecuado de innumerables variables; entre ellas- la composición de la atmósfera del horno para la quema - de las capas de esmalte, y el gradiente de temperatura - durante el quemado, no son de las menos importantes. Cualquiera que tiene alguna experiencia en el esmaltado porcelanizado sabe que es indispensable conocer las condiciones de la atmósfera interior del horno, pero muy a menudo se toleran condiciones causantes de malos resultados- sin darles la importancia que merecen.

La atmósfera normal, en un taller de esmaltado, por volumen es :

2 - 3    por ciento vapor de agua.  
78 -79    por ciento nitrógeno  
19 -20    por ciento oxígeno  
vestigios de bióxido de carbono.

Esta composición es variable y es afectada por la humedad relativa, temperatura y presión. La proporción de 5:1 de nitrógeno-oxígeno, es más o menos constante, sin importar los cambios en el contenido de vapor de agua. El contenido de vapor de agua de la atmósfera de la zona de quema de un horno para esmaltado porcelanizado varía con el de la atmósfera del taller; los cambios en composición en el interior del horno, siguen los del exterior con algún retraso, según la cantidad de circulación y el número de cambios de aire por unidad de tiempo. Además de esta cantidad normal variable de vapor de agua en la atmósfera de

la zona de quema, se introduce cierta cantidad adicional con los artículos que se están quemando. Con una adición a la molienda de unas siete libras de arcilla seca por -- cien libras de frita en los esmaltes usados, se vaporiza aproximadamente una libra de agua dentro de la atmósfera de la zona de quema con cada cien libras de esmalte seco quemado. Si esta cantidad adicional de vapor de agua no es removida por medio de cambios de aire frecuentes y por la ventilación normal del horno, el contenido de vapor de agua dentro de la zona de quema puede llegar a exceder el 10% por volumen.

Además de bióxido de carbono, monóxido de carbono y bióxido de sulfuro, se forman grandes cantidades de vapor de agua durante la combustión del gas natural o gas L.P., del aceite combustible y de la hulla. En general se producen dos volúmenes de vapor de agua por cada volumen de - bióxido de carbono que se forma. Si a causa de grietas en la mufla de un horno prendido, se filtra una parte de los gases de extracción dentro de la atmósfera de la zona de quema, aumenta el contenido de vapor de agua y se agregan a la atmósfera del horno otros gases extraños. El azufre - contenido en el combustible se quema y pasa a ser gas de bióxido de sulfuro y la concentración de este gas aumenta directamente con el contenido de azufre del combustible.- Este contenido de bióxido de sulfuro puede venir de diferentes fuentes. Es peligroso usar aceites combustibles con un contenido de azufre por encima del 0.5%, particularmente si el horno tiene una mufla con grietas. El aceite para combustible que se usa en la industria del esmalte por celanizado debe tener un contenido de azufre por abajo --

del 0.5% . En el esmaltado artístico que imita el grano o veta de la madera, se aplica una tinta que generalmente se hace suspendiendo el óxido colorante para cerámica en un medio de aceite y trementina. Algunas veces estos aceites tienen un contenido anormalmente alto de azufre, o los óxidos de la pintura pueden tener una base de azufre. Cuando estos óxidos son aplicados a una superficie que después es horneada, primerose quema el aceite y después el óxido tiende a volatilizarse. Esta es una fuente potente de gas de bióxido de sulfuro y si el horno no esta bien ventilado, este gas puede ocasionar enseguida el defecto conocido como "espumado", o sea la formación de areas de poco brillo sobre la superficie del esmalte.

Los compuestos gaseosos de fluor son liberados debido a reacciones entre el esmalte y las adiciones a la molienda, o debido a la tensión del vapor en los componentes del esmalte a la temperatura de quema.

Se han llevado a cabo investigaciones de laboratorio con altas concentraciones de diferentes gases para determinar su efecto sobre muestras experimentales de esmalte. Se encontró que en una atmósfera completa de nitrógeno el esmalte se llenaba de ampollado y tenfa poca adherencia al metal. En una atmósfera de bióxido de carbono el esmalte se ampolla pero no en forma tan severa como sucede con el nitrógeno. También se ha demostrado que una presión reducida de composición atmosférica normal no tiene efectos perniciosos sobre una superficie porcelanizada. En una serie de experimentos de laboratorio se demostró que el bióxido de sulfuro tenfa efectos muy diferentes sobre los esmaltes. Todos



los esmaltes, incluyendo los de capa base y capa de cubierta son afectados por menos de noventa partes por millón de bióxido de sulfuro, y variando la composición de los esmaltes se ha encontrado que a algunos les afectan concentra-ciones tan bajas como cuarenta partes por millón. También se ha probado que la presencia de gas sin quemar o quemado solo en parte, durante la operación de quema es muy perjudicial para las superficies esmaltadas. Esta definitivamente probado que las altas concentraciones de bióxido de sulfuro, bióxido de carbono y nitrógeno ocasionan serios problemas.

Se han hecho pruebas durante periodos de operación-satisfactoria de los hornos y también en ocasiones en que el esmaltado resultaba con un ampollado excesivo u otros defectos atribuibles directamente a las condiciones de la atmósfera del horno al tiempo de la operación de quema de - las piezas. Durante periodos de alta humedad atmósferica los esmaltes aplicados sobre lámina de hierro, (capa base) con frecuencia presentan un ampollado serio y otro defecto producido por hervor de la capa base, defectos que disminuyen apreciablemente en periodos de baja humedad atmósferica. Los análisis hechos de la atmósfera del horno demues-tran que esos defectos se producen cuando hay un contenido apreciable de humedad en la zona de quema, y se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Un contenido de humedad del 10% por volúmen dentro de la zona de quemado generalmente ocasiona defectos tales como ampollado, "cabezas de cobre" y en general una mala textura en esmaltados por proceso húmedo.

Una concentración gaseosa de ácidos (bióxido de car

bono, óxidos de nitrógeno, fluoruros y fluoruros silíceos) en exceso de un 4% por volumen, dentro de la zona de quemado producen superficies de mala textura en esmaltes porcelanizados aplicados por proceso húmedo.

Los esmaltes aplicados sobre hierro fundido son más susceptibles a los gases extraños que los que se aplican sobre láminas de acero. Concentraciones tan bajas como el tres y medio por ciento de vapor de agua, y un medio de uno por ciento por volumen de gases de ácidos, pueden causar defectos serios de "ampollado" y "espumado" (un defecto que produce áreas de poco brillo.)

A continuación se copia un reporte típico que cubre un análisis de la atmósfera de una zona de quemado en un horno continuo.

T a b l a I.

Análisis de la Atmósfera de la Zona de Quemado.

Fecha	
Condiciones atmosféricas	Día claro, caluroso.
Temperatura	31°C
Humedad Relativa	47%
Presión Barométrica	746 mm.
Duración de la Prueba	10 horas.

---

Vapor de Agua.

Vapor de agua absorbido en un tubo de pentóxido de fósforo (peso)	0.7331 g.
Vapor de agua (temperatura y presión standard) (vol)	912 ml.

---

Bióxido de Carbono y Gases de Ácidos.

Bióxido de carbono y gases ácidos absorbidos por tubo de cal sodada. (peso)	0.1062 g.
Bióxido de carbono y gases ácidos calcuados como bióxido de carbono (presión, temperatura standard) (vol)	31 ml.

---

Muestra del gas después de pasar a través de absorbentes

Volúmen de la muestra en agua, después de pasar a través de los absorbentes anteriores.	20 litros
Muestra ( temp.)	32°C.
Tensión del vapor de agua a la temperatura indicada arriba.	
Presión corregida (barométrica minus tensión vapor )	35 mm.
Volúmen gas de la muestra anterior (temp. y presión standard)	711 mm.
	16.75 L.

Análisis de la muestra por Orsat:

Bióxido de carbón	4.0
Oxígeno	19.8
Nitrógeno	76.2

Volumen de muestra corregida para bióxido de carbono liberado de agua de pozo usada en botella colectora de gas 16.08 l.

Análisis de la Atmósfera de la Zona de Quema.

Vapor de agua.	Volúmen (litros)	Volúmen (%)
	0.91	5.47
Bióxido de carbono	0.03	0.17
Oxígeno	16.08	19.43
Nitrógeno		74.93
<b>Total</b>	<b>17.02</b>	<b>100.00</b>

Las condiciones atmosféricas y el gradiente de temperatura de la cámara de quemado, tienen una gran influencia sobre la calidad del esmaltado producido. Los defectos del esmalte conocidos como espumado, ampollado y en especial el de "cabezas de cobre", pueden ser causados por gases extraños, como los gases de ácidos volátiles del esmalte (fluoruros silícicos probablemente), bióxido de carbono proveniente de la mufla, a través de grietas, y vapor de agua que puede venir de piezas húmedas, de la arcilla, de una humedad excesiva y de hornos prendidos que tengan muflas agrietadas.

El defecto de cabezas de cobre no es causado siempre por contaminación de la atmósfera, sino que también puede presentarse cuando las superficies esmaltadas soportan temperaturas excesivas que se prolongan por un largo periodo de tiempo, antes de la fusión completa del esmalte de capa base, aun cuando las condiciones atmosféricas en la zona de quema sean enteramente normales.

## CAPITULO VI .

### QUEMA DEL ESMALTE PORCELANIZADO .

#### Cuarta Parte .

#### COMBUSTIBLES Y SU COMBUSTION.

En el proceso del esmaltado porcelanizado se emplean grandes cantidades de calor. En el departamento de picoleado es necesario para mantener las temperaturas requeridas en los tanques limpiadores, de enjuague, de picoleado y tanques de soluciones neutralizadoras, y también para el secador. En el taller de esmaltado hay que suministrar calor para el secador y para los hornos.

Es necesario un conocimiento completo de los diferentes combustibles, de los principios de combustión y de los costos para operar una producción máxima con un gasto mínimo de combustible.

Los combustibles comerciales son esencialmente hidrocarburos, compuestos de carbón de hidrógeno y oxígeno y pequeñas cantidades de compuestos de nitrógeno y azufre. Pueden ser gases, como el gas natural, gas L. P. (propano líquido), o hidrocarburos más largos, o bien combustibles líquidos como los aceites combustibles, o sólidos como el carbón de piedra y el coque.

El carbono del combustible al combinarse con el oxígeno forma monóxido de carbono y dióxido de carbono. Si hay suficiente oxígeno presente todo el carbono se transforma en dióxido de carbono, el monóxido solamente se forma si hay insuficiencia de oxígeno, esto es si existe una combustión

incompleta. El hidrógeno del combustible se combina con el oxígeno para formar vapor de agua y el azufre se combina con el oxígeno para formar gas de bióxido de azufre .

El calor producido por la combustión se mide en términos de calorías o como Unidades Termales Británicas. Una caloría es la cantidad de calor requerida para que un kilogramo de agua suba un grado Centígrado, en tanto que una unidad térmica inglesa es la cantidad de calor requerido para que una libra de agua suba un grado Ferenheit. Como el grado centígrado equivale a  $9/5$  o 1.8 veces el grado Ferenheit y un kilogramo es 2.2046 veces una libra, una caloría es equivalente en unidades Ferenheit a 1.8 veces 2.2046 o sea 3.968 B.T.U.

El valor de un combustible depende principalmente del costo por unidad de calor disponible. En la siguiente tabla se da una idea del valor calorífico de varios combustibles:

Combustible	Poder calórfico.		
Carbón de Antracita.....	12,000--	15,000	B.T.U./lb.
Carbon Bituminoso .....	12,000--	14,700	B.T.U./lb.
Petroleo .....	145,000--	155,000	B.T.U./gal.
Gas Natural .....	900--	1,100	B.T.U./cu.ft.
Gas artificial .....	450--	550	B.T.U./cu.ft.
Propano (Industrial).....		2,530	B.T.U./cu.ft.
Gas Productor.....	150--	200	B.T.U./cu.ft.

Aceites Combustibles. Los aceites combustibles pueden ser petroleo crudo natural, destilados ligeros, medianos o pesados, o aceites residuales pesados, subproductos de la destilación de la gasolina y destilados ligeros del aceite crudo. Los aceites combustibles comerciales están lejos de ser hidrocarburos simples, sino que son más o menos complejos y de estructura inestable. Generalmente es -

tán presentes en ellos pequeños glóbulos de agua, parafina y asfalto, junto con partículas de carbón libre y forman los sedimentos comúnmente llamados lodo. Este lodo siendo más pesado que el cuerpo del aceite, se asienta gradualmente en el fondo del tanque de almacenamiento.

Algunas de las ventajas de los combustibles de aceite sobre el carbón son en primer lugar costos más bajos de manejo y el requerir menos espacio para su almacenamiento, - considerando su valor por unidad de calor. Es también muy importante que al usarlos se obtiene una mayor eficiencia, ya que la combustión es más perfecta, además requieren menos exceso de aire y sus temperaturas son más constantes.- Como el humo es eliminado en gran parte las superficies que calientan se conservan más limpias. Los hornos para esmaltado que queman aceite pueden ser regulados instantaneamente para hacer frente a las diferentes necesidades calorífi cas y permiten un quemado mucho más rápido del esmalte que el que es posible con otros combustibles.

Los aceites combustibles se queman atomizándolos con aire y alimentando con esta mezcla atomizada de aire-aceite una cámara de combustión en la que se mantiene constante la temperatura de encendido de la mezcla aceite-aire, - con un suministro suficiente de aire para asegurar una combustión completa.

El equipo que se emplee para el quemado depende antetodo del aceite combustible que se vaya a usar, y a su vez el aceite combustible que se use, depende del equipo para quemado. Debe hacerse un balance entre el costo de la unidad de calor del combustible, y el costo, mantenimiento, y

conveniencia del equipo de quemado.

Con una atomización apropiada del aceite combustible se requiere muy poco exceso de aire para mantener una combustión completa y eficiente, en tanto que con una mala atomización las partículas del combustible pueden vagar a través de la cámara de combustión y subir por la chimenea aun cuando haya exceso de aire presente. Cuando esto sucede generalmente lo indica una lluvia o flujo de chispas dentro de la cámara de combustión, y representa no solo el material combustible sin quemar, sino también la pérdida del calor que fué necesario para quemar las partículas hasta un estado de inoandescencia.

**Almacenamiento de Aceites Combustibles.** Siendo los aceites combustibles tan ampliamente usados en la industria del esmaltado porcelanizado, es necesario considerar con algún detalle los métodos para su manejo y almacenamiento y el equipo que se requiere para su circulación y quemado. Es esencial al planear lo relativo al almacenamiento para aceites combustibles, contar con almacenes de capacidad suficiente para asegurar la operación constante y continua de la planta. La cantidad máxima de aceite que se emplee diariamente y el máximo de tiempo que sea necesario para recibir nuevos suministros de él, determinaran la capacidad de almacenamiento requerida. Es conveniente tener por lo menos dos tanques de 10,000 galones para que al vaciarse uno se pueda usar el otro mientras se vuelve a llenar el primero. Si hay dificultades para una entrega rápida, o el consumo lo requiere, pueden usarse varios tanques. Para facilitar la descarga de los carros tanque

T A B L A I .

Detalle de Requerimientos Para Aceites

Combustibles 1, 2 y 3 .

Grado	Punto de Destello		Agua y Sedimento máximo	Punto de Vaciado* máximo	Prueba de Destilación			Viscosidad máxima.
	Mínimo	Máximo			Punto 10%	Punto final máximo	90% punto, máximo	
No.1 (Un aceite destilado para usarse en quemadores que requieren un combustible volátil.)	110°F. o legal	165°F.	Por cien to. 0.05	15°F.	420°F	800°F	....	
No.2 (Un aceite destilado para usarse en quemadores que requieren un combustible moderadamente volátil.)	125°F. o legal	190°F	0.05	15°F.	440°F.	....	620°F	
No. 3 (Un aceite destilado para usarse en quemadores que requieren un combustible de viscosidad baja.)	150°F. o legal	200°F.	0.1	15°F.	460°F.	....	675°F.	Saybolt universal a 100°F. 55 segun - dos.

\*Los puntos de vaciado más bajos y más altos pueden especificarse cuando sea necesario para las condiciones de almacenamiento y uso. Sin embargo estas especificaciones no requerirán un punto de vaciado menor de 0°F. en ningún caso.



T A B L A II .

Detalle de las Condiciones Necesarias Para los  
Aceites Combustibles 4 5 y 6 .

Grado	Punto de Destello.		Agua y Sedimento	Punto de Viscosidad	
	Mínimo	Máximo	Máximo	Vaciado	máxima
	Por ciento				
No.4(Un aceite para u - sarse en quemadores que requieren combustible de viscosidad baja.)	150°F.	1*	1.0	2*	Saybolt universal a 100° F. 125 <u>segun</u> dos.
No.5 (Un aceite para - quemadores que permiten el uso de un combusti - ble de mediana viscosi - dad.)	150°F	.....	1.0	....	Saybolt <u>Paral</u> a 122° F. 100 segundos
No.6 (Un aceite para que madores que permiten el uso de un combustible de alta viscosidad.)	150°F.	.....	Agua Sedi - 3* 0.25	....	Saybolt <u>Fu - rol</u> a 122° F. 300 segundos

L\* - Cuando es necesario se puede especificar un punto máximo de destello, como por ejemplo, en quemadores de encendido automático. Sin embargo estas especificaciones no requerirán un punto máximo de destello menor de 250 F bajo ninguna condición.

2\* - El punto de vaciado puede ser especificado cuando sea necesario para las condiciones de almacenamiento y uso, pero estas especificaciones no requerirán un punto de vaciado inferior a 15° F. bajo ninguna condición.

3\* - El total del agua más sedimentos no excederá el 2.0 por ciento.

u otros carros de suministro debe haber conexiones de vapor para suministrarlo a los serpentines calentadores -- que llevan estos carros en su parte inferior, en invierno. También en la planta debe haber varios de estos serpentines de vapor para usarse en invierno cuando la temperatura es más baja que el punto de vaciado del grado de aceite que se usa . Los tanques de almacenamiento deben estar tan cerca del horno como sea conveniente; las líneas conductoras de aceite conviene tengan la menor longitud posible y el menor número de vueltas, giros y codos de radio corto, a finde que haya una pérdida mínima de presión debida a fricciones. Las líneas conductoras tienen filtros antes de llegar a las bombas y quemadores, para filtrar las partículas gruesas o cualquier otra substancia contaminante que pudiera dañar la bomba o tapar los quemadores.

Generalmente se usa un circuito cerrado para que el exceso de aceite pueda regresar a los tanques de almacenamiento, aunque hay instalaciones sin líneas de regreso. - Cuando se usan aceites pesados es necesario usar serpentines de vapor, u otro tipo de calentadores, para subir la temperatura del aceite y aumentar su fluidez. Siempre es conveniente que haya filtros y bombas dobles para que al estar limpiando o reparando uno de ellos se pueda usar el otro para mantener el flujo y la presión necesaria.

Molinos Para Aceite. El aceite combustible se sedimenta facilmente al permanecer en almacenamiento y se acumulan lodo y partículas gruesas de aceite en la parte inferior de los tanques. Si el aceite es bombeado así estacionamiento lodoso puede causar muchas dificultades. La lim -

pieza periódica de las acumulaciones en el fondo de los tanques requiere trabajo y representa una pérdida considerable de buen combustible. Para evitar cualquier dificultad causada por atascamiento de las válvulas y quemadores, y al mismo tiempo para aprovechar este combustible que se asienta en los tanques, muchas plantas usan molinos para aceite. Colocándolos en la línea conductora de aceite, entre la bomba de presión y los hornos, como lo recomiendan los fabricantes, muelen, pulverizan y mezclan el aceite - al pasar en dirección al quemador. En algunas plantas prefieren colocar el molino para aceite entre la bomba de -- presión y el tanque abastecedor. El aceite molido es terso y fluye libremente proporcionando un fuego constante y facil de controlar. Así pues el molino para aceite hace posible el aprovechamiento de todo el aceite, mantiene el - tanque limpio y asegura mejores resultados en el horno. - Una vez instalado en la línea de aceite no requiere aten - ción sino ocasionalmente un engrasado del motor. El molino puede hacerse trabajar continuamente, o solo cuando el - aceite del tanque ha sido removido y están siendo bombea - das partículas gruesas a través del sistema. Su costo de - operación es bajo y puede echarse a andar o pararse sin - interferir con el flujo de aceite en las líneas de circu - lación. En sistemas en que se opera con un molino debe a - gitarse muy bien el aceite de los tanques, por lo menos - una o dos veces por semana. Se puede emplear para ello aire comprimido, usando un pedazo de tubo unido a una man - guera, o puede arreglarse un aditamento para uso permanente

te con un tubo corto de 1 1/2 pulgada al que se le hacen a gujeros de 1/8 de pulgada por todos lados y se coloca sobre el fondo del tanque y se conecta con la línea de la compresora. Usando un molino para aceite, éste tendrá siempre la misma consistencia de flujo libre.

Quemadores de Aceite. Los quemadores de aceite pueden dividirse en tres grupos, de aire, de vapor y mecánicos. -- Los quemadores mecánicos son máquinas que atomizan el aceite combustible por medio de fuerza centrífuga. Los quemadores de aire y vapor atomizan el aceite y producen una mezcla fina de aire o vapor y aceite dentro de la cámara de -- combustión. Estos quemadores de vapor y aire demuelen o atomizan el aceite combustible ya sea en el interior o afuera de la boquilla del quemador. Algunos quemadores atomizan parcialmente el aceite en el interior y después terminan la atomización por medio de un contacto accesorio de vapor o aire en la boquilla del quemador.

Los quemadores de baja presión de aire permiten el uso de velocidades bajas de flama. La presión de aire para quemadores de aceite generalmente es proporcionada por ventiladores operados por fuerza centrífuga, que suministran aire a una presión constante, cuyo volumen depende del tamño y capacidad de los ventiladores. Se requieren de 12 a 15 onzas de presión en el ventilador para aceites ligeros destilados, en tanto que los aceites combustibles pesados necesitan de 20 a 25 onzas de presión de aire. En un quemador-típico de baja presión el pasaje del aceite es recto y suministra aceite en proporción al tamaño del orificio y la presión ejercida sobre la línea de aceite. El quemador está diseñado para desarrollar un movimiento de rotación en forma-

de remolino para dividir el aire haciéndolo pasar cortando la corriente del aceite, atomizándolo el aceite y mezclándose con el aceite atomizado. El resto del aire pasa a través del quemador por fuera de la cabeza de rociado y por dentro a través de un ajuste, cortando a través del rociado de ai re y aceite, causando un nuevo rompimiento o atomización - del aceite. Se puede ajustar la cantidad de aire para esta segunda atomización. Los puertos ajustables permiten controlar la cantidad de aire secundario que es introducido - en la cámara de combustión por tiro natural. Con este tipo de quemador el largo de la flama puede ajustarse aumentando o disminuyendo la distancia entre la salida del aceite y la boquilla del quemador.

Algunas de las características esenciales de un buen quemador de baja presión son:

1 - La atomización debe ser completada cerca de la boquilla del quemador.

2 - Si se usa aceite pesado no debe haber orificios pequeños o tubos que puedan atascarse.

3 - Pocas piezas y de construcción simple.

4 - Que se puedan separar fácilmente para inspección y limpieza.

5 - Suficientemente fuertes para soportar un uso pesado o descuidado.

6 - Suficientemente adaptables para poder regularlos desde el máximo hasta 50% o menos.

7 - Todas las variaciones de volumen y longitud de flama deben emplear una presión máxima de aire en la boquilla

del quemador u orificio de descarga.

8 - Medios para asegurar firmemente el quemador al horno.

9 - El cuerpo del quemador debe ser suficientemente largo para que haga el efecto de cámara de presión, asegurando así una presión máxima dentro de la boquilla de descarga o salida.

10 - Largo de flama y control de volúmen con medios para indicar facilmente la capacidad de operación relativa del quemador cuando está en operación.

Por mucho tiempo se consideró que las válvulas de aguja eran el mejor medio para regular el flujo del aceite. Una de las desventajas de las válvulas de aguja es que al estar parcialmente abiertas no son sino una pequeña abertura concentríca que aumenta o disminuye de tamaño con la sección transversal de la aguja a la entrada o salida de la válvula, y los aceites que contienen lodo pueden tapar la válvula. Hay un tipo de válvula que resuelve la objeción anterior. En ella el área seccionaria transversal de flujo del aceite es controlada por medio de dos placas "V" dentadas, que se juntan o separan según se necesita, aumentando así o disminuyendo las dimensiones de un cuadrado. Con este tipo de válvula pueden pasar partículas de sedimentos de mucho mayor tamaño, sin taparla, con cualquier presión o proporción de flujo.

Al quemar aceite combustible éste es atomizado primero por el aire que es inyectado con él para formar una mezola de partículas finas de aceite y aire. Cuando esta mezola es elevada a una temperatura a la cual parte del aceite se volatiliza y se caliente lo suficiente para prender, la combustión es rápida y explosiva. El calor de esta reacción ayuda a mantene

la temperatura adecuada de ignición para el resto del aceite. La cantidad de aire necesaria para sostener y mantener la combustión, esta definitivamente relacionada con el porcentaje y clase de material combustible presente en la combustión. El usar muy poco aire da por resultado pérdidas de combustible y calor y una cantidad excesiva de aire también ocasiona serias pérdidas de calor.

Aire para la Combustión. Una regla simple a seguir cuando se queman combustibles de aceite, es proporcionar 30 veces lo que se consume de aceite combustible en galones por hora, en pies cúbicos de aire por minuto. De esta manera se necesitan 1800 pies cúbicos de aire por hora por cada galón de combustible usado, esto incluye el aire auxiliar, así como el aire suministrado por los ventiladores. En esta forma se mantendrá el exceso de aire a un mínimo con aceites combustibles que tengan un poder calorífico de, aproximadamente, --- 150,000 B.T.U. por galón. Con combustibles de poder calorífico o más alto o más bajo aumentará o disminuirá la cantidad de aire requerida.

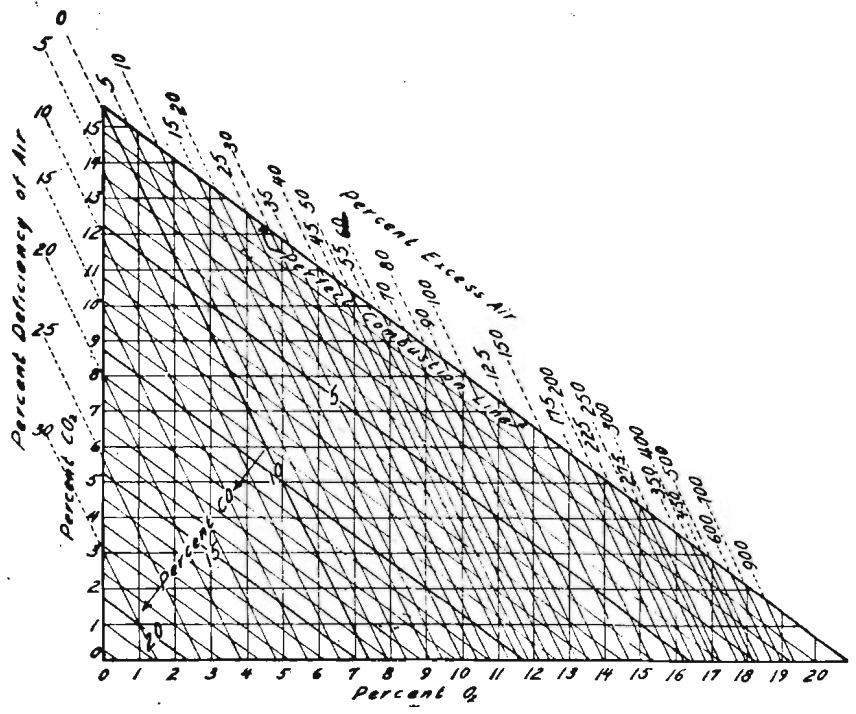
Para obtener una eficiencia máxima de calor, el aceite debe ser completamente atomizado y debe quemarse con un ligero exceso de aire. La atomización del aceite solamente puede ser mantenida a su mayor eficiencia conservando limpias todas las piezas del quemador y evitando que los materiales que tapan y producen obstrucciones lleguen a los quemadores por medio de filtros colocados en la línea del aceite. Solamente se deben usar los combustibles para los que el quemador esta acondicionado y hay que emplear la presión apropiada de aire recomendada por el fabricante de los quemadores.

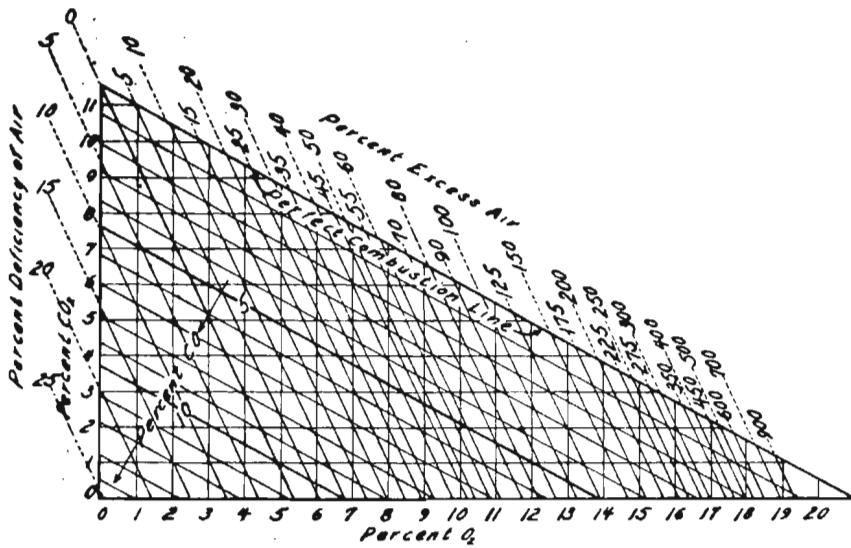
En una cámara de combustión en que se esta llevando a -  
cabo una combustión perfecta el carbono del combustible se -  
combina con el oxígeno del aire para formar gas de bióxido -  
de carbono. Los compuestos de carbono del hidrógeno se oxidan  
formando gas de bióxido de carbono y vapor de agua. El azu -  
fre se oxida formando gas de bióxido de azufre. Como resulta  
do los gases presentes en la cámara de combustión son el bió -  
xido de carbono, vapor de agua, bióxido de azufre y nitróge -  
no. El nitrógeno es el gas inerte que forma el 79% del aire -  
que entró originalmente al horno. Si se usa un exceso de ai -  
re los gases del horno contendrán oxígeno y una mayor canti -  
dad de nitrógeno de la que está presente cuando tiene lugar -  
una combustión completa sin exceso de aire. El contenido de -  
gas de bióxido de carbono será menor. Si a causa de una can -  
tidad insuficiente de aire la combustión no es completa, en -  
tonces los gases del horno contendrán cantidades variables -  
de monóxido de carbono que es producido por la oxidación par -  
cial del carbono o compuestos de carbono en el combustible.-  
El monóxido de carbono es combustible y si se forma y se de -  
ja ir por la chimenea, representa calor potencial que podría  
haberse usado.

Si los quemadores no están permitiendo que se lleve a ca -  
bo una atomización apropiada del aceite combustible, o si por  
alguna razón la combustión es incompleta, aun cuando esté --  
presente un exceso de aire, los gases de extracción conten -  
drán monóxido de carbono, bióxido de carbono y nitrógeno así  
como el oxígeno que no fué usado.

Por lo anterior se deduce que es de gran ayuda para --







mantener una combustión eficiente, el conocer la composición de los gases que hay dentro del horno. Este conocimiento puede darlo un análisis Orsat de esos gases. Hay cartas, como las cartas "Oswald", que indican la cantidad de exceso o deficiencia de aire que hay dentro de un horno cuando son conocidos los contenidos de oxígeno, bióxido de carbono y monóxido de carbono. Estas cartas también muestran las pérdidas de combustible debidas a insuficiencia de aire, y la disminución en eficiencia debida a diferentes cantidades de exceso de aire (Fig. 1 - 2 - y - 3 ). En la primera Carta para aceite combustible, las líneas horizontales representan cantidades en aumento de bióxido de carbono y las líneas verticales representan cantidades en aumento de oxígeno, leyendo de izquierda a derecha, en tanto que las líneas diagonales representan cantidades en aumento de monóxido de carbono, con una lectura de cero en monóxido de carbono a lo largo de toda la línea de la combustión completa, a 20 por ciento de monóxido de carbono en la esquina inferior izquierda. La intersección de las tres líneas que representa las cantidades de estos gases encontrados en el horno, da un punto desde el cual la línea diagonal puede continuarse hasta la orilla exterior de la Carta en donde las líneas punteadas indican el tanto por ciento de exceso o deficiencia de aire presente bajo las condiciones dadas.

Actualmente existen otros medios más rápidos y directos para detectar el tanto por ciento de  $O_2$  libre en los gases de extracción, como el Heat Proof el cual actúa bajo un principio electro-químico.

Como un ejemplo, considerese un análisis de gas de extracción que de un 4% de oxígeno, 2% de monóxido de carbono y el 1/2% de dióxido de carbono. La intersección de estos tres valores en la Carta ( Fig. 1) queda sobre una diagonal que indica un 17% aproximado de exceso de aire, aun cuando el contenido de monóxido de carbono indica que la combustión ha sido incompleta. Con referencia a la Carta 2 que muestra las pérdidas de combustibles debidas a una combustión incompleta de aceite combustible, se encuentra que un 17% de exceso de aire con un 2% de monóxido de carbono en el gas de extracción indican una pérdida de combustible de un 7% aproximadamente. Además de esta pérdida hay otra de un 5% aproximado, debida a exceso de aire presente, como se muestra en la Fig. 3 , suponiendo una temperatura de extracción de 2000°F. aproximados. La consideración de cantidades como estas y un estudio más completo de estas cartas, demuestra que es esencial un control de la combustión para obtener una operación eficiente.

Si en un calentador que está quemando aceite combustible o en un horno para esmaltado porcelanizado, queda indicado, al hacer un análisis de los gases de extracción que hay exceso de aire habiendo combustión completa, debe entonces reducirse el suministro de aire chequeando el tiro del horno o bajando el suministro de aire de los ventiladores o cualquier otra fuente de aire. Es conveniente hacer después otro análisis del gas para asegurarse de que hay aire suficiente para la combustión completa después de que se han hecho los cambios en el tiro o suministros de aire. Si un análisis de gas muestra que hay exceso de aire, junto con monóxido de carbono, entonces el equipo quemador debe ser -

inspeccionado y checado muy cuidadosamente, haciendo también una revisión de las condiciones de la cámara de combustión. Puede suceder que el quemador no esté atomizando suficientemente el aceite combustible para que se lleve a cabo una mezcla apropiada con el aire, o puede haber puntos fríos en la cámara de combustión por una u otra razón, donde la temperatura no se mantiene lo suficientemente alta para mantener una combustión completa. Si hay monóxido de carbono presente y no hay oxígeno, entonces no se está admitiendo el aire suficiente dentro de la cámara de combustión para que se realice una combustión completa.

**Combustibles Gaseosos.** Los combustibles gaseosos son ideales para la mayoría de los hornos y operaciones de calentamiento. Se mezclan de inmediato y por completo con el aire y permiten un fácil control de la combustión. La cantidad de exceso de aire requerida para mantener una combustión perfecta puede ser sostenida hasta dentro de una fracción de uno por ciento. Un método para quemar combustibles gaseosos consiste en suministrarlos a la cámara de combustión a través de un orificio pequeño bajo presión. La velocidad del gas atrae aire hacia adentro de una cámara mezcladora a través de puertos para aire alrededor del orificio del gas. La proporción de aire a gas puede ser muy bien regulada abriendo o cerrando las ventilas para aire a través de las cuales es atraído el aire por la velocidad del gas. Dentro de ciertos límites la proporción de aire a gas no cambia con las variaciones en la velocidad del gas; de manera que una vez que las aberturas de las ventilas de aj

re del quemador de gas han sido ajustadas para proporcionar aire suficiente para una combustión completa, no necesitan más atención y el calor del horno puede ser regulado aumentando o disminuyendo la velocidad del gas ( y así también la cantidad del gas ).

Otro método para obtener mezclas correctas de gas-aire en todo momento, es usando válvulas proporcionales. Estas válvulas permiten un ajuste de la proporción gas-aire a cualquier valor que se desee. Una vez que han sido ajustadas las aberturas de los puertos de las válvulas de aire y gas para que den la proporción más eficiente de gas-aire, el flujo del gas y del aire es controlado por medio de una palanca. Esto elimina la posibilidad de variaciones en la proporción gas-aire, que puede haber cuando en una línea se usan válvulas para gas y para aire y es necesario ajustar las dos para aumentar o disminuir el calor del horno. Las válvulas proporcionales para gas-aire se adaptan fácilmente a los sistemas automáticos de control de temperatura y permiten que se regule la temperatura del horno por medio de mecanismos automáticos de válvulas que abren y cierran y se operan junto con controladores automáticos de temperatura. Estas válvulas proporcionales también se usan en quemadores de aceite, siendo su diseño un poco diferente, pero el principio es el mismo.

Todas las válvulas proporcionales para gas-aire o aceite aire requieren una presión de aire constante y uniforme. Para suministrar la presión adecuada de aire a las válvulas -- proporcionales para aire-gas se usan turbo-ventiladores jun-

to con reguladores de presión de gas colocados en las líneas del gas donde se pueden prevenir las fluctuaciones en la presión del gas. A las válvulas proporcionales para aire-aceite la bomba del aceite les suministra la presión adecuada y uniforme para el aceite y los ventiladores centrífugos les proporcionan aire a una presión constante.

Hay varias clases de combustibles gaseosos para uso comercial, el más popular es el gas natural. Este se bombea de pozos de gas natural y generalmente tiene un valor B.T.U. de 1000-1100 B.T.U's por pie cúbico. Un análisis típico de gas natural es el siguiente:

80.50 Metano  
18.20 Etano  
1.30 Nitrógeno

Si el gas natural se quema con demasiado aire o con muy poco, el resultado será pérdidas en calor y combustible, como sucedería con cualquier otro combustible. El análisis Orsat de los gases de extracción indicará si se está llevando o no a cabo una combustión completa y la cartilla Oswald para gas natural indicará el porcentaje de exceso o deficiencia de aire. Las cartillas que indican pérdidas de combustible debidas a una combustión con exceso de aire y a una combustión incompleta indicarán cuales fueron las pérdidas reales de combustible por estas causas.

Gas L. P. ( Propano ) Este combustible en su forma industrial es un desarrollo de la industria del petroleo. Virtualmente tiene un solo componente, el hidrocarburo, del grupo de las parafinas con la fórmula química de  $C_3H_8$ . El propano industrial es extraído del gas natural directamente de los pozos de aceite o de los gases residuales generados-

en el craqueado del aceite. Tiene un valor calorífico de aproximadamente 2530 B.T.U's por pie cúbico de gas.

El propano industrial es normalmente un gas, pero es licuado facilmente con presiones y temperaturas normales. Esta licuación de tal manera concentra su volumen que un valor térmico equivalente a 2,000,000 de pies cúbicos de gas manufacturado, o 1,000,000 de pies cúbicos de gas natural pueden caber en un carro tanque de 10,000 galones en forma de propano licuado.

El gas L. P. ( propano líquido) se bombea desde los carros tanque a los tanques en que se almacena permanentemente dentro de la planta y ahí permanece en forma líquida hasta que el gas se necesita. Para usar este combustible el propano líquido es dilatado bajo control de presión automática dentro del tanque, para ser conducido al horno en forma de gas, o es forzado a salir del tanque por su propia presión en forma de líquido y trasladado a una unidad vaporizadora donde se expande bajo control para convertirlo a gas.



Carbón Mineral o Hulla. Todos los carbones minerales son de origen vegetal. El carbón es una mezcla de materiales químico-orgánicos y minerales producidos por un proceso natural de formación y extinción de vegetales, acumulación de deshechos vegetales y minerales con alguna separación y estratificación acompañada por la acción química, biológica, bacteriológica y metamórfica.

Al quemar carbón se presentan muchas dificultades relacionadas con la combustión completa y la completa utilización del calor que proporciona su combustión. Debido a la naturaleza de este combustible sólido y su tendencia a formar capas compactas de coque es difícil mantener la cantidad apropiada de oxígeno para una combustión completa de los productos volátiles. Para obtener una combustión eficiente en los hornos que queman carbón mineral, generalmente se requiere por lo menos un 50% de exceso de aire. Hay que introducir un buen porcentaje de aire por encima del lecho del combustible para asegurar el oxígeno suficiente para quemar la materia volátil que se introduce en la cámara de combustión, procedente del carbón. Si no se dispone de esta cantidad de aire, los gases combustibles se escapan y suben por la chimenea saliendo hacia el exterior en forma de humo. El humo es indicación de una combustión imperfecta y de una pérdida de materiales combustibles valiosos.

La disminución del humo depende del aire que se le suministra por encima a la capa de combustible y del mantenimiento de una temperatura suficientemente alta dentro de la cámara de combustión para asegurar y mantener el en

cendido de los gases y vapores destilados o volatilizados - procedentes del carbón.

Otra dificultad que se presenta para mantener una combustión eficiente del carbon mineral, es la fusión de las cenizas del carbón que forman porciones duras, compactas que impiden el paso del aire que normalmente pasa a través del lecho del combustible viniendo desde la parte inferior de las rejillas del fogón. Esto da también por resultado la formación de monóxido de carbono y un aumento en la cantidad de combustible sin quemar que cae dentro del hoyo de las cenizas. Generalmente los carbones que tienen un alto contenido de hierro en sus cenizas producen mayor cantidad de estas porciones compactas y duras formadas por las cenizas.

Al quemar cualquier combustible, si la fuente de oxígeno es el aire, hay que introducir dentro de la cámara de combustión 4 partes de nitrógeno por cada parte de oxígeno que entra en ella, ya que el aire contiene un 21% de oxígeno por - 79% de nitrógeno. Este nitrógeno es inerte no produce ninguna reacción con el combustible o con los productos de la combustión, pero absorbe calor de la combustión del combustible. Si se hace necesario un exceso de aire para llevar a cabo una combustión completa, éste también absorberá calor, disminuyendo la cantidad de calor disponible. Esto aumenta la cantidad de calor perdido a través de la chimenea del horno.

A fin de conseguir una mayor eficiencia en la combustión del carbón y para reducir la cantidad de exceso de aire requerida para poder llevar a cabo una combustión completa, y también para poder usar carbón mineral de un grado menor, al

gunas de las plantas que queman carbón mineral ( en el extran-  
jero) usan fogoneros mecánicos ( aparatos que mantienen vivo-  
el fuego del horno) Estos fogoneros mecánicos son máquinas au-  
tomáticas alimentadoras de carbón que emplean un tornillo ali-  
mentador o transportadores automáticos de placa o trabajan --  
por gravedad. Al usar fogoneros mecánicos de cualquiera de es-  
tos tipos, la capa de carbón es demolida constantemente lo --  
que da por resultado una mejor combustión, Además la alimenta-  
ción continúa que es posible con estos aparatos mecánicos evi-  
ta el humo intermitente que se produce cuando el fuego es ali-  
mentado a mano.

Algunas plantas emplean carbón pulverizado que introducen  
dentro de la cámara de combustión junto con aire. Al pulveri-  
zar el carbón hasta que un 85% pasa por un harnero de 200 ma-  
llas, se obtiene un material que puede mezclarse con el aire-  
e inyectarse dentro de una cámara de combustión como si fuera  
un gas. Esta condición de pulverización fina del carbón per-  
mite que una gran superficie del carbón se ponga en contacto-  
con el aire. La destilación de los componentes volátiles de -  
este polvo es muy rápida y se queman prontamente. El resulta-  
do total es que se requiere muy poco exceso de aire para que-  
mar este combustible y se aumenta la cantidad de calor aprove-  
chable producida por el carbón,

Debido a las altas velocidades del gas en hornos que em-  
plean carbón mineral pulverizado, parte de las cenizas son lle-  
vadas junto con los gases de extracción y dispersadas por el-  
aire. Esto puede evitarse usando precipitadores para polvo, e-  
léctricos, instalados en la chimenea, usando agua para el la-

vado de los gases de extracción, o por medio de separadores centrífugos para el polvo.

Los hornos que queman polvo de carbón pueden controlarse casi con la misma facilidad que los hornos que emplean a ceite o gas debido a la semejanza de operación entre ellos.

Problemas de Combustión del Esmaltado Porcelanizado. -  
Cualquier combustible que se use en hornos para esmaltado - porcelanizado no debe de contener más del 0.5% de azufre. En los hornos de mufla, en los que la combustión se lleva a ca bo debajo del fondo de la mufla y los gases calientes de la combustión pasan hacia arriba rodeando la mufla para salir- después por las chimeneas, se pueden formar grietas o hende- duras en las paredes de la mufla y en su parte inferior. - Al seguir usándose el horno se abren más esas grietas y se- rá necesario parar el trabajo para hacer reparaciones. Muy- a menudo no hay suficiente diferencia de presión entre la - zona de combustión y el interior de la mufla para evitar -- que los productos de la combustión se filtren dentro de la- zona de quema del esmalte. Si hay alguna cantidad seria de- sulfuro presente,, los artículos esmaltados que estén siendo quemados pueden llenarse de "espumado" formándose sobre e- llos areas de poco brillo debido a los compuestos alcalinos de sulfuro al reaccionar el esmalte con los gases de sulfuro.

La cámara de combustión y la zona de la mufla deben ser mantenidas a una presión ligeramente negativa constantemen- te de manera que haya una tendencia a que el aire se filtre por cualquier hendidura dentro de la cámara de combustión, - y no que sean los productos de la combustión los que se in- troduzcan dentro de la zona de quema de los artículos parce

lanizados causando la contaminación de las piezas.

Por la misma razón debe mantenerse siempre una atmósfera ligeramente oxidante (i.e.-exceso de aire) en la cámara de combustión. Los gases de reducción, como el monóxido de carbono, afectarán la calidad del esmaltado que haya sido quemado en un horno cuya atmósfera contenga pequeñas cantidades que se hayan filtrado dentro de la zona de quema del esmalte a través de grietas de la mufla, procedentes de la cámara de combustión cuando se esté llevando a cabo una combustión incompleta.

Durante la combustión de la mayoría de los combustibles comerciales se forma una gran cantidad de vapor de agua; si debido a que la mufla se ha agrietado, se escapa hacia el interior de la zona de quema del esmalte una gran cantidad de gases de extracción, este vapor de agua puede ocasionar daños serios a los esmaltes que se quemen en su presencia.-(Los efectos del vapor de agua, monóxido de carbono, bióxido de carbono, azufre y otros gases, sobre la calidad del esmalte quemado en su presencia, se discutieron con anterioridad.)

Los tiros de chimenea que no se controlan pueden ocasionar muchas pérdidas de calor. Los hornos para quemar esmalte son generalmente intermitentes en la operación de la combustión. Se pueden instalar controles automáticos de temperatura para mantener una determinada temperatura en la zona de quema del esmalte y para que los quemadores operen automáticamente hasta alcanzar esa temperatura y después se cierran hasta -- que el calor que el horno ha absorbido se haya disipado y -- la temperatura baje del punto deseado. Cuando los quemadores están encendidos el tiro de la chimenea puede ser el indi --

cado para extraer los productos de la combustión, pero - al apagarse los quemadores el tiro sigue tratando de sacar aire y este aire se lleva también calor. En otros casos la cantidad de combustible que se permite llegar a los quemadores es regulada constantemente por medios manuales. Si el tiro de la chimenea no es también regulado y ajustado para hacer frente a las necesidades de las diferentes cantidades de combustible que se usen, puede también haber grandes cantidades de calor atraídas por el tiro en forma de aire caliente.

Las pérdidas de calor debidas a que se atrae un exceso de aire hacia el interior y después es extraído por un tiro que es demasiado fuerte, pueden afectar seriamente la eficiencia del horno.

Hay ocasiones en que un horno puede no calentarse, - lo que era de esperarse, a pesar de que este quemando combustible suficiente. Al hacer un análisis de los gases de extracción, en un caso semejante, se encontró que había más de un 2% de oxígeno, obviamente la dificultad era demasiado aire y un tiro demasiado fuerte. Regulando el tiro y - el suministro de aire se solucionó la dificultad. Cuando debido a las dimensiones de la chimenea el tiro es relativamente fuerte para poder llevar a cabo una combustión apropiada, se puede usar un medidor de tiro tipo "U" para controlar el tiro. En general es muy conveniente el instalar un medidor de tiro en la chimenea del horno ya que permite un mejor control de la eficiencia del horno, especialmente si a la vez se hacen análisis del gas de extracción.

En muchas plantas se han instalado registradores automáticos de humedad a fin de evitar pérdidas de calor por la chimenea. Se operan coincidiendo con el mecanismo de control de los quemadores; cuando los quemadores están completamente abiertos el chegador de humedad se encuentra cerrado, y al irse cerrando gradualmente los quemadores el chegador de humedad se abre en la misma forma, reduciendo así el tiro de la chimenea de acuerdo con las necesidades para un consumo mínimo de combustible.

A fin de detectar rápidamente los cambios en la eficiencia de la combustión en los hornos, se han inventado diferentes aparatos automáticos para suplir a los aparatos Orsat. Hay uno de tipo de medidor indicador que opera bajo el principio del "puente de Wheatstone" y compara la conductividad térmica del aire con la de los gases de extracción que pasan continuamente sobre él. La conductividad de calor de los gases de extracción varía según la cantidad de bióxido de carbono que contienen y estas variaciones -- son registradas en términos de tanto por ciento de bióxido de carbono en un medidor indicador o registrador. Basándose se en que la cantidad de bióxido de carbono presente en el gas de extracción disminuirá al disminuir la eficiencia de la combustión, o al ser diluido por el exceso de aire, muchos operadores controlan la eficiencia de su combustión -- manteniendo condiciones que den por resultado un contenido de bióxido de carbono de 14 a 15% en hornos que queman a aceite y de 10 a 11% en los que usan gas. Si el contenido de bióxido de carbono baja de estas cantidades, estiman -- que sus pérdidas de calor debidas a combustión insuficien-

te se han hecho serias. Sin embargo no se considera recomendable depender unicamente de un medidor de  $\text{CO}_2$  y debenhacerse pruebas CO con el Orsat para checar la eficiencia de la combustión. Estos medidores indicadores y registradores también sirven para indicar el contenido de monóxido de carbono y bióxido de carbono en los gases de extracción.



C A P I T U L O VII .

CONTROL DEL PROCESO.

1a. Parte. CONTROL

2a. Parte. CONTROL.

## CAPITULO VII

### C O N T R O L .

Pueden ocurrir muchas variaciones en el proceso del esmaltado porcelanizado que ocasionen dificultades en la producción; por lo mismo en cualquier examen de procedimientos no se puede insistir demasiado sobre la necesidad de un control minucioso de todas y cada una de las etapas del proceso.

Los pasos básicos en el proceso fueron tratados en los capítulos anteriores, ahora se dirá algo sobre los métodos de control indispensables a lo largo de todo el proceso.

Control de Molienda y Cuerpo del Esmalte Porcelanizado. Siempre ha sido indispensable controlar el cuerpo del esmalte porcelanizado y al ir avanzando y mejorando su tecnología, se va haciendo necesario ejercitar un control cada vez más exacto. Desde luego el grado de este control variará dependiendo de la importancia y dimensiones de la operación que esté bajo consideración. El cuerpo del esmalte puede ser descrito como la consistencia del esmalte molido listo para ser aplicado a las piezas. El cuerpo generalmente es juzgado por el depósito o espesor de la capa que permanece sobre cualquier objeto que es sumergido en el esmalte líquido y retirado en seguida, permitiendo que el exceso de esmalte sea drenado.

Para llevar a cabo esta prueba se necesita una pieza para prueba, que puede ser una lámina cuadrada plana -

de dos pies cuadrados, o un cilindro que tenga una area de uno o dos pies cuadrados. La pieza seleccionada para prueba es sumergida en el esmalte y removida en forma estandarizada para evitar variaciones debidas a diferencias en el ángulo de escurrimiento o drenado, o bien -- porque el esmalte sea lavado de la pieza de prueba por el movimiento usado para retirarla del esmalte. El peso de la pieza, mojada o seca o ambos pesos, pueden usarse como una indicación del cuerpo del esmalte; este método -- para checar el cuerpo del esmalte es de uso casi general. Para probar el esmalte que va a ser aplicado por drenado para capa base se usa una lámina plana, en tanto que se usa un cilindro como método común para determinar la -- consistencia de los esmaltes que van a ser aplicados -- por aspersion. Otro método para probar el cuerpo del esmalte es por medio de un tubo de flujo. El principio -- general de un tubo de flujo es la medida del tiempo requerido para permitir que un determinado volumen de esmalte porcelanizado pase a través de un orificio standard, con una presión standard. La mayoría de los tubos de flujo tienen la forma de una sección de tubería, de un diámetro aproximado de una pulgada y suficientemente largos para contener de 150 a 200 ccs. de esmalte, con un orificio en la parte inferior. El orificio puede variar en diámetro pero su abertura normal es de 3/16 de pulgada. Este método para probar el esmalte se usa para esmaltes aplicados por inmersión con tenazas y muy rara vez se emplea para otro tipo de esmaltes. El método más usado para determinar el cuerpo de un esmalte y que

es el que más se adapta para probar esmaltes que van a ser aplicados por aspersión, es el de la prueba de asentamiento de Irving. Al dejar caer sobre la superficie de una placa plana una determinada cantidad de esmalte molido, se cubre una area circular, el diámetro de esta area en pulgadas indica el cuerpo del esmalte. Para llevar a cabo esta prueba, se coloca un cilindro hueco, sin fondo sobre una placa plana y se llena con esmalte; el cilindro tiene peso suficiente para evitar que el esmalte se escurra fuera de él, alrededor de su parte inferior que descansa sobre la placa. Cuando el cilindro es levantado repentinamente el esmalte se derrama, asentándose en forma de torta. El diámetro que alcanza el esmalte al extenderse sobre la placa plana sirve como medida del cuerpo del esmalte.

Además de controlar la consistencia del esmalte, debe vigilarse que su suspensión sea la adecuada para evitar la sedimentación, (separación excesiva del agua y el esmalte) bajo condiciones normales de manejo y almacenamiento. La suspensión es obtenida con los mismos materiales que producen el cuerpo, pero algunas veces se requiere algún otro balance de materiales, aún cuando ya se ha ya obtenido un cuerpo standard.

Es posible que haya un cuerpo falso en el esmalte - Este cuerpo aparente se formará en el esmalte cuando se halla en reposo, pero desaparecerá cuando el esmalte sea agitado, y volverá otra vez cuando se vuelva a dejar el esmalte en reposo. Esta consistencia del esmalte es cono

ciua como condición tixotrópica, y debe evitarse en cuanto sea posible.

Control del Proceso de Aplicación . Muchas de las cualidades sobresalientes de la apariencia de la superficie del esmaltado porcelanizado, son producidas durante la aplicación del esmalte a las piezas. Así pues, si se desea producir acabados de alta calidad, la operación de la aplicación del esmalte debe ser estrechamente controlada.

La apariencia final de un acabado porcelanizado, - ya sea hecho por inmersión o aspersion, depende en gran parte del empleo de los métodos y técnicas correctos, así como del empleo del equipo adecuado, asumiendo desde luego, que se use un esmalte cuyo ajuste ha sido controlado como es debido para ponerlo en las condiciones apropiadas para su aplicación, y que las piezas que se someten a tal proceso se encuentran libres de imperfecciones.

Al hablar de las técnicas empleadas, se vuelve a insistir en que cuando se emplea el método de drenado, - mucho depende de la experiencia y conocimientos prácticos del operador, ya que el ángulo de drenado, así como el cambio de ángulo en el momento preciso juegan un papel muy importante en esta operación que con mucha frecuencia se emplea para la aplicación de la primera capa de un esmaltado, y cuyas imperfecciones no serán completamente cubiertas por una segunda capa.

En la mayor parte de las capas base que se aplican sobre lamina de hierro, se usa el método de drenado forzado o natural, excepto cuando la forma de la pieza hace

imposible un buen drenado del esmalte, libre de rayas y -  
carreras, en cuyo caso la capa base se aplica por asper-  
sión. Las capas de cubierta también en algunos casos se  
aplican por inmersión, como cuando la aplicación del es-  
malte debe cubrir los dos lados de la pieza, pero si és-  
ta va a recibir su capa de cubierta unicamente en un lado,  
el esmalte generalmente es aplicado por el método de as-  
persión. Como ya se dijo, una de las características --  
más importantes para la aplicación del esmalte es el cuer-  
po o consistencia del baño que se va a aplicar. Esto im-  
plica el uso de la cantidad correcta de agua en la sus-  
pensión de arcilla para el esmalte y la adición de las -  
substancias químicas que permitan que el esmalte fluya -  
sobre las superficies de las piezas y a la vez quede bien  
asentado cuando se alcance el espesor apropiado. Las subs-  
tancias químicas usadas con este fin son científicamente  
llamadas "agentes de viscosidad", pero generalmente se -  
les conoce como "agentes de cuerpo". Si las hojas de a-  
cero que van a recibir su primera capa de esmalte, o ca-  
pa base, son sumergidas en un esmalte al cual no se le -  
han añadido agentes de cuerpo, sucederá una de estas dos  
cosas: el esmalte será tan grueso que no drenará en for-  
ma apropiada, es decir quedará demasiado pesado o al dre-  
nar se formarán rayas, o bien si se agrega suficiente a-  
gua al esmalte para adelgazarlo y facilitar su escurri-  
miento, fluirá con demasiada facilidad sin dejar la can-  
tidad necesaria sobre la superficie de la pieza para cu-  
brirla. Para eliminar estas dificultades deben añadirse

al esmalte los llamados agentes de cuerpo. Estos agentes actúan sobre la arcilla para mantener el esmalte en suspensión y tienen también un efecto sobre las partículas molidas muy finas del esmalte que dan espesor y consistencia a toda la mezcla. Una vez que el esmalte ha sido acondicionado para tener una consistencia satisfactoria, debe agregarse agua a la mezcla para que la suspensión del esmalte fluya fácilmente sobre la hoja metálica. Desde luego que si se le agrega más agua de la necesaria, se adelgazara demasiado y no dará buenos resultados. Así mismo, si la aplicación de la capa es demasiado gruesa, el esmalte no drenará suficientemente. Como ya se dijo, los agentes de cuerpo más usados son: 1 - borax, 2 - carbonato de magnesio, 3 - carbonato de amonio o 4 - nitrato de sodio, etc. En la mayoría de los casos el borax da resultados satisfactorios para fijar el cuerpo del esmalte para capa base, pero cuando hay tendencias a la oxidación del metal, debido a un clima demasiado húmedo o a un secado lento, se puede usar una pequeña cantidad de carbonato de amonio o nitrato de sodio como agentes de cuerpo. Sin embargo esto sólo debe hacerse cuando es absolutamente necesario.

Esmaltes para Rociado o Aspersión. - Los esmaltes que van a ser aplicados por el método de aspersión tienen que ser bien controlados en cuanto a sus propiedades de cuerpo para dar resultados satisfactorios. Pueden usarse las pruebas ya descritas de asentamiento o cuerpo para este control, para asegurarse de que el esmalte, además de sus cualidades de uniformidad y tersura y adherencia al -

metal, no se corra sobre la pieza. Se dice que el esmalte se corre cuando fluye hacia abajo sobre una superficie vertical, formando a veces, rebordes de esmalte en las orillas de las piezas. Este defecto puede también presentarse aun cuando se haya usado esmalte con el debido cuerpo, pero cuyo rociado se ha hecho en forma excesiva, dejando una aplicación muy pesada. Esta condición puede también producirla un cuerpo o gravedad muy bajos en el esmalte.

Los esmaltes para capas de cubierta generalmente se aplican por aspersión y se necesita un límite de gravedad diferente, con frecuencia dictado por la experiencia, para cada tipo de capa de cubierta. Para capas de cubierta de antimonio aplicadas por rociado, la gravedad del esmalte generalmente debe estar por encima del límite de 1.85. Los esmaltes para hierro fundido varían ampliamente en su gravedad específica, debido a sus diferentes densidades dependiendo de su contenido de plomo, la gravedad puede variar de 1.80 a 2.00. Las capas de cubierta de zircón tienen un límite de gravedad entre 1.80 y 1.85. Para vidrios claros y capas de cubierta de color se emplea una gravedad de 1.70 a 1.90; en este caso, como en el caso del hierro fundido, las formulas del esmalte varían tanto que el límite de gravedad es muy amplio. Las capas de cubierta de titanio son generalmente rociadas a una gravedad de 1.63 a 1.73, llegando hasta 1.80 en casos excepcionales. Tratándose de capas base aplicadas por rociado, la gravedad es entre 1.66 y 1.73, excepcionalmente 1.60

Cuando se usa el sistema de aspersión para la aplicación del esmalte deben tenerse en cuenta ciertos objetivos.



En algunos casos la adherencia del esmalte a las superficies de las piezas se juzga unicamente por la vista, mientras en otros casos pueden emplearse métodos que determinan la calidad de la aplicación. Es siempre de desearse que el rociado esté húmedo al terminar su aplicación, y en ciertas piezas un rociado así es necesario para evitar que se quite polvo en los rincones y en otras áreas que tienden a retenerlo durante el rociado. También es conveniente que el rociado sea húmedo para que la película seca de la aplicación tenga las características adecuadas y el quemado del esmalte resulte satisfactorio. Sin embargo si una vez terminada la aplicación por rociado la superficie queda demasiado húmeda, la capa al quemarse puede inflarse un poco, produciéndose un acabado con el defecto conocido como "cáscara de naranja". Este ajuste a la humedad conveniente del rociado es una función del cuerpo y gravedad del esmalte, del ajuste de la pistola y de la técnica de rociado seguida por el operador.

Cuando el equipo para rociado se encuentra debidamente ajustado y se emplean las técnicas correctas, hay además algunas otras condiciones que pueden afectar la uniformidad y tersura de la capa. Son las siguientes: a) La superficie que se esta cubriendo puede no estar bien limpia y lisa y entonces el esmalte rociado tenderá a juntarse formando un depósito pesado en las áreas sucias; en áreas con algo de grasa la superficie no quedará bien cubierta y la capa resultará áspera. b) La cáscara de naranja, que es realmente el esmalte que por exceso de aire aparece con ciertas irregularidades ásperas sobre la superficie, o una separación de las partículas del esmalte, puede mante-

nerse a un mínimo por la gravedad debidamente ajustada y por tener el esmalte el debido cuerpo, así como por el uso de un equipo para rociado debidamente ajustado y por emplear las técnicas correctas en la operación. c) Un cuerpo o gravedad altos en el esmalte pueden producir polvo en ciertas áreas de algunas piezas, también puede producirse polvo por un mal ajuste de la pistola rociadora o por emplear métodos inapropiados de rociado. d) Una superficie rociada en posición vertical puede presentar asperezas y "carreras" por deslizamientos del esmalte mojado, causadas por cuerpo o gravedad bajos, por una aplicación demasiado pesada, o por manejo brusco de la pieza al salir del rociado. Los transportadores que llevan los artículos de la sección de rociado a su siguiente etapa, deben operarse con suavidad para evitar vibraciones o sacudimientos de las piezas; el mismo cuidado debe tenerse cuando las piezas son removidas a mano. En una superficie colocada horizontalmente las vibraciones pueden hacer que la capa se alise. e) Ciertos tipos de aspereza pueden ser producidas durante la operación de quemado, pero de ellas se trató al hablar sobre el quemado de las piezas.

Control de Aplicación. El control del cuerpo del esmalte necesario para una buena aplicación ha sido ya tratado. Debe emplearse el equipo y los métodos estandarizados más avanzados para la aplicación del esmalte por celanizado. Los fabricantes de equipo deben ser consultados antes de adquirirlo, ellos pueden indicar cual equipo es el apropiado en cada caso, las técnicas para llevar a cabo el rociado pueden obtenerse de diferentes

fuentes, lo importante es producir un acabado uniforme y sin defectos en todas sus áreas. Las áreas que reciban una aplicación más pesada, estarán más sujetas a fracturas durante el ensamblado, empaque y uso y las áreas con una capa demasiado delgada, serán causa de rechazo al ser inspeccionada la pieza. El único medio satisfactorio para probar el espesor del esmalte en diferentes áreas de la pieza para comprobar la uniformidad de la aplicación de la capa, es un medidor magnético de espesor. Se puede usar un medidor de espesor sobre la película ya seca de la aplicación, antes de ser quemada. Si se mide la película ya seca se encontrará que el espesor es aproximadamente un 25% más grueso que en la capa ya quemada. Las medidas de espesor hechas en las capas ya quemadas son más exactas y son las que deben usarse para el chequeo final de la uniformidad de las diferentes áreas de la pieza. El radio convexo de una pieza es el área más crítica para aplicaciones pesadas. Es necesario hacer algunas pruebas para controlar el espesor de la aplicación para mantenerla dentro de los límites especificados. El medidor magnético de espesor antes mencionado es un buen instrumento para controlar la aplicación, pero la determinación del peso de aplicación por pie cuadrado es un método más exacto. Se pueden sacar placas de muestra durante el rociado, a intervalos regulares de tiempo y servirán como un medio para determinar el peso de aplicación por pie cuadrado, ya sea húmedo o seco. Como toda el agua es removida de la capa antes del quemado final, el método por peso seco de aplica --

ción es mejor. En una operación de prueba para piezas rociadas a mano, el operario tratará de ser especialmente cuidadoso con la pieza que se le suministre para prueba por lo que es mejor hacer las pruebas con cualquier pieza salida del rociado. Se puede tomar una pieza de la línea y después de pesarla, se le cepilla una area de un pie cuadrado a quitarle todo el esmalte y se vuelve a pesar la pieza para determinar el peso de aplicación por pie cuadrado. Gramos por pie cuadrado es la designación común para el peso de aplicación. También se puede medir el area de una de las piezas que están siendo rociadas y pesarla, y después de que la aplicación de esmalte esté ya seca se vuelve a pesar la pieza para determinar el peso de aplicación. Los métodos de prueba para peso de aplicación del esmalte varían según las prácticas de la planta y el equipo de que se dispone.

Secado del Esmalte Porcelanizado Después de una Aplicación Apropriada de Capa Húmeda. Pueden presentarse -- ciertas dificultades durante el secado del esmalte porcelanizado aplicado a una pieza, por lo que también aquí es necesario un control cuidadoso. Cuando la humedad se condensa en la pieza que está siendo secada y corre hacia abajo por su superficie, removiendo el esmalte, se producen "líneas de agua". El término es muy descriptivo ya que este defecto realmente aparece como pequeñas corrientes de agua a lo largo de la superficie de la pieza. Las líneas de agua son causadas también por el aire al hacer contacto con una superficie cuya temperatura está por abajo del punto de rocío del aire. Una buena circula

ción del aire, que remueva la humedad, eliminará las líneas de agua. En algunas piezas es difícil tener una circulación apropiada del aire, como en vasijas hondas o tinas, pero es bastante fácil en piezas planas. Un secado demasiado rápido de la película de esmalte húmeda, puede producir una película dura sobre la superficie antes de que haya secado la parte inferior de la capa. Cuando esto sucede se pueden producir rasgaduras en el acabado. Estas rasgaduras son causadas por un rompimiento de la película del esmalte, cuando el agua contenida en la parte inferior de la capa, sale hacia afuera, al hervir durante el quemado de la pieza, rasgando la parte endurecida de la superficie. Es conveniente que haya un ciclo de temperatura relativamente bajo cuando las piezas entren al secador, y un aumento progresivo en temperatura, hasta 210<sup>o</sup> F o más, cuando salen del secador.

En algunos casos hay que cepillar el esmalte porcelanizado de algunas áreas de la pieza, o puede ser necesario manejar las piezas, por esto es necesario que al salir las piezas del secador, la fuerza de la película seca que cubre la superficie de la capa de esmalte, sea la adecuada para permitir que se lleven a cabo estas operaciones. Si las piezas salen del secador a temperaturas bajas, la película que las recubre será muy fácilmente removida por el cepillado y puede también ser dañada fácilmente. Las temperaturas altas a la salida del secador, producirán sobre las piezas una película dura que será difícil de cepillar, pero que permite manejar las piezas sin mayor peligro de dañarlas.

Durante la etapa del secado la capa del esmalte porcelanizado es muy absorbente y puede recoger gases que se hallen presentes en el secador. La mayoría de los esmaltes porcelanizados no tolerarán la absorción de una gran cantidad de gases de sulfuro sobre la superficie de la capa por que al combinarse estos gases con los componentes del esmalte serán causa de problemas durante el quemado, produciendo defectos tales como "espumado" ( una película que cubre algunas áreas de la superficie y que es causa de que pierda su brillo o cambie de color) y "picado". Por lo tanto la atmósfera del secador debe estar libre de esos gases que generalmente vienen del combustible que se usa en el secador, o de otras fuentes dentro de la planta. Es también necesario que las operaciones del secado se lleven a cabo en una atmósfera libre de suciedad, polvo y gases perjudiciales, porque las partículas que caen sobre el esmalte todavía hay miedo que entra al secador, no se pueden remover antes del quemado de la pieza, y serán causa de defectos del esmaltao porcelanizado. El ciclo del secado debe consistir de un aumento gradual en temperatura por un periodo de tiempo de dos a cinco minutos, con suficiente circulación de aire e introducción de aire del exterior para evitar que se alcance el punto de rocío a la temperatura a la cual las piezas han entrado al secador. Si bien es necesario evitar -- que haya demasiada humedad en el aire dentro del secador, -- es también conveniente evitar que el secado sea demasiado rápido. La proporción del secado puede ser variada por el control de la humedad o punto de rocío y por (la) temperatura. La humedad es controlada regulando la cantidad de aire

del exterior que entra al secador.

Control de Defectos Producidos Durante el Quemado del Esmalte Porcelanizado. Durante el quemado de la capa de esmalte se produce una aspereza similar a la que se presenta durante el proceso de aplicación. Es esta una aspereza llamada "colgado" y ocurre en superficies que se colocan en posición vertical durante su quemado. Las aplicaciones demasiado pesadas de esmalte o una temperatura de quemado demasiado alta también pueden producirla. "Colgado" (o "sagging") es un término que describe bien este defecto, pues se trata (se trata) de un movimiento ligero, hacia abajo, de la capa de esmalte, en piezas colocadas en posición vertical durante su quema, dando por resultado una apariencia de aspereza y desigualdad de la superficie esmaltada. Es obvio que cualquier aspereza de la base sobre la cual se aplica el esmalte, o cualquier falta de uniformidad en la aplicación del esmalte, tenderá a agravar este defecto. Así pues el mejorar la aplicación del esmalte puede contribuir a disminuir este defecto. También puede producirse este "colgado" por choques de una pieza con otra al estar dentro del horno a las temperaturas más altas; un tenedor operado bruscamente en un horno de caja, un carril que no está llano o un movimiento repentino y brusco de la cadena en un horno continuo pueden producirlo.

Las piezas que van a ser quemadas generalmente son colocadas en herramientas de diferentes tipos, que llevan la carga a través del ciclo de quemado sin deformarlas. El diseño de las herramientas que sostienen las piezas duran

te su quemado es de gran importancia. Hay un defecto causado por estas herramientas, conocido como "marca de alfiler" que lo puede causar cualquier punta larga y pesada de las herramientas, que tenga contacto con la pieza y le fracture la capa de biscuit, formándose así un "punto frío" sobre su superficie que no se quemará debidamente en el ciclo normal de quemado.

Los defectos en la superficie del esmalte porcelanizado que no pueden atribuirse a fallas en la aplicación del esmalte, pueden producirse por temperaturas demasiado altas o por un quemado demasiado prolongado, que originan la condición normalmente descrita como sobre-quemado. Una superficie que ha recibido un sobre-quemado es generalmente algo opaca y puede a veces tener pequeñas marcas, como hechas con la punta de un alfiler. Las piezas que no han sido quemadas suficientemente, pueden también presentar una superficie opaca y el defecto de "cáscara de naranja". Un quemado apropiado puede en cambio disminuir algunos de los defectos menores que esten presentes en la capa seca de esmalte.

Se dijo con anterioridad que los gases de sulfuro, tratándose entonces de la atmósfera dentro del secador, producían defectos sobre la superficie del esmalte, y lo mismo sucederá si esos gases se encuentran dentro de la atmósfera del horno. Una concentración alta de gases de ácidos como el bióxido de carbono o un alto contenido de agua en la atmósfera del horno, también ocasionarán-



defectos sobre la superficie del acabado. Cuando hay demasiado vapor de agua en la atmósfera puede aparecer un defecto sobre la superficie del esmalte, conocido como "piel de cochino", causado por el hervor de la parte inferior de la capa.

Todo lo referente a problemas y defectos durante el ciclo de quemado se trataron ampliamente al hablar sobre el quemado en particular.

Se puede observar que cada operación en el proceso del esmaltado porcelanizado puede tener repercusión sobre el acabado de las piezas porcelanizadas, ya que cualquier defecto será exagerado por dificultades que se presenten en las operaciones posteriores del proceso. Así cualquier falta de uniformidad en la aplicación del esmalte puede ser aumentada en operaciones subsecuentes y muchos de los defectos que aparecen en forma de asperezas sobre la superficie del esmaltado podrían haberse reducido a un mínimo por un control cuidadoso de la operación de aplicación del esmalte.

Las partes que necesitan algún arreglo para corregir alguna falla en la aplicación del esmalte, ocasionan muchas dificultades, porque o la primera aplicación ha sido gruesa, o al retocarla se usa mayor cantidad de esmalte del que es necesario, por eso es conveniente que el esmalte sea aplicado en capa delgada, naturalmente dentro de los límites apropiados.

## C O N T R O L

### II Parte.

El proceso del esmaltado porcelanizado ha pasado por dos distintas faces. Al principio el esmaltado del metal fue un arte y estaba en manos de personas interesadas en valores artísticos o decorativos. Posteriormente se reconoció el valor practico del esmaltado como un acabado de belleza y durabilidad para el hierro y el acero. El desarrollo y crecimiento de estos usos prácticos para los esmaltes porcelanizados ha sido largo y tedioso. Hace apenas unos 30 años la industria ha surgido del caos de la adaptación de un arte a usos prácticos y comerciales y cierta cantidad de conocimientos fundamentales ha sido acumulada durante este periodo de crecimiento.

La industria del esmalte porcelanizado ha pagado un alto precio por este conocimiento, pero con esa información combinada con prácticas modernas de ingeniería, ha sido posible - fijar especificaciones para procesos y materiales y para procesos de control como guía para un mejor esmaltado.

Así pues este tema incluye los tres principios básicos - del buen éxito en la operación de una planta de esmaltado -- porcelanizado.

- Primero - Usar materiales aprobados y de reconocida uniformidad.
- Segundo - Determinar el método más satisfactorio para cada etapa del proceso, y seguirlo rigurosamente.
- Tercero - Desarrollar medios para asegurar un control de estos métodos de proceso.

Especificaciones de Materiales. La especificación de - materiales para el esmalte porcelanizado es una lista aprobada de todos los materiales usados en cada proceso. Estas es-

pecificaciones deben incluir el nombre del abastecedor y una descripción de las pruebas para cada material.

La prueba y aprobación de cada nuevo material que se va a usar, debe incluir: primero - pruebas físicas y químicas de laboratorio, incluyendo pruebas de producción en muy pequeñas cantidades, realizadas bajo la supervisión directa del laboratorio, y - segundo - correr una producción completa, de duración suficiente, para poder juzgar rigurosamente las cualidades del material bajo condiciones reales de operación. Cuando no se sigue una buena rutina para la aprobación de materiales, las pérdidas son a menudo serias. Es muy importante que los departamentos de compras y manufactura trabajen en estrecha armonía por lo que se refiere a aprobación de nuevos materiales. A menudo el señuelo de precios más bajos llevará a la aceptación de materiales cuyo uso dé por resultado pérdidas que podían haber sido evitadas.

Especificaciones de Procesos. Las especificaciones de los procesos de hecho son una serie de reglas de operación y como tales deben considerarse; por esta razón las especificaciones para cada proceso, deben ser estudiadas muy cuidadosamente antes de ser aprobadas como reglas fijas. Para tener al día estas especificaciones, es indispensable llevar un registro por escrito, de todos aquellos detalles que se ha encontrado que dan los mejores resultados para cada proceso.

Es imposible señalar especificaciones que puedan aplicarse total y completamente a todas las plantas, ya que las condiciones locales en cada caso, determinan muchas -

de las prácticas seguidas para el esmaltado.

La siguiente es una breve lista de sugerencias sobre la información que debe incluirse en las especificaciones de procesos para una planta de esmaltado porcelanizado sobre lámina de metal:

Para el Cuarto de Molienda:

- A - Adiciones a la molienda.  
Completas hasta el último detalle incluyendo el agua.
- B - Peso de guijarros para cada molino.  
Si se usan bolas de porcelana dar el porcentaje de cada tamaño.
- C - Velocidad de rotación para cada molino.
- D - Cuidado del equipo para la molienda.
  - 1 - Inspección de forros.  
Indicar el número de veces por mes que se debe llevar a cabo una inspección completa.
  - 2 - Inspección de guijarros o bolas de porcelana.  
Todos los guijarros deben ser removidos a intervalos regulares, reponiendo los que estén quebrados.
  - 3 - Mantenimiento de una carga de guijarros -- constante.  
Para mantener condiciones constantes en la molienda es necesario hacer regularmente las adiciones necesarias de guijarros hasta alcanzar el peso especificado.
- E - Instrucciones para cargar y descargar los molinos.
- F - Método para probar la finura del esmalte.
- G - Especificación de finura para cada esmalte.
- H - Tiempo de la molienda o número de revoluciones requeridas para cada molino.
- I - Malla correcta para cernir cada esmalte.
- J - Gravedad específica para rociado y para drenado.  
Fijar un mínimo y máximo de gravedad específica para el esmalte al ser entregado al departamento de esmaltado.
- K - Temperatura máxima del esmalte molido, inmediata-

mente después de terminar la molienda.

Para la Sección de Picleado.

A - Tanques Limpiadores.

- 1 - Fuerza  
Indicando qué clase de limpiador y su método de prueba.
- 2 - Temperatura.
- 3 - Tiempo.  
Indicando cualquier excepción con respecto a las prácticas regulares.
- 4 - Indicar con que frecuencia deben de cambiarse las soluciones  
Esto debe darse en número de pies cuadrados de lámina limpiada.

B - Tanques Para Picleado.

- 1 - Fuerza.  
Indicar el ácido y el método de prueba.
- 2 - Temperatura
- 3 - Tiempo  
Indicar cualquier excepción con respecto a las prácticas regulares.
- 4 - Contenido de hierro permitido.
- 5 - Indicar con que frecuencia se deben cambiar las soluciones.  
Esto debe manifestarse por pies cuadrados de lámina picleada.

C - Tanques Neutralizadores.

- 1 - Número de tanques.
- 2 - Fuerza y composición.  
Indicar materiales usados y método de prueba.
- 3 - Tiempo.
- 4 - Temperatura.
- 5 - Indicar con que frecuencia se deben cambiar las soluciones.  
Esto debe ser indicado en número de pies cuadrados neutralizados.

D - Tanques para Enjuague.

- 1 - Describir en términos generales las prácticas.  
Cubrir tales detalles como el uso de agua caliente o fría y método para hacer cambios

E - Secadores.

- 1 - Tipo.
- 2 - Temperatura.
- 3 - Tiempo.

### Aplicación del Esmalte.

#### A - Aplicación de Esmalte para Capa Base.

Nota: especificar las piezas que van a recibir aplicación por rociado para capa base.

- 1 - Peso de capa base seca por pie cuadrado.  
Dar excepciones.
- 2 - Gravedad específica, después de tener el cuerpo apropiado.
- 3 - Describir en términos generales método para el secado.

#### B - Aplicación de esmalte para Capa de Cubierta.

Nota: Si algunas piezas van a recibir esta aplicación por drenado, especificarlo.

- 1 - Peso de capa de cubierta seca por pie cuadrado.  
Dar cualquier excepción.
- 2 - Gravedad específica apropiada para el rociado.
- 3 - Describir en términos generales método para secado.

#### C - Quema de Capa Base.

- 1 - Temperatura para el horno.  
Dar la temperatura correcta para todos los termopares de cada horno, para todos los esmaltes.
- 2 - Tiempo de quema y velocidad de cadena.  
Este variará para cada esmalte y puede variar para piezas diferentes.  
Nota: Debe establecerse un sistema de inspección de todas las piezas antes de su quemado y llevar un registro con especificaciones.

#### D - Quema de Capa de Cubierta.

- 1 - Temperatura del horno.  
Dar la temperatura correcta para todos los termopares en cada horno y para todos los diferentes esmaltes que vayan a quemarse.
- 2 - Tiempo de quema y velocidad de la cadena.  
Este variará para cada tipo de esmalte y puede variar para piezas diferentes.

La forma II es una reproducción de la forma usada para registrar las especificaciones detalladas para esmalteado sobre lámina de metal.

A la organización de estos y el sistema usado para-

llevar a cabo revisiones y pruebas frecuentes de los métodos empleados en los diferentes procesos del esmaltado, se le llama proceso de control. La suma de detalles relacionados con estos registros, varía de una a otra planta. Las compañías grandes generalmente tienen dos empleados, o más, cuya sola obligación es vigilar y chequear cada operación con la mayor frecuencia posible. Las plantas más pequeñas generalmente encargan al jefe de taller de recoger esta información.

Los datos recogidos y registros serán inútiles, a menos que todas las operaciones y procesos de importancia sean recheados frecuentemente para corregir cualquier variación de las prácticas regulares establecidas. Aunque la rutina seguida para recabar esta información variará ampliamente, siempre será de gran utilidad para el indispensable control de los diferentes procesos.

ESPECIFICACION DE MATERIAL PARA MANUFACTURA.

Asunto Capa de Cubierta Resistente al Acido  
para Lámina de Hierro.

No. 3  
Fecha 9/2/74  
Pag. 1  
No. pags. 2

Substituyendo .....rechada.....

Esta Especificación de Material no Será Efectiva Hasta Ser A  
probada por el Departamento de Manufactura.

- 
- 1 - El esmalte no contendrá arsénico o plomo. Composición  
Química.
  - 2 - La resistencia del esmalte al ácido, después de ser aplicado y quemado en la debida forma, será como sigue:
    - a) Unas cuantas gotas de ácido cítrico, o ácido clorhídrico al 10% (por peso) aplicadas sobre la superficie de una lámina plana esmaltada, durante 15 - minutos no causará ninguna aspereza o pérdida de brillo de la superficie esmaltada, pero puede permitirse una ligera mancha iridiscente.
    - b) Una pequeña taza o vasija esmaltada con este esmalte, debe contener ácido cítrico al 10% o ácido clorhídrico - al 10%, a la temperatura ambiente, - por 16 horas, sin ocasionar ninguna aspereza o pérdida de brillo a la su perficie esmaltada.
  - 3 - El límite de quemado debe ser tal que el esmalte pueda ajustarse al proceso regular de la producción, donde las temperaturas usuales son de -- 1480° F. a 1520° F.
  - 4 - El esmalte deberá tener buena opacidad o poder - de recubrimiento al aplicarse en dos capas, a un peso de 1.15 oz. por pie cuadrado por capa.
  - 5 - El esmalte molido debe ser de tal naturaleza que:
    - a) Mantenga su cuerpo y consistencia lo suficiente para llevar a cabo un buen rociado por un periodo de 8 horas después de su entrega a las casetas - de rociado.
    - b) pueda ser rociado en forma apropiada con el mismo equipo usado para esmaltes aprobados.
    - c) No sea susceptible a rasgaduras, líneas de costa o a hacerse bolas, al ser rociado, secado y mane jado según el proceso regular.
  - 6 - El esmalte no se considerará aprobado hasta haber



ESPECIFICACION DE MATERIAL PARA MANUFACTURA.

Hoja No. 2

se corrido en producción por unas 48 horas como mínimo, con resultados satisfactorios, bajo la supervisión y control del departamento de laboratorio.

- 7 - El material que no llene las especificaciones anteriores puede ser rechazado y devuelto para ser repuesto, o devolución de su importe, a elección del comprador. Términos de rechazo.
- 8 - Este esmalte será comprado de abastecedores aprobados por el Departamento de manufactura.
- 9 - Todas las especificaciones referentes a esmaltes para capa de cubierta resistentes a ácidos, dadas con anterioridad, son canceladas por medio de éstas. Observaciones.

Preparado por ..... Aprobado por Departamento  
 Aprobado por..... Manufactura.  
 .....  
 Superintendente.

Forma III - Lado anterior y posterior de cédula usada para fines de registro e identificación en el cuarto de molienda.

Lado anterior.	Lado posterior
Fecha 1-12 - 73. Serie No. 56	
Esmalte. Capa Base Lámina de fierro	Condido Num.
Aprobado por... P.B.K.	7 bolsas Frita #118-R7148
Prueba cerrado... O.K.	1-1/2 " " #111-R7007
Peso esmalte descargado... 1650	1-1/2 " " #128-R7267
Adiciones a la molienda.	Lado anterior (continúa)
700 lbs. Frita # 118	Agua ... 60 galones.
150 " " # 111	Finura ... 9 - 10 Gramos.
150 " " # 128	Prueba quemada ... O.K.
70 " arcilla.	
50 " talcoespato	
7-1/2 borax	
1-1/4 carb. a.	

DEPARTAMENTO DE  
MANUFACTURA  
ESPECIFICACION DE PROCESOS.....

Asunto ..PICLEADO DE LAMINA DE HIERRO..... No.....  
Fecha..... 2/2/75.  
Pag..... 1  
Substituye ..... Rechazo..... No. Pags.....

Esta especificación de procesos no es efectiva sin la aprobación del Departamento de Manufactura.

A - Solución Limpiadora.

- 1- La solución que se emplee para la limpieza de la lámina de hierro, deberá contener, no menos de ..... oz/gal., ni más de ..... oz./galón, de..... (limpiador)
- 2- La fuerza de la solución limpiadora será determinada por análisis químico o por medio de píldoras para -- prueba, después de cada dos horas de uso
- 3- La solución limpiadora será mantenida en ebullición - durante todo el tiempo que este en uso.
- 4- Cuando la solución limpiadora haya estado en uso por ..... días de trabajo, o la proporción de alcali inactivo a activo haya alcanzado el límite máximo-permisible, o tan pronto como se noten imperfecciones en la limpieza del metal, debe ser desechada.

B - Solución para Piclado. (Baño Ácido)

- 1- La solución para el piclado deberá contener no menos del 6%, ni más del 8%, por peso, de ácido sulfúrico.
- 2- La acidez será determinada por análisis químico o por píldoras para prueba, después de cada dos horas de -- trabajo.
- 3- El contenido de hierro de la solución para el piclado no excederá del 6% (seis por ciento) por peso de hierro, que será determinado por análisis químico o - píldoras de prueba.
- 4- Cuando la solución para el piclado haya estado en uso por ..... semanas, el contenido de hierro será determinado una vez al día, y la solución desechada, - cuando el contenido de hierro alcance el 6%.
- 5- La solución para el piclado será mantenida a una temperatura no menor de 140° F., ni mayor de 150° F. cuando esté en uso.

C - Solución Neutralizadora.

- 1- La solución neutralizadora se preparará con materiales alcalinos aprobados, en cantidades tales que el contenido de alcali activo (Na<sub>2</sub>O) no será inferior a 0.3%, ni mayor de 0.4% por peso, determinado por análisis químico o píldoras para prueba.

DEPARTAMENTO DE MANUFACTURA.

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTOS.

Asunto .. PICLEADO DE LAMINA DE HIERRO. .... No.....1.....  
..... Fecha ..2/9/73..  
Substituye ..... Pag. ....2.....  
.....Rechado..... No.pags. 2.....

---

2- La temperatura de la solución neutralizadora no será inferior a 140°F

3- Cuando la solución neutralizadora haya estado en uso - por 24 horas , será desechada, y se preparara nuevamente.

D- Soluciones para Enjuagues,

1 -El tanque para enjuague en seguida de la operación de limpieza, debe mantenerse caliente y tener agua corriente durante todo el tiempo que dure el enjuague. Por lo menos una vez al día será vaciado y limpiado.

2- El tanque para enjuague después de la operación de pickleado debe mantenerse caliente y tener agua corriente, durante todo el tiempo que este en uso. Será vaciado y limpiado por lo menos una vez al día.

E - Métodos para el Proceso.

1- Las piezas serán sumergidas en la solución limpiadora por no menos de 25 minutos. La solución debe mantenerse en ebullición. Si las piezas no salen perfectamente desengrasadas deberán permanecer por más tiempo.

2- Las piezas deben ser perfectamente enjuagadas en seguida de la operación de limpieza y deben quedar -- completamente libres de solución limpiadora, aceites-grasas y jabon.

3- Las partes serán pickleadas ( sumergidas en soluciones ácidas) por un periodo mínimo de 15 minutos, que se prolongará a 20 para piezas soldadas.

4- Después de dejar escurrir las piezas pickleadas hasta quedar libres de ácido, serán enjuagadas en un baño - de agua caliente con agua corriente continuamente.

5- (a) Las piezas serán entonces neutralizadas para remover cualquier rastro de ácido que pudiera quedarles.

(b) Las piezas permanecerán en la solución neutralizadora por no menos de un minuto, e inmediatamente serán colocadas en el secador.

6- (a) El secador será un horno con suficiente calor y - circulación de aire para que las piezas puedan secarse rapidamente sin emmohecerse.

7- Cualquier grasa, cera alquitran, cal, natas o espumado u otras substancias extrañas que floten sobre las soluciones serán quitadas antes de remover las piezas de esa solución.

---

REGISTRO DE MOLIENDA.

(Forma 3)

Molienda Número	Molino Num.	Números de Frita y Fundido	Celdas pato	Arcilla	Borax
283	4	1000 lbs. Frita No. 1020 9 bolsas # 2108 1 " # 2109		75 #	
284	1	750 lbs. Frita No. 118 -Fund. 3002 250 lbs. Frita No. 111 -Fund. 3412	30#	70#	7-1/2#

Nota: Este registro tiene 9 columnas más que se dan a continua -  
ción.

Magnesia	Varios	Oxido de Estaño	Oxidos Colorantes	Agua Fimura	Muestra quemada	Esmal te.
2-1/2#		50#	9-3/4 lbs. / 1320 marfil	420 2-3	O.K.	#21 Marfil
Fecha 1/6/73.						
2-1/2#	Bentonita			500 8-10	O.K.	Acero C.Base.

Forma usada para fines de registro en el cuarto de molienda.

CONTROL DE PICLEADO.\*

Fecha 1/11/73.

Hora	Tanque Limpia dor No. 1	Tanque Limpia dor No. 2	Picleado Acido	Neutraliza dor.					
	Tipo F-XX	Tipo F-70-A	Tipo Sulfúrico	Tipo Sosa BORAX					
	Fuerza oz/gal.	Tempera tura	Fuerza oz/gal.	Tempo ratura	Fuerza Temp.	Conte nido hierro	Fuerza Na <sub>2</sub> O	Temp.	
A.M. 7	6onzas	180	7 oz.	180	6%	150	2%	.40	180
9	6 oz.	Ebulli ción	7 oz.	200	6%	150	2%	.40	185
11	6 oz.	Ebulli ción	7 oz.	Ebulli ción.	6%	150	2%	.40	190

CONTROL DE PICLEADO  
(Continuación)

Fecha 1/11/73

Hora	Tanque Limpia	Tanque Limpia	Picleado Acido		Neutraliza	
	dor No. 1	dor No. 2			dor.	
	Tipo F-XX	Tipo F-70-A	Tipo Sulfrico		Tipo Sosa	
					Bcrax.	
	Fuerza Tempe	Fuerza Tempe	Fuerza Temp.	Conteni	Fuerza	
	oz/gal.ratura	oz/gal.ratura		do hie-	%Na <sub>2</sub> O	Temp
				rro		
11 P.M.	6 oz. Ebullición.	7 oz. Ebullición	6%	150	2%	.40 190
1	6 oz. Ebullición.	7 oz. Ebullición	7%	160	2%	.35 190
3	6 oz. Ebullición	7 oz. Ebullición	5-1/2%	150	2%	.40 185

Nota: Esta forma para control de picleado tiene 3 columnas más que se dan a continuación.

Condiciones Secado.	Cambio en soluciones.	Observaciones.
A.M.		
7 O.K.		Tanque limpiador frío al principiar.
9 O.K.		
11 P.M.		
1 O.K.	Se añadió ácido a la l.p.m.	
3 O.K.		

Firmado J.D.H.

Forma típica empleada para registrar datos durante el picleado.\*  
\*Limpieza del metal por baño ácido.

CONTROL DE PESO DE APLICACION DE CAPA BASE  
POR INMERSION .

Fecha	Peso seco por pie cuadrado(ambos lados) Tanque No. 1									
Peso	7.a.m.	8 a.m.	9 a.m.	10 a.m.	11 a.m.	12 a.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.
Pieza	Puertas	Fuertas	Puertas	Puertas	Costa	Costa	Bases	Bases	Bases	
Peso	36 grms.	36	35	35	dos 39	dos 39	34	33	33	

Tanque No. 2

	7 a.m.	8 a.m.	9 a.m.	10 a.m.	11 a.m.	12 a.m.	1 p. m.	2 p.m.	3p.m.	4 p.m.
Peso.	34 gms.	34	34	34	34		La inmersión se suspendió a las 12.			
Pieza	Base	Base	Base	Tiras	Tiras					

Firmado J. D. W.

CONTROL DE PESO DE APLICACION POR ROZIADO  
DE CAPA DE CUBIERTA .

Peso seco por pie cuadrado.	Caseta No. 3										
	7 a.m.	8 a.m.	9 a.m.	10 a.m.	11 a.m.	12 a.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.	5 p.m.
Peso	45gms.	43.5	46.0	44.0	42.		34	31	35		
Pieza	Puer- tas.	Puer- tas.	Puer- tas.	Tapas	Tapas		Lados	Lados	Paneles		
	1-capa	1-capa	1 cp.	1 pa- pa.	1 pa- pa.		2 capas	2 ca- pas.	2 ca- pas.		

Caseta No. 4

	7 a.m.	8 a.m.	9 a.m.	10 a.m.	11 a.m.	12 a.m.	1 p.m.	2 p.m.	3 p.m.	4 p.m.	5 p.m.
Peso	44 gms.	42	45	43	44						
Pieza	#556	#556	#313	Tapas	Tapas						
	lados	lados	bases	1 capa	1 capa						

Firmado J. D. H.

Fecha 13/2/73.

TIEMPO DE QUEMA Y CONTROL DE TEMPERATURA.

Fecha 1/3/73

HORNO DE CAJA Num. 1

7 A.M. 8 a.m. 9 a.m. 10 a.m. 11 a.m. 12 m 1 p.m. 2 p.m. 3 p.m. 4 p.m.

Temperatura.	1300	1300	1300	1290	1290
Tiempo	13	20	19	13	20
Piezas	Parri llas	Fren tes.	Tapas	Ana queles	Fren tes.
Capa	1a.B.	Base	Base	2a.B.	Grano.

HORNO DE CAJA Num. 2

7 a.m. 8 a.m. 9 a.m. 10 a.m. 11 a.m. 12 m 1 p.m. 2 p.m. 3 p.m. 4 p.m.

Temp.	1500	1500	1500	1480	1480	1480
Tiempo	3	3	3	3	3	2-1/2
Piezas	La pane dos. les.	Tapas	Lados	Pane les.	Tapas	Decals.
Capa	1a. la.	Cubier ta.	Cubier ta	Base	Base	Decals.

TIEMPO DE QUEMA Y CONTROL DE TEMPERATURA.

Fecha 1-12-73

HORNO CONTINUO Num. 1

7 a.m. 8 a.m. 9 a.m. 10 a.m. 11 a.m. 12 m. 1 p.m.

Control #1	Fijada	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Temp.	Regis- trada.	1200	1180	1130	1100	1100	1150	1220
Control #2	Fijada	1580	1580	1580	1600	1600	1580	1580
	Regis- trada.	1580	1580	1580	1600	1600	1580	1580
Control #3	Fijada	1580	1580	1580	1600	1600	1580	1580
	Regis- traia	1580	1580	1580	1600	1600	1580	1580
Velocidad de cadena		6-1/2	6-1/4	6-1/4	6	6	6-1/2	7
Piezas		Lados	Tapas	Tapas	Bases	Bases	Rec.In teriores	Lados
Capa		Base	Base	Base	Base	Base	Base	Base

Firmado P.E.C. (Forma usada para reportar temperaturas en varios pirómetros, velocidad de cadena, tipo piezas, capas.)

INFORME DIARIO DE INSPECCION.

CAJA DE CUBIERTA Y CAPA BASE SOBRE HIERRO FUNDIDO Fecha.....

(Esta forma para reporte diario de inspección tiene 25 columnas)

Tipo	Pieza	Cantidad producción	Piezas O.K.	Pies Cuadrados.	Piezas Rechazadas	Piezas Raspadas.
------	-------	------------------------	----------------	-----------------	----------------------	---------------------

Hervor Base	capa	Orilla negra imperfecta.	Granula ciones.	Escama de Pescado	de Rociado Defectuoso	Orilla De fectuosa
----------------	------	-----------------------------	--------------------	----------------------	--------------------------	-----------------------

Sucie dades.	Esca mado.	Araña zos.	Quemado Insuficiente	Reque mado.	Daña da.	Lineas de pelo.	Carre ras	Puntos cobre
-----------------	---------------	---------------	-------------------------	----------------	-------------	--------------------	--------------	-----------------

Calcomanías imperfectas	Acabado de Grano, de fectuoso	marcas de agua.
----------------------------	-------------------------------------	--------------------

Totales diarios	Tanto por ciento
Totales acumulados	diario.....
Total por pie lineal	acumulado
Total por pie cuadrado	durante el mes.....
Inspector.....	



C A P I T U L O VIII.

OPERACION DE UNA PLANTA DE ESMALTADO .

## CAPITULO V

### OPERACION EFICIENTE DE UNA PLANTA DE ESMALTADO PORCELANIZADO.

El desarrollo de la industria del esmaltado porcelanizado, con standards cada vez más elevados de calidad, mayor competencia y costos de trabajo y material en aumento, hacen cada vez más necesaria la operación eficiente de una planta para mantenerla a la altura de las prácticas modernas y reducir costos.

La programación de las diferentes operaciones necesarias para la producción es de gran importancia y contribuye directamente a lograr una mejor calidad y una mayor producción.

La operación eficiente de una planta depende pues de una carga óptima para el equipo, de la programación, orden y control de los diferentes procesos. Así también el control de todos los procesos del esmaltado porcelanizado, cuya operación esta sujeta a numerosos problemas ocasionados por diferentes factores, es de la mayor importancia, por lo que además de una inspección continua de cada proceso, deben hacerse todas las pruebas necesarias y llevarse registros de control.

En general es de desearse que el tiempo que transcurre entre una operación y otra sea siempre el mínimo y que los periodos de almacenamiento sean tan breves como sea posible. Las piezas porcelanizadas están expuestas a daños en cualquier etapa de su proceso y desde luego es conveniente eliminar todo manejo innecesario de ellas y proveer

los medios prácticos para transportarlas sin dañarlas. El tipo de equipo que se emplee y su localización adecuada serán de la mayor importancia para facilitar su manejo.

El inspeccionar las diferentes etapas del proceso es necesario para corregir defectos que puedan ser remediados de inmediato, pero que descuidados serían causa de rechazos al fin del proceso. El personal puede ser entrenado para separar en cada operación las piezas defectuosas. Por ejemplo los operadores del proceso de inmersión deben observar con cuidado las piezas, revisándolas antes y después de su inmersión para ver si tienen alguna abolladura, deformación, protuberancias, suciedad etc. antes de sumergirlas en el tanque de esmalte, volviéndolas a revisar al terminar su escurrimiento para ver si tienen partes sin cubrir o cualquier otro defecto de aplicación, antes de que pasen al secador. Lo mismo se debería de hacer en los departamentos de rociado, cepillado, horneado, etc., además debe haber inspectores especiales para los principales procesos.

Prácticas de almacenamiento. La acción de la atmósfera e impurezas del aire sobre las piezas almacenadas, ocasionan defectos en la capa de esmalte porcelanizado. El almacenamiento de las láminas de metal requiere una planeación cuidadosa para reducir al mínimo los daños. El área de almacenamiento debe estar seca para mantener las reacciones del hierro y de los compuestos lubricantes a un mínimo y para evitar el enmohecimiento de las piezas. Las láminas crudas en almacenamiento deben de ser identificadas por lotes, para que sean procesados primero los-

lotes que tienen más tiempo de estar almacenados. Las piezas de metal que han sido picleadas deben también de ser identificadas por lotes, pues no deben almacenarse por más de 24 horas. De ser posible es preferible mover las piezas directamente del secador después del picleado, a la sección de aplicación de esmaltes. También debe evitarse almacenar las piezas que están en las etapas intermedias del proceso de aplicación del esmalte.

El almacenamiento y manejo de las piezas esmaltadas terminadas requiere cuidadosa consideración. Las piezas que ya están listas para su ensamblado deben almacenarse teniendo en cuenta su diseño, método de transportación en el interior del taller y facilidad de manejo. El uso de transportadores en el almacén elimina muchos problemas, al usar carros o carretillas el problema es más difícil. En general las piezas terminadas deben de ser protegidas para que las superficies esmaltadas no tengan contacto con orillas, esquinas o partes ásperas de otras piezas. Si las piezas son apiladas es necesario evitar un peso excesivo, que puede deformar las que quedan en la parte inferior.

Se dijo que una operación eficiente dependía de una carga óptima para el equipo y hay que advertir que solo una programación apropiada podrá lograr una carga óptima. Las cargas excesivas, con demasiado peso o los transportadores operados con demasiada rapidéz, darán malos resultados, en tanto que cargas insuficientes o transportadores que corren a velocidades inferiores a su velocidad óptima, obviamente darán por resultado reducciones en la producción. La carga de los hornos en particular requiere una

minuciosa programación, teniendo en cuenta las piezas que pueden ser quemadas juntas y que constituyan una carga apropiada para el horno.

**Daños atmosféricos.** La contaminación de la atmósfera por gases y polvos es a menudo causa de defectos de las superficies esmaltadas. La fuente de la contaminación atmosférica puede ser alguna industria de los alrededores o puede ser la planta esmaltadora misma. En general los siguientes contaminantes causarán dificultades: gases de -- sulfuro o polvos cargados de sulfatos, polvos orgánicos, de carbón mineral, carbonatos y materiales colorantes. Generalmente alguno de éstos estará presente en las cenizas que se vuelan, en el olin aceitoso de una mala combustión, en los gases de extracción de combustibles con alto contenido de azufre, en los vapores de los tanques de ácido sulfúrico, en los polvos producidos en las operaciones de terminados del metal y moliendas, etc. Como estos contaminantes provienen de dentro y fuera de la planta, hay que tomar las precauciones apropiadas. Las más importantes -- son:

1 - Suministrar aire limpio filtrado a las áreas de rocío, y mantener un sistema de filtrado trabajando a su mayor eficacia.

2 - Los tubos de extracción y el cuarto de picado deben de quedar en alto y en una dirección tal, que los gases no puedan regresar a la planta.

3 - Mantener un sistema de limpieza y remoción del polvo. No debe barrerse en seco, ni usarse mangueras de aire para el soplado. Hay que humedecer para barrer, o bien usar-

máquinas barredoras; el polvo debe removerse en su misma fuente si es posible; las áreas y mesas para el cepillado deben tener un buen sistema de extracción.

El escamado de las herramientas del horno y el polvo y suciedad que se acumula en los transportadores elevados -- deben mantenerse a un mínimo. Hay que implantar sistemas apropiados de limpieza y seguirlos escrupulosamente. Los transportadores usados en las casetas de rociado deben -- protegerse del esmalte y las cadenas de los hornos pueden limpiarse con limpiadoras automáticas.

\* Mantenimiento del horno. Los hornos para esmaltado por celanizado son generalmente unidades bien construidas que pueden soportar un uso pesado. Probablemente lo más importante para el mantenimiento del horno es tenerlo siempre limpio. Al caerse algún artículo de los ganchos o soportes debe ser removido tan pronto como sea posible, si se permite que permanezca dentro del horno, las piezas de acero pueden producir manchitas negras sobre las superficies esmaltadas en grandes cantidades. Es conveniente evitar temperaturas por encima de 2600<sup>o</sup>F. que pueden perjudicar los refractarios. Los hornos eléctricos o de tubos radiantes pueden calentarse y enfriarse en ciclos más o menos rápidos, porque son construidos sin refractarios pesados, pero los que tienen refractarios normales no deben calentarse ni enfriarse con demasiada rapidez. Se recomienda de 4 a 5 días para subir la temperatura de 100 a 1600 y 3 o 4 días para enfriarlos.

Distribución de la planta. Los talleres para esmaltado porcelanizado son básicamente de dos tipos, i. e., los

que usan hornos tipo carga y los que usan hornos continuos. Las plantas que emplean hornos tipo carga, generalmente - son pequeñas, con hornos que producen de 400 a 600 pies - cuadrados de piezas planas, un quemado por hora. Una planta que tiene solamente un horno de caja, de 5 X 12 pies, - necesita unos 8,000 pies cuadrados de extensión para una - buena distribución de los diferentes talleres, y 10,000 - podrán ser suficientes para una planta de dos hornos.

El movimiento de trabajo de cada departamento debe - estudiarse cuidadosamente a fin de reducir a un mínimo el manejo de las piezas. Esto resultara difícil cuando se - usa el ciclo de carga.

Las máquinas horizontales para rociado y secadores/han <sup>continuos</sup> puesto en desuso los antiguos métodos de colgar las piezas después de rociarlas y colocarlas en un cuarto secador, Ahora el cepillado se puede hacer al salir las piezas del tunel secador, eliminando así las muchas piezas - dañadas por el uso del antiguo sistema.

El uso de barras dentadas y ganchos para colgar las piezas dentro del horno ha aumentado la producción en un 50% comparada con la que se obtenía cuando las piezas se colocaban en cubiertas horizontales para su quemado. Cuando una producción alcanza unos mil pies cuadrados de porcelanizado, una quema por hora, o más, resultará ventajo so desde el punto de vista de la calidad y el costo, usar hornos continuos. La reducción en el número de piezas danadas es evidente debido en gran parte a la continuidad de todo el proceso.

En la actualidad se usan máquinas de picleado conti

nuo, del tipo de monoriel, horizontales y de brazo automático. Las soluciones para el picado o la limpieza se aplican por rociado o inmersión. Aunque el mantenimiento de picleadoras continuas es bastante alto, hacen el mejor trabajo en la preparación del metal.

Los secadores para el esmalte porcelanizado generalmente trabajan con gas. Los intercambiadores de calor -- proporcionan una fuente de aire caliente limpio, por convección. La radiación directa de las unidades para calentamiento, combinada con circulación de aire, produce un secado rápido con resultados satisfactorios.

Mucho se adelantó al reducir el peso de las herramientas usadas en los hornos.

Es ahora ampliamente reconocido que al mejorar las condiciones de trabajo se mejora la calidad del producto, así pues se hace necesaria la instalación de equipo moderno y la atención a todos los detalles que conciernen a ventilación, luz, pisos, tubería, seguridad, etc.

Ventilación. Cada día se da más importancia a la necesidad de una ventilación adecuada, no solamente en las áreas próximas a los hornos o en el cuarto de picleado, sino en toda la planta. Se tiende a que haya un acondicionamiento del aire para toda la planta, para que haya la ventilación apropiada para las personas confinadas en un determinado espacio, y para remover las substancias peligrosas o nocivas de la atmósfera. El aire puede ser suministrado por ventanas, sistemas de corrientes forzadas, o por sistemas de succión, o por una combinación de éstos.-



Se recomienda renovar el aire de 10 a 15 veces por hora. Las condiciones de calor excesivo cerca de los hornos y secadores, se mejoran por medio de ventiladores altos, para extraer el aire caliente y evitar que el calor se encierre dentro del taller. También se usan ventiladores portátiles que se colocan cerca de los operadores en estas zonas.

Dentro del cuarto de picleado el problema de la ventilación es crítico, aún con buenos sistemas de extracción para los vapores de ácidos y vapor de agua provenientes de los tanques de ácido y tanques limpiadores, y es necesario que haya cada día mejores condiciones de trabajo en estas áreas. Este cuarto es conveniente se encuentre aislado del resto de la planta.

Probablemente el problema más agudo en cuanto a ventilación, en una planta para esmaltado porcelanizado es el de extracción de las casetas para rociado y del polvo del taller de cepillado, ya que hay que evitar la contaminación de las piezas que se están trabajando por el polvo de los residuos de esmalte que se esparce en estas áreas. El problema es atacado con el lavado por rociado de agua que se emplea para las casetas y con sistemas de extracción del polvo por succión para las mesas de cepillado.

Pisos. Con excepción de las grandes fábricas que manejan casi todo a base de transportadores, hay en todos los talleres de porcelanizado un movimiento continuo de carros y carretillas, enrejados y barras para colgar las piezas y para transportarlas de una a otra operación

Un carro cargado puede ser volteado fácilmente o sacudido bruscamente, si se lleva por pisos ásperos o en malas condiciones, por lo que es necesario que haya buenos pisos, firmes, llanos, y fáciles de limpiar. Los pisos de madera o ladrillo no son recomendables, es preferible sean de concreto u otras composiciones. El piso del cuarto de la molienda debe recibir especial atención porque frecuentemente se encontrará mojado por la carga y descarga de los molinos, el lavado de recipientes y el agua que se emplea para refrescar los molinos cuando es necesario. Este piso debe mantenerse muy limpio, lavándolo frecuentemente y recogiendo el esmalte que pueda haberse derramado sobre él. Es conveniente que el lavado se haga con un derrame abundante de agua, para que se lleve los desperdicios, por lo que es esencial tener un buen drenaje y sumideros que recojan el esmalte asentado, evitando que se tape el desagüe. El cuarto del piclado constituye también un problema difícil a causa del uso del ácido sulfúrico o muriático. Es peligroso que las tuberías para agua o vapor se hallen cerca de los tanques para ácidos. Deben tomarse las precauciones necesarias para reducir el ataque de los ácidos y evitar el estancamiento de agua sobre los pisos.

Luz. - Cada vez se reconoce más y más la necesidad de un alumbrado apropiado, para llevar a cabo con mayor seguridad las diferentes operaciones del esmaltado; tomando en consideración el tamaño de las lámparas, la altura y distancia entre una y otra, su tipo, etc. La luz-

natural se considera la mejor y se recomienda que llegue por la parte superior mejor que por los lados, cuando esto sea posible. La luz artificial debe compensar la deficiencia en luz natural durante el día y ser la adecuada para las operaciones nocturnas. Se recomienda que haya abundancia de luz en las casetas para rociado, en los tanques de inmersión y en los lugares de carga y descarga. Para igualar colores se necesitarán arreglos especiales de luz.

La instalación de líneas para gas, aire, agua, electricidad, etc., requiere cuidadosa consideración en la instalación de una planta de este tipo, con el fin de que resulten fácilmente accesibles y sea fácil limpiarlas. Las líneas para proporcionar aire a las pistolas para rociado, deben de tener bases para goteo del agua, a fin de recoger y descargar el agua que pueda haber en ellas, antes de que llegue el aire a las pistolas. Los conductos para aire deben de tener todas las facilidades necesarias para limpiarlos de polvos.

Seguridad. Todo lo que concierne a seguridad y protección contra incendios, debe de tenerse en cuenta desde la planeación y construcción de la planta. La protección debe ser automática y permanente, para que el peligro para las personas que en ella trabajan sea mínimo o eliminado. Todos los factores de protección contra el fuego son de primera importancia, debe contarse con el equipo más moderno posible: sistemas de alarma, rociadores automáticos, paredes interceptoras contra fuego, fácil acceso a salidas, luz y ventilación apropiadas, etc.

Debe haber un buen servicio de primeros auxilios, vigil cia constante de aparatos y maquinaria; adecuada protec - ción contra caídas y resbalones, controles automáticos y desconectores del equipo para casos de mal funcionamien to o de fallas.

Las condiciones de trabajo y sanidad son muy impor - tantes. Los cuartos para aseo y descanso, deben de ser su ficientes para llenar las necesidades, según el número de personal de la planta, y sería muy conveniente hubiera re - gaderas para los trabajadores. En plantas que usan esmal - tes que contienen plomo es de rigor que haya regaderas.- Las leyes sobre esta materia deben ser examinadas cuida - dosamente.

Es absolutamente necesario que se disponga de agua - pura y fresca para beber, especialmente cerca de las a - reas más calientes de trabajo. El agua debe de estar a - una temperatura de 55<sup>o</sup>F. aproximadamente; más caliente - es desagradable y más fría peligrosa donde hay calor ex - cesivo y hombres que sudan.

Bibliografia.

J. E. Hansen - Preparation of Metal Surfaces . The Enamelist Publishing Company, Cleveland, Ohio U.S.S.

Preparation of Sheet Steel for Porcelain Enameling. Porcelain Enamel Institute, Washington D. C.

Application of Enamel - The Advanced Technique of Porcelain Enameling. Ferro Enamel Corporation Cleveland, Ohio. U.S.A.

Porcelain Enameling - Bulletin of the American Ceramic Society.

Porcelain Enameling Operations . E. E. Bryant. Enamelist Publishing Company. Cleveland, Ohio. U.S.A.

The Drying of Porcelain Enamel. The Enamelist Publishing Company.

Manual of Porcelain Enameling - J. E. Hansen. The Enamelist Publishing Company, Cleveland Ohio. U.S.A.

Burning. The Advanced Technique of Porcelain Enameling - Ferro Enamel Corporation Cleveland, Ohio. U.S.A.

Furnace and Refractory Development. F. S. Markert.

Process Control Methods - W. N. Noble. Ferro Enamel -- Corporation, Cleveland, Ohio. U. S. A.

Enamel Plant Management D. S. Cable - Ceramic Industry. Cleveland, Ohio. U.S.A.