

308917-36



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERÍA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

201

**OPTIMIZACION DEL PROCESO DE ESMALTE
PORCELANIZADO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE ;
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INGENIERIA INDUSTRIAL

P R E S E N T A
FELIX PASCUA PURON

DIRECTOR: ING. RODOLFO BRAVO DE LA PARRA

MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	
CARACTERISTICAS GENERALES Y PROCESO GENERAL EMPLEADO PARA EL ESMALTE PORCELANIZADO	5
1.1 Esmalte porcelanizado	5
1.2 Propiedades	7
1.3 Proceso general	11
1.3.1 Preparación del esmalte	17
1.3.2 Métodos de aplicación	22
1.3.3 Completando el proceso	23
CAPITULO 2	
SELECCION DEL METAL Y FORMADO	26
2.1 Selección de la chapa	26
2.2 Diseño	28
2.2.1 Importancia	28
2.2.2 Dimensiones	29
2.2.3 Espesor de la chapa	30
2.2.4 Agujeros	32
2.2.5 Pestañas	32
2.2.6 Relieves	38
2.2.7 Cepillado	38
2.2.8 Accesorios fijos	40
2.3 Formado y armado	41
3.2.1 Formado	41
3.2.2 Armado	44

2.4	Preparación del metal para el esmaltado	50
2.4.1	Decapado	50
2.4.2	Métodos de control de soluciones de decapado	59
2.4.3	Lavadora continua	62

CAPITULO 3

	PREPARACION DEL ESMALTE, APLICACION, SECADO Y QUEMADO	68
3.1	Molido de los esmaltes por vía húmeda	68
3.1.1	Método de control de molienda	77
3.1.2	Adiciones de molienda	85
3.1.3	Igualación de colores	89
3.2	Métodos de aplicación	91
3.2.1	Métodos de bañado	92
3.2.1	Métodos de sopleteado	96
3.3	Secado	100
3.4	Quemado	106
3.4.1	Hornos adecuados	110
3.4.2	Ventajas del horno ligero	114
3.4.3	Factibilidad económica	116

CAPITULO 4

	DESCRIPCION DE DEFECTOS DE FABRICACION Y TECNICAS DE SOLUCION	123
4.1	Defectos de fabricación	123
4.1.1	Inconvenientes debidos a los metales base	123
4.1.2	Problemas del decapado	124
4.1.3	Dificultades en el molido	125
4.1.4	Aplicación del fundente	125
4.1.5	Cocción del fundente	126

4.1.6	Aplicación de los esmaltes de cubierta	126
4.1.7	Cocción de los esmaltes de cubierta	127
4.2	Descripción de defectos y técnicas de solución	128
4.2.1	Ampollado	128
4.2.2	Hervido	128
4.2.3	"Escamas de pescado"	129
4.2.4	Saltado	130
4.2.5	Descascarado	130
4.2.6	Escamas	130
4.2.7	"Líneas de cabello"	131
4.2.8	La baja cocción como causa de "líneas de cabello"	131
4.2.9	"Líneas de cabello" causadas por herramental frío	132
4.2.10	Manejo descuidado	132
4.2.11	"Líneas de cabello" en los esmaltes de hierro fundido	132
4.2.12	Cuardeado	133
4.2.13	"Cabezas de cobre"	133
4.2.14	Saltaduras	134
4.2.15	Roturas	135
4.2.16	Oxidación	136
4.2.17	"Estrellas"	136
4.2.18	Deformación de las piezas	136
4.2.19	"Piel de naranja"	137
4.2.20	Líneas de agua	137
4.2.21	"Corrido"	138
4.2.22	Piezas de rechazo	139
4.2.23	Puntos negros	141
CONCLUSIONES		142
BIBLIOGRAFIA		144

INTRODUCCION

"Esmalte porcelanizado" es un acabado inorgánico fundido a un metal a temperaturas cercanas al rojo vivo. En este caso, el rojo vivo se sitúa entre 900° y 1850° Fahrenheit (480° y 1000° centígrados) dependiendo del metal, tipo de esmalte y propósito del uso del acabado. El término "vidrio en metal" quizá sea más descriptivo para señalar la durabilidad y características de la superficie.

La historia del esmalte porcelanizado es muy antigua y data de tiempos anteriores a nuestra era. Se cree que el arte del esmaltado se originó en Asia, y existe evidencia de que los primeros egipcios, asirios, griegos, bizantinos, así como chinos y japoneses, practicaron este arte. Más tarde se extendió a Europa y, finalmente en América. Con el transcurso del tiempo, su procedimiento ha sufrido grandes modificaciones hasta llegar en nuestros días, a ser una industria de gran importancia.

En muchos museos del mundo se encuentran objetos de arte hechos con esmalte porcelanizado, los cuales tienen cientos de años de antigüedad, y aún conservan sus rasgos y brillo original. Esto prueba la durabilidad y belleza de este tipo de acabado.

Los primeros metales utilizados fueron el oro, la plata y el cobre. El primer esmaltado en hierro fundido se realizó en Alemania, alrededor de 1830. Aproximadamente en 1850, el esmalte fue aplicado en hojas de hierro en Austria y Holanda.

Durante este periodo se realizaron grandes avances por medio de la química, y probando diferentes materiales, así como importantes descubrimientos en el mejoramiento de la fabricación del hierro y del acero.

La primera fábrica "moderna" de esmalte porcelanizado en América, que fue utilizada para la fabricación de peltre (utensilios para cocinar hechos con hojas de acero y recubiertas de esmalte), se estableció en Wisconsin, Estados Unidos, en 1857.

En México, las primeras plantas se establecieron alrededor de 1920, teniendo un importante apogeo entre las décadas 40 y 50.

Hoy en día, el esmalte porcelanizado se encuentra en muchas partes. La mayoría de las personas están familiarizadas con este acabado, teniéndolo principalmente en aparatos electrodomésticos y utensilios de cocina. Otras aplicaciones del esmalte porcelanizado se utilizan en la construcción, en carteles y señalamientos, en equipos procesadores de comida, en la industria química, en intercambiadores de calor, reflectores, etcétera.

Desde el punto de vista técnico, el esmalte

porcelanizado no es una ciencia exacta. Se ha progresado mucho al utilizar consideraciones químicas y físicas al proceso y pruebas del esmaltado, sin embargo, aún existen muchas opiniones diferentes sobre cuales son las mejores prácticas y teorías necesarias para producir las cualidades deseables en un acabado hecho a base de esmalte porcelanizado.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de esta tesis es la optimización del proceso de esmaltado, para dejar de ser una operación esencialmente empírica y transformarse en una operación científicamente controlable.

Operando bajo precisas normas de trabajo, es posible obtener un esmalte cuyo tamaño de partículas, peso específico y consistencia, fluctúen entre límites establecidos, y de una invariable calidad, con novedosas formas de procesamiento y adecuando todo lo anterior a los procesos que actualmente se están utilizando en México.

El material presentado a continuación está basado principalmente en experiencias propias y de primera mano, así como un sumario de recomendaciones de varios autores especializados en este tema.

LIMITACIONES DE LA TESIS

De ningún modo se pretende, con esta tesis, dejar por sentada una cátedra técnica absoluta o pretender revolucionar la industria del esmalte porcelanizado. Se trata,

sólo, de dar al industrial familiarizado con esta técnica, una serie de recomendaciones para resolver algunos de los problemas más comunes y una propuesta de operación más controlable, y para aquéllos que apenas se inician en este ramo, un panorama general del proceso que sirva como guía para conocer y entender cada uno de los pasos necesarios que se aplican en esta técnica.

CAPITULO 1

CARACTERISTICAS GENERALES Y PROCESO GENERAL EMPLEADO PARA EL ESMALTE PORCELANIZADO

1.1 ESMALTE PORCELANIZADO

El esmalte porcelanizado es, a grandes rasgos, una capa de vidrio aplicado a un metal. El vidrio debe estar elaborado de tal forma que se "acomode" al metal, esto es, que lo cubra completamente sin perder los rasgos y dobleces hechos originalmente al metal. Para lograr esto, la composición y las propiedades físicas del vidrio varían considerablemente de las del vidrio convencional. El vidrio para esmalte porcelanizado, visto a microscopio, contiene pequeñas burbujas, de forma que, la superficie esmaltada final tiene una textura que varía entre la pintura orgánica horneada (pintura utilizada principalmente para la industria automotriz) y la textura del vidrio pulido.

El acabado porcelanizado puede obtenerse en una variedad de colores, es muy durable, tiene una alta resistencia al calor y a la corrosión, y puede elaborarse

para producir diferentes propiedades para determinados y específicos tipos de uso. La composición puede hacerse para obtener resistencia directa a los ácidos, a los alcalinos medios como el detergente, larga resistencia térmica al medio ambiente o resistencia extrema a la temperatura.

La estabilidad y resistencia de sus colores, su fácil limpieza, resistencia a la temperatura y a la abrasión son sólo algunas de las muchas propiedades del esmalte porcelanizado.

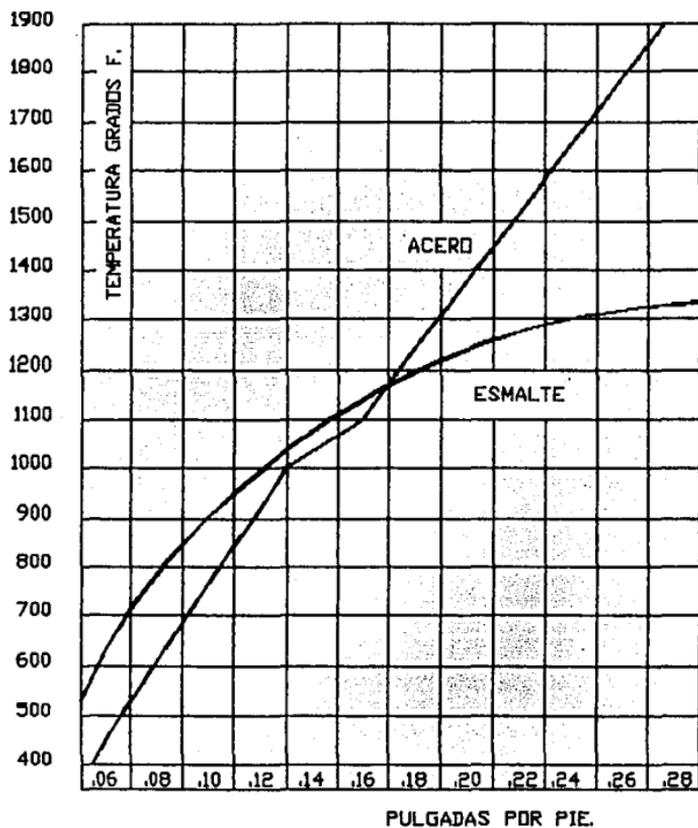
La composición del vidrio para esmaltar debe ajustarse para obtener un certero rango de propiedades físicas. Las variaciones correctas dentro de estos rangos producen las propiedades deseadas para los diferentes usos. Las propiedades físicas a considerar son, principalmente: expansión, temperatura requerida para fundir el vidrio en una capa, solubilidad en agua, compatibilidad con el metal o con otras adiciones de vidrio y la retención de estas propiedades tras repetidas recalentadas a temperaturas cercanas a su punto de fusión.

Existen muchas formas de obtener el vidrio para esmaltar, una de estas formas es introducir vidrio fundido en agua, de tal forma que al contacto con ésta, el vidrio se "rompe" produciendo infinidad de pequeñas partículas llamadas, en su conjunto, "frita". Otro método para obtener frita, lo suficientemente fina para facilitar su aplicación, es rolar una hoja de vidrio entre dos rodillos enfriados con agua, produciendo una frita satisfactoria sin tener contacto directo con agua. A la frita producida por este método se le conoce

como hojuelas de frita o frita "escamada". Sin importar el método empleado para producir la frita, ésta se introduce en un molino de "bolas" para adelgazar la frita, tan fina como sea necesaria, de acuerdo al propósito que se tenga en mente.

1.2 PROPIEDADES

Una de las propiedades más importantes que hay que tener en consideración es la expansión del vidrio, para hacer que el esmalte porcelanizado se ajuste perfectamente al metal. Este ajuste no debe ser solamente un grado de libertad para el estiramiento que, como se sabe, la resistencia del vidrio a la tensión es muy débil, mientras que para la compresión es comparativamente más fuerte. El ajuste deseado para el esmalte porcelanizado es aquél que equilibre la compresión resultante en la capa de vidrio con la tensión ejercida por el metal. La expansión del esmalte con el incremento de la temperatura, o la contracción debida a la reducción de la misma, es mucho más rápida que la del metal calentado a temperaturas cercanas al punto de fusión del vidrio. Observando curvas de expansión de metales, especialmente la del hierro, puede verse que éste se expande de forma constante y poco variable en este rango de temperatura (entre 900° y 1850° Fahrenheit). Comparando ambas curvas (ver figura 1), se explica el comportamiento característico que tiene lugar cuando a una hoja de acero se le aplica una capa de esmalte por un solo lado y se enfria desde el punto de fusión del esmalte (1300° F) hasta llegar a temperatura ambiente (70° F). Cuando la hoja comienza a enfriarse, se deforma produciendo una concavidad del lado que contiene el esmalte, conforme



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 1 - GRAFICA DE CURVA DE EXPANSION

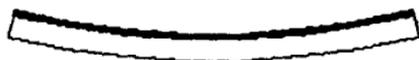
sigue el enfriamiento, la hoja vuelve a su forma original, y después se deforma de modo convexo en el lado del esmalte. (Figura 2).

A través de estas pruebas, se observa como el esmalte se tensiona ligeramente a temperaturas cercanas a su punto de fusión, y se comprime a temperatura ambiente. Muchas de las características del esmalte porcelanizado, dependen del correcto ajuste de temperatura y del resultado de la compresión de la capa de vidrio.

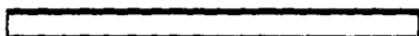
La fusión del esmalte porcelanizado en una cubierta, se crea a base de temperatura, la cual está determinada por la capacidad del metal base para elevar y mantener la temperatura. Para fusionar el esmalte a menor temperatura, se logra utilizando una chapa de metal ligera; un metal con menor espesor a elevadas temperaturas, donde necesita menor soporte durante la operación de quema.

Los límites de temperatura a la cual el esmalte se fusiona, no siempre están determinados por el tipo de metal, sin embargo, se determina por el espesor de la pieza y por el tipo de soporte (herramental) que se utiliza para sostener las piezas durante la fusión o quema.

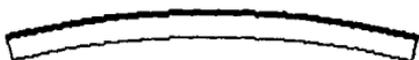
Tales requerimientos, hacen que sea necesario seleccionar metales y diseñar herramientas más acordes con la realidad del proceso, logrando un ahorro sustancial en el consumo de combustibles y mejores resultados en las características del producto final.



EN ESTADO DE FUSION (1300° F)



PUNTO MEDIO DE ENFRIAMIENTO (900° F)



A TEMPERATURA AMBIENTE



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 2 - ENFRIAMIENTO DEL ESMALTE SOBRE ACERO

Actualmente, el metal base más utilizado para este proceso son hojas de acero con bajo contenido de Carbono, y la temperatura necesaria para crear la fusión del esmalte con este metal varía entre los 1350° y 1600° Fahrenheit (730° y 870° centígrados). Esta variación depende del tiempo que desee que dure el quemado; a mayor tiempo, menor temperatura, pero nunca fuera de estos límites. El tiempo óptimo es de 4 minutos a 1500° F (815° C), como se verá más adelante.

Otra propiedad muy importante, a tomarse en cuenta, es la solubilidad del esmalte en agua. El esmalte está hecho principalmente de frita diluida en agua con varias adiciones de molienda, como arcillas y químicos, para darle diferentes características, y esta solubilidad nos dará diferentes resultados en cuanto al grosor y durabilidad de la capa de esmalte final. El almacenar esmalte preparado durante mucho tiempo es perjudicial al momento de ser aplicado, debido a que la consistencia del líquido varía al evaporarse parte del agua y al sedimentarse los sólidos. Por eso se aconseja almacenar la frita en lugares secos y únicamente ser preparada, de acuerdo a previo programa de producción, media hora antes de aplicarse y en cantidad acorde a la que se piensa utilizar, así como realizar monitoreos constantes al esmalte que se encuentre en proceso.

1.3 PROCESO GENERAL

El primer paso dentro del proceso básico, es hacer el vidrio para esmaltar. La lista de materiales para fabricarlo está compuesta esencialmente de óxidos inorgánicos, minerales y sales.

La oxidación es necesaria durante la fundición del vidrio. Esta se obtiene usando nitratos en la composición. Los ingredientes que se utilizan pueden estar en forma granular o en polvo, los más comunes son:

- a) Hidratos de Aluminio
- b) Oxido de Aluminio
- c) Oxido de Antimonio
- d) Carbonato de Bario
- e) Bórax
- f) Acido Bórico
- g) Fosfato de Calcio
- h) Oxido de Cobalto
- i) Cryolita
- j) Fluoruro de Calcio
- k) Oxido de Plomo
- l) Kaolin
- m) Carbonato de Litio
- n) Carbonato de Magnesio
- ñ) Oxido de Niquel
- o) Carbonato de Potasio
- p) Nitrato de Potasio
- q) Silica (Cuarzo)
- r) Antimonio de Sodio
- s) Carbonato de Sodio
- t) Nitrato de Sodio
- u) Talco
- v) Dióxido de Titanio
- w) Fosfato de Sodio
- x) Oxido de Zinc
- y) Silicato de Zirconia

Esta mezcla de materiales, en diferentes pesos y proporciones, se funden y esto se hace en un tanque refractario calentado por abajo, y después vaciado en moldes para su posterior trituración, ya sea por medio de agua o por rodillos. Si se utiliza el método húmedo, hay que pasar la mezcla por un secador para evaporar toda el agua. Con este proceso se obtiene la frita, la cual es molida hasta obtener la finura deseada dependiendo de su utilización.

La primera capa de esmalte que se aplica a las piezas es, por lo general, de color oscuro, ya sea negra, café o azul, y que sirve en algunos casos como base para capas subsecuentes, ya sean de color o de tratamiento especial. A esta capa se le conoce como "Base Coat". En otros casos, se puede utilizar esta única capa como acabado final, como por ejemplo para partes interiores de hornos domésticos o para peltre. A esta capa única se le conoce como "Cover Coat".

El blanco y otros colores no son posibles de aplicar directamente en las piezas, por pequeñas contaminaciones que éstas puedan tener. Para obtener los mejores resultados, se recomienda aplicar el color al "base coat" azul. Este procedimiento se le conoce como doble quema, pues las piezas pasan dos veces por el horno, la primera al aplicar el "base coat" y la segunda al aplicar el color.

De las variaciones en la lista de materiales se obtienen las mezclas para estas diferentes capas. A continuación, se muestran algunas de las principales mezclas, y éstas son principalmente para hacer esmalte que se aplica a piezas hechas de hojas de acero.

PRINCIPALES MEZCLAS PARA FRITA

A) "BASE COAT" :

Cristales de Aluminio	29.30 %
Bórax	29.30 %
Arena de Silicio	20.50 %
Ceniza de Sodio	8.80 %
Nitrato de Sodio	4.90 %
Fluoruros	3.90 %
Cryolita	2.00 %
Oxido de Manganeso	0.60 %
Oxido de Cobalto	0.40 %
Niquel	0.40 %

B) "COVER COAT" (BLANCO ANTIMONIO):

Silicio	25.70 %
Bórax	23.07 %
Selenita	18.30 %
Cryolita	10.14 %
Antimonio de Sodio	6.76 %
Ceniza de Sodio	6.34 %
Fluoruros	3.38 %
Oxido de Zinc	3.38 %
Nitrato de Sodio	2.96 %

C) "COVER COAT" (BLANCO ZIRCONIA):

Pirofilitas	24.70 %
Bórax deshidratado	23.40 %
Zirconia molida	22.00 %
Silicato de Sodio	10.90 %
Silicio	9.70 %
Fluoruros	6.00 %
Oxido de Zinc	3.20 %
Oxido de Sodio	1.50 %
Carbonato de Calcio	1.20 %

D) "COVER COAT" (BLANCO TITANIO):

Silicio	37.00 %
Bórax deshidratado	20.00 %
Dioxido de Titanio	18.00 %
Cristales de Aluminio	8.90 %
Nitrato de Sodio	8.90 %
Fluoruro de Potasio	4.40 %
Carbonato de Potasio	1.70 %
Fosfato de Amonio	1.10 %

E) "COVER COAT" (AZUL):

Bórax	27.80 %
Cristales de Aluminio	25.80 %
Silicio	22.30 %
Ceniza de Sodio	7.30 %
Fluoruros	5.30 %
Nitrato de Sodio	4.30 %
Cryolita	4.30 %
Oxido de Cobalto	1.40 %
Dioxido de Manganeso	1.00 %
Oxido de Fierro	0.50 %

F) "COVER COAT" (RESISTENTE AL ACIDO):

Silicio	25.80 %
Ceniza de Sodio	14.30 %
Bórax	11.60 %
Antimonio de Sodio	10.10 %
Cristales de Potasio	8.70 %
Oxido de Plomo	7.80 %
Oxido de Titanio	6.80 %
Nitrato de Sodio	5.10 %
Oxido de Zinc	5.10 %
Fluoruro de Sodio	1.70 %

En México existen varias compañías que se dedican a la fabricación de la frita, teniendo suficientes existencias de los diferentes tipos de frita, e incluso de fabricación especial, hechas para satisfacer cualquier necesidad.

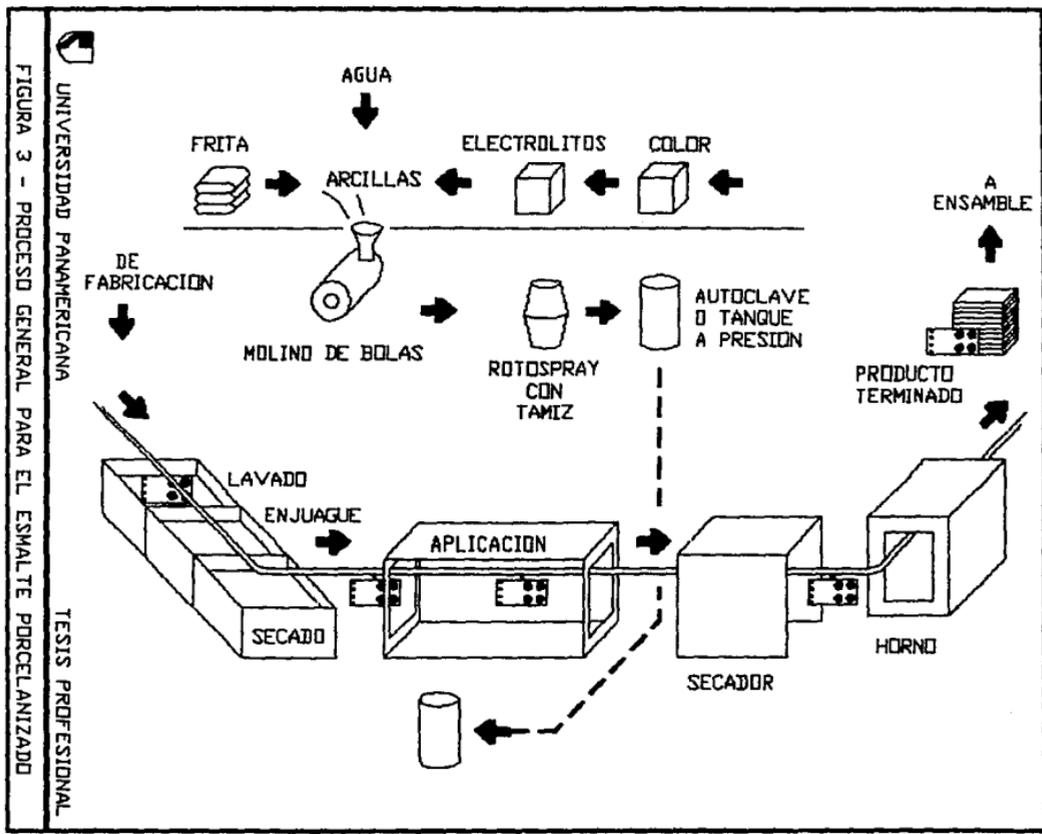
Una vez comprendida la naturaleza de la frita, materia prima principal para el esmalte porcelanizado, se procederá al estudio del proceso para esmaltar, objetivo del presente trabajo de investigación, comenzando con una vista general de la técnica empleada y, conforme pasen los capítulos, se irá adentrando a cada uno de los procesos.

1.3.1 PREPARACION DEL ESMALTE

El proceso más común para la preparación del esmalte, requiere de molinos de bolas del mismo tipo que se utilizan para adelgazar la frita. En el caso del esmalte porcelanizado, el molino es cargado con frita, agua, arcilla y electrolitos (sales inorgánicas), para formar una suspensión.

La arcilla, en combinación con la frita y el agua, produce una suspensión de finas partículas sólidas, la cual actúa de forma similar a la pintura.

El tamaño de las partículas en suspensión es controlada por el tiempo de permanencia dentro del molino en operación, donde a mayor tiempo, mayor finura.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
 TESIS PROFESIONAL
 FIGURA 3 - PROCESO GENERAL PARA EL ESMALTE PORCELANIZADO

Un tipo normal de carga se compone de las siguientes partes (donde "parte" equivale a la unidad de peso que se esté utilizando, ya sean kilogramos, libras, onzas o gramos):

100 Partes de frita

6 Partes de arcilla

1/4 Parte de Carbonato de Potasio

40 Partes de agua

Moler hasta obtener la finura deseada.

Para medir el grado de finura, se introducen 100 gramos de esmalte preparado por un tamiz con malla metálica, (el tamaño de los espacios de la malla no debe ser mayor de 2 milímetros, utilizar malla 200), la cantidad de material sólido que quede en el tamiz, se pesa, considerando este valor como la finura del esmalte. Este es un ejemplo de prueba para medir la finura, existen varios tipos de pruebas para indicar la finura comparativa de las partículas, sin embargo, los residuos existentes que quedan en un tamiz de malla conocida es un método bastante aceptable y seguro.

Después de moler el esmalte a la finura deseada, se vacía la suspensión y se cuela a través de un tamiz para remover las partículas de mayor tamaño a las deseadas. Las partículas metálicas que puedan hallarse dentro de la mezcla, introducidas quizá accidentalmente o por contaminación, pueden removerse por procesos magnéticos, como un filtro imantado en la tubería de descarga.

La consistencia generalmente referida al asentamiento de la mezcla, debe especificarse y estandarizarse, de acuerdo a la gravedad específica requerida. La gravedad específica

está en función del contenido de agua, independientemente de la mezcla que se esté empleando. Sin embargo, algunas veces el contenido de agua de la mezcla se determina a cierta cantidad que no puede variarse. En estos casos, se añaden agentes químicos que provocan la suspensión, o en su defecto, la precipitación.

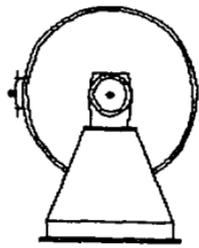
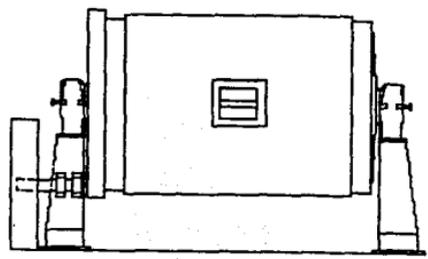
Posteriormente, se vacía la mezcla para su almacenamiento en tanques de presión tipo roto spray o autoclaves, que son tanques hechos de acero inoxidable, sellados herméticamente y con un dispositivo que agita la mezcla constantemente, accionado con un mecanismo neumático. Estos mismos tanques sirven para aplicar el esmalte en los procesos de aspersión, y si el proceso de aplicación se realiza por inmersión, se recomienda vaciar la mezcla directamente en el tanque de aplicación y utilizarlo inmediatamente, agitándolo constantemente en periodos uniformes de tiempo.

Hasta este punto se termina el proceso de la preparación del esmalte. Para proceder a su aplicación, hay que preparar el metal base (en este caso, hojas de acero de bajo contenido de carbono) que, por lo general, trae consigo impurezas adquiridas durante el proceso de fabricación y su almacenaje como grasa y óxidos. Para un buen resultado en el producto final esmaltado, hay que retirar todas estas impurezas, donde es la etapa más importante y creadora en su defecto de la mayoría de los problemas al momento de esmaltar.

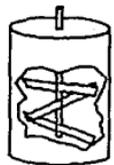
El óxido de la superficie y la grasa adherida, son fáciles de remover utilizando un enjuague alcalino en



FIGURA 4 - MOLINO DE BOLAS Y TANQUE DE PRESION



MOLINO DE BOLAS



AUTOCLAVE

ebullición (80° C mínimo). Con un tanque de ácido, se retira la oxidación más avanzada y agrega al metal una pequeña capa de Níquel por medio de reacciones químicas, la cual ayuda a la adhesión del esmalte al momento de la aplicación. Una vez limpia la pieza se introduce en un tanque neutralizador, el cual retira los residuos de álcalis y ácido.

Entre cada uno de estos tanques, existen otros tanques de enjuague con agua, y al final un tanque secador que deja las piezas listas para ser esmaltadas.

A este procedimiento se le conoce como "decapado".

Otro procedimiento para preparar el metal para esmaltar, que se está utilizando a últimas fechas y con buenos resultados, es la lavadora continua, de la cual se hablará en el capítulo 3.

1.3.2 METODOS DE APLICACION

La aplicación consiste en cubrir, con una o más capas de esmalte líquido, la superficie del metal preparado.

Por lo general, la capa denominada "base coat" se aplica en tanques de inmersión, o en esmaltadoras a "chorro", las cuales consisten en un sistema de bombeo con boquillas de acero inoxidable que bañan la pieza. Es conveniente para cualquiera de estos dos métodos, que la pieza sea colgada con cierta inclinación, para permitir que el esmalte sobrante corra por la pieza y caiga a charolas de recuperación, para

evitar que se formen grumos y excesos en la pieza esmaltada. La inmersión se hace sumergiendo las piezas en un tanque lleno de esmalte, ya sea a mano o con maquinaria especial.

Para aplicar el "cover coat" se recomienda el método de aspersión, por medio de pistolas operadas con aire comprimido y una línea de esmalte a presión, de tal forma que el esmalte sea rociado en la pieza. El esmalte es un material muy abrasivo, por lo cual debe utilizarse únicamente en equipo diseñado para este propósito.

Para una operación continua y eficiente en el área de esmalte, se recomienda utilizar transportadores de piezas, los cuales se diseñan especialmente para cada uno de los sistemas de aplicación. Debe contarse, por lo menos, de un transportador en circuito cerrado, por cada una de las líneas de aplicación, que contenga un secador cada una, y en los casos de inmersión y a chorro, casetas de retoque después del secador. Otro transportador para el proceso de lavado o decapado de las piezas, y uno más para el horno.

1.3.3. COMPLETANDO EL PROCESO

Una vez que las piezas han sido esmaltadas es necesario secarlas, esto es, retirar toda el agua y humedad existente en el esmalte. Esto debe realizarse porque si la pieza entra húmeda al horno, desprende vapores que contaminan el producto final, creando así una serie de defectos, en la mayoría de los casos, imposibles de remediar.

La temperatura de secado varía entre 210° y 350° Fahrenheit (100° y 180° centígrados). En algunos casos, para reducir la longitud del secador y tener mayor espacio aprovechable en la planta, se eleva la temperatura hasta un máximo de 500° F (260° C). Lo importante en este paso es dejar completamente seca la pieza para, posteriormente, introducirla al horno para su quemado.

Al esmalte seco en la pieza, se le conoce como "bizcocho", y es muy fácil de remover utilizando solamente agua. En este punto se recomienda tener un puesto de inspección, pues aquí es bastante fácil observar si la pieza está completamente esmaltada, o si presenta raspaduras o mala aplicación. En caso de defectos, por cuestiones de esmalte, se recupera la pieza aplicando un simple baño de agua y el desperdicio del esmalte es mínimo. De lo contrario, si la pieza entra al horno con defectos de esmaltado, esta pieza se vuelve inservible, pues una vez fundido el esmalte, es muy difícil de remover, lo cual realizando dicha remoción con métodos económicos, es imposible.

En algunos casos, especialmente cuando la pieza lleva una segunda capa de esmalte, generalmente de color, necesita esmerilarse o retirar el esmalte en algunos puntos, tales como el adelgazamiento en las uniones para facilitar el ensamble final de la pieza, o marcas de identificación de producto. En el único punto de todo el proceso en que esto es posible es a la salida del secador, ya que el bizcocho es fácilmente removible y no deja uniones "frías" después del quemado.

Después de que la pieza se seca, y cepillada según el

caso e inspeccionada, está lista para el quemado, operación primordial para lograr el efecto de porcelana.

Las piezas son colgadas o soportadas en utillajes, hechos de aleación resistente a la temperatura, se introducen al horno por medio de un transportador. Variando la velocidad del transportador y la longitud de la zona de cocción del horno, se obtiene el tiempo de quemado. Las piezas de mayor peso, o con utillajes pesados, requieren de mayor tiempo de cocción para alcanzar la temperatura deseada, de aquí la importancia que tiene el diseño, tanto de piezas a quemar como del utillaje utilizado.

La transferencia de calor hacia las piezas esmaltadas se hace dentro del horno, por medio de radiación. La mayoría de los hornos en México son de "mufla". Actualmente, existen otros tipos de horno más eficientes y, que con una pequeña inversión puede transformarse un horno de mufla en uno de alta eficiencia como se verá más adelante, junto con la descripción de cada uno de éstos.

Después del quemado, el artículo esmaltado con "cover coat" está listo para inspección, pruebas necesarias y para su ensamble con otras piezas para formar el artículo final. Si solo está esmaltado con "base coat" y se requiere de una segunda capa, el artículo se regresa a la estación de aplicación para su reprocesamiento y, de nuevo se introduce al horno.

Los detalles de las operaciones aquí descritas, serán ampliados en los siguientes capítulos.

CAPITULO 2

SELECCION DEL METAL Y FORMADO

2.1 SELECCION DE LA CHAPA

Para seleccionar la hoja de acero que se desea esmaltar, debe tenerse en cuenta los siguientes factores:

PRIMERO, para un porcelanizado sin defectos, la chapa debe tener las siguientes propiedades:

- (a) Bajo contenido de Carbono.
- (b) Carencia de impurezas sólidas o gaseosas que puedan causar ampollas u otros defectos superficiales.
- (c) Libre de variación en composición o estructura entre hoja y hoja.
- (d) Textura superficial uniforme.
- (e) Carencia de escorias, oclusiones de gas y laminaciones.

SEGUNDO, la hoja de acero debe tener buenas cualidades para la soldadura, ya sea eléctrica o de oxi-acetileno, necesarias para la fabricación.

TERCERO, el espesor de la hoja debe seleccionarse para tener la fuerza necesaria durante y después del proceso de esmaltado. El tamaño, los dobleces, el soporte de las piezas (durante el quemado y ensamble) y la temperatura de cocción determinarán el espesor requerido.

CUARTO, una mínima tendencia a doblarse o deformarse a las distintas temperaturas del horno. A mayor temperatura de quemado, se requiere mejor resistencia a la deformación.

El problema de la composición de la chapa del mejor tipo o acero a usarse en el esmaltado, ha sido ya resuelto por los fabricantes de hierro, que suministran ahora un tipo de acero con un bajo porcentaje de carbono especialmente preparada para tal fin.

Dos requisitos importantes de la superficie del metal son: facilidad para sacar el aceite, grasa y otros lubricantes, y un tipo de superficie que después del decapado o del lavado permita una aplicación uniforme del esmalte por inmersión. Asimismo, la carencia de hervido o evolución de gas durante el primer período de cocción es otra característica conveniente.

El tipo de superficie y la carencia de tensiones, depende en gran parte del laminado y tratamiento térmico, dado al metal en el proceso de fabricación. El metal puede quedarse con tensiones durante la fabricación, pero cuando esto no puede eliminarse por medio de un nuevo diseño, puede reducirse a un mínimo mediante el recocido. La ondulación del

metal es una mala característica de los paneles a esmaltarse. Las operaciones de cocción tienden a alterar el nivelado dado a estas superficies irregulares. Una buena chapa plana, tendrá una cocción tan buena como aquella a la cual se le ha dado un tratamiento especial para sacar las ondulaciones.

El acero se almacena en lugares secos, donde haya poca posibilidad de condensación de humedad sobre el mismo. Las chapas almacenadas se hacen frágiles con el tiempo y presentan ciertas dificultades en su manejo. Asimismo, deben conservarse limpias con lubricantes adecuados, excluidos los aceites minerales. El aceite mineral es una de las más serias dificultades que debe salvar un esmaltador.

Al cortar la chapa a un tamaño apropiado, deben usarse buenas tijeras o cuchillas, cuyas hojas deben mantenerse afiladas. De lo contrario, esto dará como resultado una rebaba del metal en la parte cortada, que se quemará durante el proceso de cocción y dejará un borde defectuoso. Si la pieza va a cortarse con una matriz, ésta debe conservarse afilada, siendo construidas de tal forma que no deforme la pieza o la resistencia en modo alguno, defectos que habrán de ponerse de manifiesto durante la cocción de la misma.

2.2 DISEÑO

2.2.1 IMPORTANCIA

La buena construcción de las piezas a esmaltarse es de tanta importancia como la que posee un buen cimiento para una

casa. Una pieza bien construida no solamente es atractiva en su aspecto sino que también es fácil de esmaltar, y es económica por su mayor duración y resistencia al uso. Por el contrario, una pieza mal construida es, por lo común, la causa de la producción de artículos defectuosos, que deben ser reconstruidos o rechazados con facilidad al salir del proceso de esmaltado. La reconstrucción hace sobrepasar el número normal de operaciones y dará como resultado tensiones residuales y un espesor excesivo del esmalte al tratar de remediar defectos del esmalte que, a su vez, se originan en una defectuosa construcción.

La necesidad de una estrecha cooperación entre el departamento de construcción y el esmaltado es vital, ya que es la base más importante para obtener buenos resultados.

2.2.2 DIMENSIONES

El primer paso en la construcción de las piezas es la determinación de las dimensiones, desde el punto de vista del esmaltado. Siempre es más fácil esmaltar una pieza de tamaño chico, pero desde el punto de vista del costo y de la producción, siempre será más conveniente y económico construir las piezas lo más grandes posible.

El límite fijo establecido lo constituye el tamaño del equipo utilizado para la construcción, prensas, dobladoras, cizallas, etcétera, pero del buen diseño de las piezas se puede superar cualquier limitación, por ejemplo, las piezas cuadradas planas son muy fáciles de esmaltar. Las piezas

largas, sin pestañas, son, por el contrario, las más difíciles.

2.2.3 ESPESOR DE LA CHAPA

El tamaño de la chapa o pieza y su forma determinarán el espesor de la lámina empleada. La mala selección del espesor apropiado es frecuentemente causa de muchas dificultades en el esmaltado y armado. Una de las grandes ventajas del acero en hojas para utilizarse como base para esmaltar es que se consiguen en hojas muy delgadas, favoreciendo enormemente la economía en el consumo de combustible del horno; pero, a su vez, trae una gran desventaja que consiste en la poca rigidez que presenta en piezas muy grandes.

Desde el punto de vista del análisis químico, se podría tomar como el tipo ideal de chapa para el esmaltado el siguiente:

Carbono	0.03 %
Manganeso	0.05 %
Fósforo	0.004 %
Azufre	0.025 %
Silice	Vestigios
Total de metaloides	0.109 %

Muchas veces no se obtiene el éxito esperado al esmaltar una pieza, o al obtener eficiencia en el horno, debido a que se ha seleccionado un espesor inadecuado de lámina para un tipo determinado de pieza. En la tabla 1, que

a continuación se muestra, indica las cifras que habrá de respetar para evitar defectos tales como: deformación excesiva, ondulaciones, hundimiento de la pieza, etcétera. Todo esto en el caso de utilizar espesores menores. Si se utilizan chapas de espesor mayor al aquí recomendado, el problema principal que se topará es el incremento en el costo de la pieza, por el exceso de combustible a requerirse en el horno, así como la baja producción del mismo.

ANCHO DE LA PIEZA	SUPERFICIE	ESPESOR/CALIBRE
15 cms.	0.046 m ²	0.6 mm./Cal. 24
30 cms.	* 0.279 m ²	0.6 mm./Cal. 24
45 cms.	* 0.465 m ²	0.6 mm./Cal. 24
15 cms.	0.093 m ²	0.8 mm./Cal. 22
30 cms.	0.325 m ²	0.8 mm./Cal. 22
45 cms.	* 0.557 m ²	0.8 mm./Cal. 22
60 cms.	* 0.743 m ²	0.8 mm./Cal. 22
15 cms.	0.139 m ²	0.9 mm./Cal. 20
30 cms.	0.465 m ²	0.9 mm./Cal. 20
45 cms.	* 0.743 m ²	0.9 mm./Cal. 20
60 cms.	* 0.929 m ²	0.9 mm./Cal. 20

Para piezas más grandes a las que aquí se señalan, el espesor mínimo debe ser de 1.2 mm equivalente al calibre 18.

(*) Estas piezas deben tener nervio o ranura para ayudar a mantenerlas rígidas.

Tabla 1
Espesores mínimos recomendados.

Si las piezas fueran esmaltadas, sólo al fundente (cover coat aplicado en una sola mano) podrán tolerarse espesores menores, siendo el mínimo el espesor indicado, de acuerdo al tamaño menos 0.05 mm.; en cambio, si son utilizadas para revestimientos exteriores o deben soportar esfuerzos, conviene aumentar su espesor de 0.2 a 0.4 mm. más.

Sin embargo, la decisión final sobre el espesor de la lámina para cada pieza está en función del uso que se la vaya a dar a ésta.

2.2.4 ABUJEROS

En lo posible, los agujeros deben quedar ocultos, una vez montadas las piezas. Si no fuese posible hacerlo, las orillas de los agujeros deberán ser dobladas hacia la parte posterior del panel (ver figura 5).

Las orillas deben ser lo suficientemente fuertes para no deformarse durante la cocción. Asimismo, los agujeros deben ser lo suficientemente grandes para prevenir que el esmalte los tape.

Si los agujeros van a usarse para sostener la pieza durante el proceso de cocción, deben tener por lo menos un diámetro de 8 mm. Por lo general, será conveniente un diámetro de 10 mm.

2.2.5 PESTAÑAS

Casi todas las piezas a esmaltar tienen pestañas, que



A



B

- A.- AGUJERO COMUN - LA DRILLA DEL AGUJERO
NO QUEDA BIEN CUBIERTA CON ESMALTE.
B.- AGUJERO EMBUTIDO - LA DRILLA QUEDA
BIEN CUBIERTA.

TIPOS DE PESTAÑAS



BIEN



MAL



BIEN



MAL



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 5 - DISEÑO DE PIEZAS PARA ESMALTAR (1)

son necesarias para fortalecer la pieza durante y después de la cocción y frecuentemente se utilizan para unir las piezas al armazón o a otras piezas.

El diseño apropiado de las pestañas es, por lo tanto, muy importante y muchas veces hace posible el esmaltado de piezas que, de otra forma, no hubiera resultado factible hacer con buenos resultados. Este buen diseño de pestañas es, además, importante para prevenir averías durante el montaje de las piezas y uso posterior.

Si no existen dichas pestañas, o se hallan impropriamente formadas, la pieza está propensa a torcerse durante la cocción, lo que conduciría a importantes defectos de la misma al forzar volvería a su posición normal.

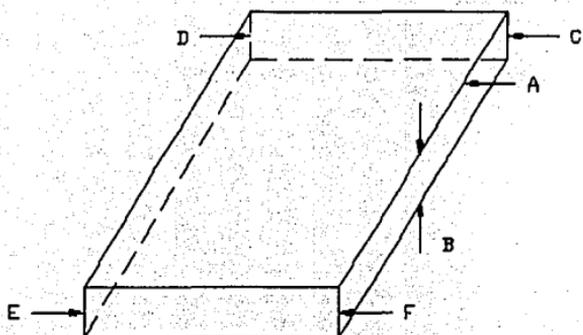
El radio de la curva de la pestaña nunca debe ser menor de 5 mm. (3/16"), si espera obtener buenos resultados. Un radio menor daría como consecuencia que el fundente y esmaltes de cubierta se quemarían y asimismo habría muchas dificultades para una terminación apropiada en el esmaltado. Desde el punto de vista de la apariencia, nada se ganaría con un radio menor, desde el momento que la dificultad experimentada para asegurar una chapa apropiada resulta en la aplicación de una cantidad tal de esmalte de cubierta que la apariencia final será deficiente. Por lo general, mientras más pequeño es el radio más grande será la tendencia para saltar y para la formación de "hilos" en el esmalte. La tensión superficial del esmalte a temperatura de fusión, tiende a empujar la cubierta de las orillas formando ángulos, y de no tener el radio suficiente en estas orillas, el esmalte

se quiebra al momento de la compresión que sucede al enfriarse.

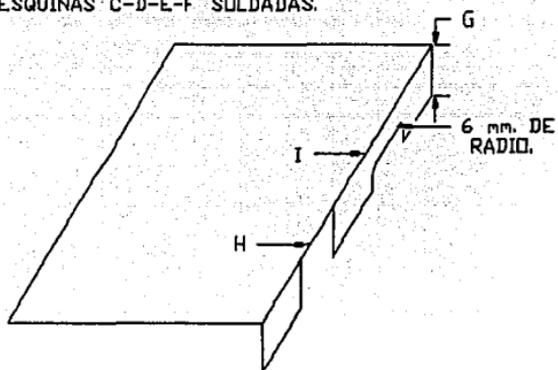
Cuando las pestañas se utilizan con el fin de aumentar la rigidez de la pieza, su ancho nunca debe ser menor de 10mm., y si tienen agujeros para el montaje 13 mm. es el mejor mínimo deseable. Cuando en el montaje final es visible, una pestaña ancha de 25 mm. o más, es esencial, y debe tratar de mantenerla completamente derecha y en su ángulo exacto. Esto no es fácil de obtener y, por lo tanto, debe recurrirse a algún soporte o sostén para conservarla en dicha posición durante el proceso de esmaltado.

Cuando se hacen las pestañas mediante una prensa, o plegadora, se recomienda soldar los ángulos donde se encuentran las pestañas de diferentes lados de la pieza. Se refuerza así la pieza, previniéndose los movimientos forzados durante el montaje. La soldadura de estos ángulos puede omitirse bajo ciertas condiciones: en partes que deben terminarse en fundente solamente; en interiores de horno, o en partes donde dichos ángulos no son visibles. Si es posible emplear un radio grande en dichos ángulos, es factible estamparlos sin soldadura, sin embargo este radio debe ser por lo menos igual al ancho de la pestaña. (Figuras 6 y 7).

Recortes y agujeros grandes en la pestaña deben ser evitados en lo posible, debido a que debilitan la pestaña en el lugar donde están situados; asimismo todos los esfuerzos se concentran en ese punto, transmitiéndose a la superficie de la pieza que está destinada a reforzar y produciéndose como consecuencia averías en muchos casos.

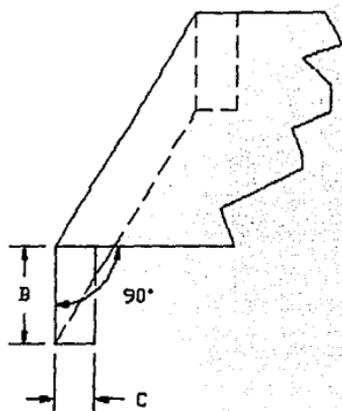


- A.- RADIO DE ESTE ANGULO: 5 mm. MINIMO.
 B.- ANCHO DE LA PESTAÑA: 10 mm. MINIMO
 13 mm PREFERIBLE.
 ESQUINAS C-D-E-F SOLDADAS.



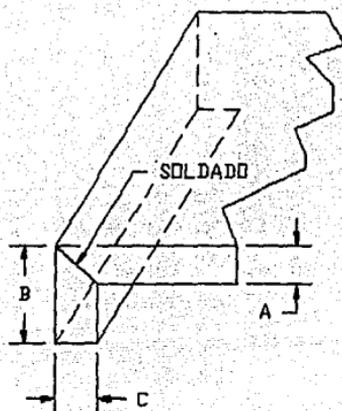
- G.- ANCHO MINIMO 10 mm.
 H.- PESTAÑA DEBILITADA POR EL CORTE,
 RESULTANDO DEFECTO DE HILOS Y
 ESMALTE SALTADO.
 I.- MEJOR TIPO DE CORTE.





MALO

APOYO PROVISTO POR
LA PESTAÑA C, NO
ES SUFICIENTE PARA
MANTENER EL ANGULO
DE 90° DURANTE LA
COCCION DEL ESMALTE.



BUENO

A y C IGUAL ANCHO
A/B 0.33 MINIMO
PESTAÑA B BIEN APOYADA
MANTENDRA SU POSICION
DURANTE LA COCCION.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 7 - DISEÑO DE PIEZAS PARA ESMALTAR (3)

Cuando los recortes no se pueden evitar en las pestañas, las orillas de los mismos deben conformarse a un radio de 6 mm. (1/4"), o mayor a la matriz usada para hacer el corte. No debe entrar muy justo. Esta rebaba del borde del corte, junto con los dobleces curvados, reforzarán la pestaña y reducirán a un mínimo la debilidad propia del diseño.

2.2.6 RELIEVES

Los relieves deben usarse sólo donde tienen valor como diseño o donde son mecánicamente necesarios en la fabricación.

Pueden usarse también para reducir el exceso de material en una pieza de bordes rígidos, eliminando el llamado efecto de torsión. El radio no debe ser menor de 4.7 mm. Los relieves demasiado acentuados han producido resultados siempre desastrosos.

2.2.7 CEPILLADO

En adición a los medios ya indicados, posiblemente no exista una ayuda más eficaz para la exitosa fabricación de productos esmaltados que el uso apropiado del cepillado o ribeteado. Tratándose esencialmente de una operación de esmaltado, el interés de los diseñadores en la buena apariencia final del producto, requiere que éstos estén familiarizados con las posibilidades decorativas del cepillado, para combinarlo en agradable armonía con el diseño básico.

El ribeteado implica sacar el esmalte de la terminación de ciertas partes, quedando en descubierto una base de esmalte negro o de color oscuro, con lo cual, por ser más delgada, es más resistente contra las maniobras en el montaje, transporte y uso.

Deben seguirse las siguientes generalizaciones en la operación de esmaltado, usándose y modificándose en forma tal que produzcan un buen resultado final.

- a) El ancho mínimo del cepillado debe ser 3 mm.
- b) Cuando la pestaña es invisible, o colocada junto a otra parte, deben cepillarse todas las cubiertas de esmalte con excepción de la primera. Bajo esta condición puede dejarse la primera mano de cubierta y cepillar todas las demás.
- c) Cepillar las curvaturas de aquellas partes cuyos bordes se encuentran adyacentes a otras, o a un armazón en el montaje.
- d) Cepillar alrededor de los agujeros y cortes en su parte externa. Si existen accesorios sobre dichos agujeros o cortes, debe cepillarse por lo menos 1.6 mm. por afuera de dichos accesorios.
- e) Cepillar todas las pestañas hasta el centro del radio, en las partes que están situadas en las aberturas de las puertas, etcétera, o partes movibles en proximidad de otras, como por ejemplo tapas y puertas de cocinas a gas.
- f) Cepillar por lo menos 3 mm. alrededor del perímetro de todas las partes grandes, cuando el cepillado es necesario para la protección de bordes,

aumentándose el ancho de las esquinas hasta 13 - 19 mm. Este aumento en el ancho de las esquinas puede hacerse en forma decorativa.

2.2.8 ACCESORIOS FIJOS

Como es necesario soldar orejas o grampas (soportes que actúan como ménsulas para parrillas de cocina) en el dorso de las distintas partes, a fin de evitar tornillos visibles, las partes soldadas deben ser, por lo menos, dos números de calibre más delgadas y, siempre que fuese posible, recortadas a modo de reducir el área total de doble espesor. Esto permitirá al panel calentarse más uniformemente y evitará el peligro de que el calor no sea suficiente donde las orejas o grampas se encuentren soldadas. Los agujeros para el montaje nunca deben hacerse cerca de un lugar estampado o de una pestaña, puesto que al doblarse el metal en los lugares donde se ajustan las caras puede producirse fácilmente el cuarteado de la pieza.

La altura y dimensiones de las grampas que llevan rosca deberán ser tales que eviten el peligro de dañar la pieza al introducir el macho demasiado dentro de la misma. La parte vertical de tales grampas deberá ser debilitada por cortes para permitir que la misma se doble algo durante el montaje y evitar la deformación de la superficie a la cual se halla adherida.

Nunca deben soldarse ángulos o tiras largas en el dorso de cualquier parte.

En algunos casos, cuando la pieza es pequeña y de poco peso, tal práctica puede ser usada con posibilidades de éxito, aunque iguales resultados no podrán esperarse cuando se trata de piezas más grandes y pesadas.

2.3 FORMADO Y ARMADO

3.2.1 FORMADO

La máquina plegadora debe conservarse en buen estado y el canto de la misma debe estar en línea y sin defectos. El plegado defectuoso es una de las causas que más contribuyen a la deformación de las piezas.

Con una plegadora de mano es generalmente necesario doblar la pieza uno o dos grados más de lo necesario, para compensar lo que la pieza ha de abrirse durante el proceso de cocción.

Cuando se da el formado a la pieza y el metal es simplemente doblado, existirá una tendencia a abrirse durante el proceso de cocción. Esto se pone aún más de manifiesto cuando se dejan radios grandes. Si las esquinas deben soldarse después de haberseles dado el formato, debe tenerse especial cuidado, pues, de lo contrario, la pestaña será angular en las esquinas y abombada en el centro.

Es importante tomar en cuenta que la orilla de una pieza plana, se calienta más rápido que en el centro. Las esquinas de los paneles formados se calientan más lentamente

que el centro, y esta no-uniformidad en el proceso de calentamiento produce la deformación de las partes y, consecuentemente, defectos en el esmalte. Para reducirlo, es deseable formar piezas simétricas y, así, la deformación que pueda ocurrir en una de sus partes se contrarreste con la del lado opuesto.

Las partes formadas en máquinas plegadoras o prensas para estampar serán difíciles de esmaltar, si la plegadora no puede sujetar el metal firmemente en toda su extensión.

Las plegadoras usadas en muchos establecimientos son demasiado livianas para el metal en uso, debido al gran esfuerzo que se les da, principalmente con partes cortas, se gastan en ciertos puntos, y no sujetan debidamente el metal cuando se forman las pestañas. Esto da lugar a que el metal se acumule detrás del sujetador, resultando en exceso de metal en el centro y, por consiguiente, un defecto de "aceitera" en la parte terminada. Durante la cocción, este metal trabaja debido a sus bordes rígidos, lo que dará como resultado dobleces e "hilos". La solución alternativa consiste en sujetar firmemente el metal, en toda la longitud de la pestaña, mediante el uso de una plegadora en buenas condiciones, y lo suficientemente pesada para que el metal que se usa, como en el caso de prensas, éstas deben sujetar al metal, de tal forma que no se produzca el deslizamiento del mismo durante la formación de la pestaña.

Este método permitirá que el metal se encuentre completamente fijo en el centro de la pieza, con lo que se evitarán las consiguientes torceduras y dobleces durante el

esmaltado de las mismas. Todas aquellas partes de borde rígido, donde el exceso de metal no puede evitarse, deben tener páneces o estampados donde se halla el citado exceso de metal.

Las operaciones simples de estampado, tales como colocar un medallón estampado en una puerta, no requieren mucha atención, sin embargo, cuando el estampado se hace más profundo, y los ángulos se hacen más cerrados, pueden encontrarse muchas dificultades, como cuando se trata de conseguir efectos pronunciados, tales como bandas o dibujos.

Algunas veces, una pieza puede hacerse en una sola operación, pero debe tenerse especial cuidado de no trabajar demasiado el metal, a fin de evitarse los esfuerzos y formación de secciones demasiado delgadas.

Cuando ciertas piezas no pueden ser completamente estampadas o embutidas en matrices, debido a su forma especial, debe recurrirse al repujado (labrar con martillo y cincel las chapas metálicas). Como en el caso del estampado, el metal no debe trabajarse más allá de un límite razonable, pues de lo contrario se producirán roturas.

El problema de una adecuada lubricación de las matrices de estampado debe merecer una atención muy especial. Nunca debe utilizarse aceite mineral, excepto cuando se desea recocer las piezas antes del decapado. El mejor lubricante para el estampado es un buen jabón vegetal. Si fuese necesario usar una gran cantidad de lubricante, las piezas

deben lavarse o colocarse en un desengrasador, antes que el aceite tenga tiempo de secarse y oxidarse.

Toda pieza puede ser recocida totalmente o por partes. Si el recocido es completo eliminará los esfuerzos que se hayan producido durante el estampado, y ayudará a eliminar torceduras e hilos. El recocido parcial eliminará los esfuerzos en ese lugar particular, y facilitará el esmaltado en esas partes, pero no puede considerarse como una solución general para los esfuerzos. Debe utilizarse únicamente como solución temporal para ciertas malas condiciones en piezas ya formadas, tomándose posteriormente las medidas necesarias para corregir las verdaderas causas que las motivan.

3.2.2 ARMADO

De los varios métodos de armado de las distintas partes a esmaltar, la soldadura es el método usado casi universalmente.

SOLDADURA A GAS OXI-ACETILENO

Para obtener buenos resultados, tanto desde el punto de vista de la soldadura y del esmaltado, las piezas a soldarse deben estar en la mejor condición posible. La primera condición es que las piezas estén cortadas en forma pareja y exacta. Los bordes a soldarse deben estar absolutamente libres de toda clase de grasa, aceite, suciedad, lubricante, escamas o herrumbre, debido a que la presencia de

cualesquiera de estos materiales causará seguramente una soldadura imperfecta.

El equipo requerido puede ser simple o complejo, dependiendo del tipo de trabajo y la producción. Si se piensa fabricar una gran cantidad de piezas de un solo tipo, generalmente será conveniente la instalación de cualquier equipo que mejore la calidad, tiempo y uniformidad de la soldadura. Para tal fin, debe usarse un buen soplete de soldar equipado con la boquilla que corresponda a cada trabajo en particular. Tanto el tanque de oxígeno como el de acetileno deben tener reguladores de presión, que aseguren un control exacto de la flama. Si fuera necesario agregar una cantidad adicional de metal en la soldadura, deben usarse solamente aquellas varillas de igual composición que el metal soldado. Durante el proceso de soldado, la chapa se dilata y se contrae, debido al calentamiento y enfriamiento del metal. Si no se toman las debidas precauciones, los esfuerzos provocados por esta dilatación y contracción excesiva se reflejarán en la superficie de la chapa, produciendo deformaciones y curvaturas. Estas deformaciones pueden controlarse dejando suficientes tolerancias para las citadas fuerzas de contracción y dilatación, mediante una distribución más pareja del calor, y por la restricción de estas fuerzas, las cuales pueden reducirse a un mínimo, limitándose la absorción de calor ya sea soldando a mayor velocidad, reduciendo el tamaño de la flama, o bien mediante el uso de moldes refrigerados por agua que localicen y dispersen el calor desarrollado.

Además de estas funciones, un molde apropiado tiene

varias ventajas adicionales, tales como: apoyo y alineamiento del trabajo durante la soldadura, facilidad para realizarlo, alivio y restricción de las fuerzas de expansión, garantía de economía y exactitud en la producción.

Algunas características de un buen molde son las siguientes:

- a) Simplicidad de diseño, de acuerdo a la cantidad y tipo de trabajo.
- b) Rigidez de construcción.
- c) Exactitud en el alineamiento.
- d) Funcionamiento simple, suave y rápido.
- e) Accesibilidad a las partes o juntas a soldarse.

Los bordes a soldarse no deben enfriarse excesivamente con el molde.

Los tipos de aplicación de la soldadura, usados ordinariamente, son los siguientes: costura encimada, costura a tope y soldadura de pestañas.

La soldadura encimada debe evitarse en lo posible, debido a que provoca un doble espesor de metal, que resultará en deformaciones e hilos durante el esmaltado. La soldadura de pestaña se usa frecuentemente en las chapas menores de calibre 20. La soldadura a tope y modificaciones de la misma son las que se encuentran más frecuentemente en las piezas a esmaltar.

La flama de la soldadura debe controlarse cuidadosamente, y no debe tener demasiada temperatura, además de ser lo más neutral posible. Una flama demasiado caliente y oxidante causará una excesiva oxidación de la chapa. Una flama reductora absorberá una cantidad excesiva de carbón e hidrógeno en la soldadura, que resultará porosa y dará lugar a la formación de ampollas durante el esmaltado.

En lo posible, la chapa deberá soldarse por el dorso, teniendo especial cuidado que la soldadura penetre propiamente entre las ranuras, y que el material de aporte, y la chapa se fundan enteramente. Si la misma debe soldarse por el frente, debe formarse un cordón de metal apropiado y lo suficientemente denso, de modo que cuando la superficie se nivele por medio del esmeril, todos los poros, escorias y ampollas queden eliminados.

SOLDADURA ELECTRICA

De los varios tipos de soldadura eléctrica, la soldadura de resistencia a puntos es la única recomendable.

La soldadura mediante el arco eléctrico, ya sea con varillas desnudas o electrodos revestidos no han sido satisfactorias hasta ahora. A veces, se obtienen resultados medianos con chapas finas, sin embargo, en las pesadas, tales como las de calibre 14 - 18 tienen serias dificultades.

La soldadura de resistencia a puntos (o punteadoras), es la más útil de todos los tipos de soldaduras eléctricas, y desde la introducción de máquinas de control numérico es más

satisfactoria y útil que nunca. Esta práctica asegura soldaduras uniformes y de alta calidad, previniendo al mismo tiempo la desfiguración de la superficie de la chapa.

Cuando se emplee la soldadura a puntos, éstos deberán estar suficientemente juntos a fin de dar la fuerza necesaria a la soldadura, y asegurar que los bordes de la chapa entre las soldaduras individuales no se separarán de la cara de la misma.

La costura soldada es de uso frecuente, especialmente en la fabricación de artículos para cocina. Esta es una serie de soldaduras a puntos superpuestas, en las cuales la corriente se corta, ya sea por la alteración de la corriente o mediante control por tubo electrónico e impide el recalentamiento excesivo de la chapa.

TERMINACION DEL METAL

El método más usual para la terminación del metal consiste en alisar los defectos por medio del martillo. Si las abolladuras y esquinas mal formadas se alisan cuidadosamente, no se obtendrán malos resultados durante el esmaltado.

El limado y esmerilado destruyen la superficie del hierro, no siendo métodos recomendables de terminación, debido a que reducen el espesor del metal y pueden debilitar la superficie en ciertos lugares. Las piezas que han sido decapadas y sumergidas en un baño de solución de Niquel, no pueden limarse o esmerilarse, sin destruir la superficie

preparada; por las mismas razones deben evitarse el lustrado por medio de discos o ruedas.

Todo el pulido y trabajo del metal debe evitarse, debido a que es un método impropio para corregir los defectos provocados por malas herramientas y un manejo descuidado. Si se hace en forma apropiada es extremadamente costoso, y si se hace mal será muy posiblemente la causa de producción de piezas defectuosas.

Las pruebas que se han hecho para reparar piezas mal fabricadas no han dado muy buenos resultados, por lo menos en lo referente a los trabajos de alta calidad. Todos los esfuerzos deben tender a evitar tales piezas, tomando las medidas consiguientes para corregir la condición que las provoca.

Las escamas producidas durante la soldadura deberán eliminarse por medio del decapado, arenado o esmerilado.

Como conclusión, debe insistirse que el diseño y fabricación de las partes para esmaltarse es tan importante como lo es el cimiento para un edificio. Si dichas partes están mal hechas y diseñadas, las pérdidas serán de consideración.

2.4 PREPARACION DEL METAL PARA EL ESMALTADO

Del departamento de fabricación se traen las piezas ya totalmente terminadas, en lo que respecta a manufactura; es decir, cortadas del tamaño adecuado, dobladas, soldadas, agujereadas y troqueladas. Las piezas se cubren con un compuesto para troquelar (lubricante), y hay necesidad de eliminar, tanto este compuesto como el aceite protector, con que son embarcadas las láminas desde la fábrica y, además, quitarles la corrosión que se haya formado.

2.4.1 DECAPADO

Para poder lograr un buen esmaltado es preciso que las chapas destinadas a tal efecto se hallen libres de sustancias perjudiciales, como pueden ser grasas y óxidos.

El decapado tiene esa misión, y dependerá en grado sumo de la calidad del producto terminado y de la eficiencia con que se realice esta operación de limpieza.

El sistema de decapado más común se compone de los siguientes tanques en el orden mostrado:

- 1 tanque de lavador alcalino o desengrase.
- 1 tanque de enjuague con agua natural.
- 1 tanque para el ácido.
- 1 tanque de enjuague con agua natural.
- 1 tanque para la aplicación de un depósito de Niquel.
- 1 tanque de enjuague con agua natural.
- 1 tanque con una solución neutralizadora del ácido.

1 secador en forma de tanque para eliminar el agua que en forma de película queda adherida a la lámina.

Además de estos tanques se emplean unas canastas de metal monel donde se colocan varias piezas, las cuales pueden ser levantadas mediante una grúa y un monorraíl que corre sobre todos los tanques.

LIMPIADOR ALCALINO

La operación del decapado comienza con la inmersión de las piezas en el tanque de desengrase o limpiador alcalino. La concentración del mismo dependerá lógicamente del tipo de limpiador utilizado, pero en términos generales se puede admitir una concentración de 4 a 5 %.

Esta solución alcalina sirve para limpiar únicamente la grasa producida por aceites orgánicos o saponificables. Si se utilizan lubricantes minerales, la única forma de quitar esta grasa es por medio del sanblasteado, y por medio de disolventes orgánicos del tipo del tricloro etileno. No es recomendable este procedimiento: 1º) por su costo elevado; 2º) los vapores perjudiciales al esmalte que pueden expandirse en la planta; 3º) los rastros de tricloro etileno u otro desengrasante del mismo tipo que quedan sobre las piezas pueden, después, transformarse en ácido clorhídrico, cuando se calientan alrededor de los 800° C. Por eso, se recomienda que se evite la utilización de lubricantes minerales en el proceso de la fabricación.

Es de suma utilidad disponer de dos tanques de limpieza alcalinos, del primer tanque se transfiere la solución ya utilizada de limpiador al segundo y se prepara una nueva solución para éste.

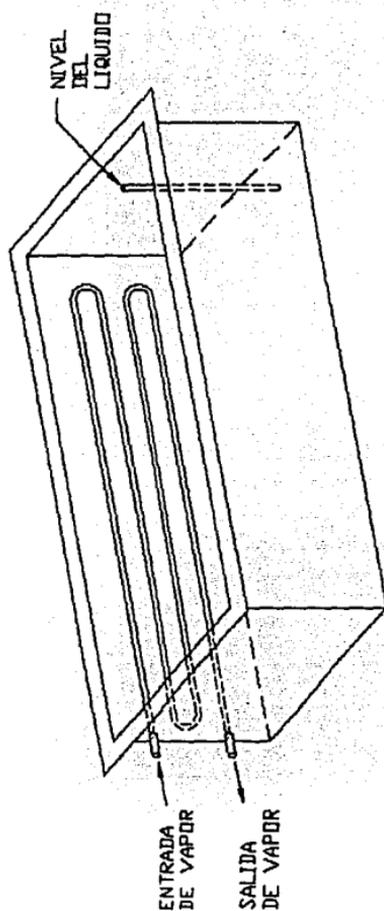
Es importante verificar la dureza del agua para la solución, pues si ésta pasa de 150 partes por millón se hace necesario someterla a un proceso de ablandamiento.

Los tanques de desengrase deben mantener la solución a temperatura de ebullición; las soluciones de los tanques pueden calentarse mediante una caldera, introduciendo el vapor o aire caliente si se utiliza otro sistema de calentamiento, a través de un serpentín como se muestra en la figura 8.

Se puede construir el tanque de limpieza con materiales cerámicos, revestido con chapa de acero. El tiempo de permanencia de las piezas en el limpiador deberá ser de, por lo menos, 15 minutos en el primer tanque, y de 10 a 15 minutos en el segundo. Cuando se utiliza un solo tanque se dejan las piezas un mínimo de 20 minutos.

ENJUAGUE

Con objeto de obtener una limpieza completa del jabón producido en los tanques limpiadores, se utilizan tanques de enjuague, que deben usarse a continuación de los tanques de limpieza. El primer enjuague conviene que esté bien caliente, no menos de 80° C.; el segundo puede estar a menor temperatura, aunque es conveniente que también esté caliente.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 8 - DIBUJO DE TANQUE LIMPIADOR TIPICO

El tiempo de inmersión oscilará en 3 minutos. Si se utilizara un solo tanque se requerirá de 5 minutos. Es necesaria una constante renovación del agua. El revestimiento de estos tanques será de chapa de acero.

BAÑO ACIDO

El objeto principal de este baño es dejar la chapa libre de óxidos, los que acarrean siempre grandes dificultades.

Se utilizan soluciones de ácido sulfúrico en concentraciones de 6 a 8 % de ácido en peso, a una temperatura de 60° a 65° C.

El tiempo de inmersión será el necesario para quitar toda la herrumbre u óxido presente. Esto requerirá alrededor de 10 a 15 minutos. Cuando el contenido en hierro disuelto en el tanque alcance el valor del 5 %, la solución está inutilizada y hay que cambiarla.

El revestimiento de este tanque se recomienda de plomo, o bien madera con varillas resistentes al ácido, ladrillos antiácidos, etcétera.

Cuando por cualquier razón no es posible usar ácido sulfúrico, se utiliza ácido clorhídrico o muriático en una proporción de 11 % en peso, o bien su equivalente en volumen que es de alrededor del 33 %. Este ácido se trabaja en frío y el revestimiento no puede estar hecho de plomo, debiendo hacerse en madera, goma o ladrillos antiácidos.

ENJUAGUE ACIDO

Luego del tratamiento ácido se pasan las láminas por un enjuague de agua limpia, a temperatura de 80° C.

Por la misma razón que en el caso del enjuague de desengrasador, es muy conveniente que este tanque posea un desborde continuo, con una lluvia horizontal a través de la superficie del agua, para despedir la película o nata que se forma. En el caso de que no se dispusiera de esta instalación, se recomienda tirar el agua empleada y volver a llenarla de agua limpia entre cada carga.

El tiempo de permanencia oscilará entre 3 y 4 minutos. Un movimiento de sube y baja de la canasta ayuda al enjuague y a desprender la película que se puede depositar sobre las chapas. El revestimiento de estos tanques debe hacerse del mismo material que el tanque de ácido respectivo.

BAÑO DE NIQUEL

Después del enjuague de ácido se puede colocar un tanque para la aplicación de un depósito de Niquel sobre la chapa. Para que este método represente una ventaja, es preciso controlar cuidadosamente las condiciones de concentración, temperatura, pH, y tiempo de inmersión; así mismo, debe contarse con un sistema de filtro prensa para mantener una continua agitación del baño.

La concentración de sales de Niquel debe ser entre 3/4

a una onza por galón. El rango de pH debe estar entre 3.2 a 3.6. La temperatura debe mantenerse de acuerdo a la cantidad del depósito deseado. A mayor temperatura, mayor depósito de Níquel en la pieza. El rango de temperatura más recomendable está entre 65° y 80° C. (150° y 180° F). El tiempo estándar de permanencia de las piezas en el tanque deberá ser de 6 minutos, tiempo suficiente para asegurar el nivel de depósito de Níquel en la pieza.

El tanque de Níquel debe hacerse de material no metálico, para evitar la corrosión, así como también deberán usarse materiales resistentes a los ácidos en la línea de bomba y filtro.

ENJUAGUE DE NIQUEL

El tanque de agua para este enjuague deberá de presentar las mismas características que el de enjuague ácido.

NEUTRALIZADOR

En este tanque tiene lugar la neutralización de los restos de ácidos que pudieran haber arrastrado las piezas, a pesar del enjuague.

Se prepara disolviendo 5.4 kilogramos de Soda Solvay y 0.6 Kgs. de bórax por cada 1000 litros de agua. Se debe mantener el contenido de óxido de sodio entre 0.3 y 0.4 %.

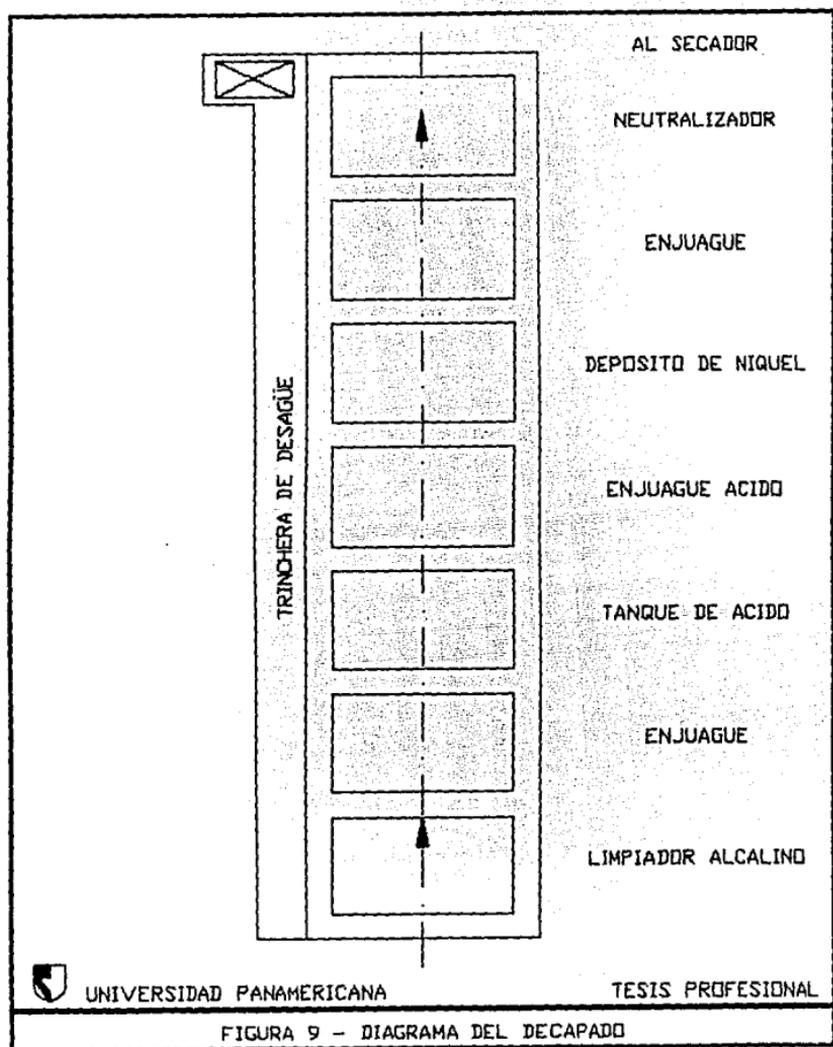
El tiempo de permanencia deberá ser de 3 a 4 minutos, y la temperatura de 70° a 80° C.

Es conveniente cambiar a diario el contenido de este tanque limpiando bien el fondo del mismo para sacar los compuestos de ácido precipitados. El revestimiento del mismo puede ser de chapa de acero.

SECADOR

El secado de las piezas puede efectuarse en la misma canasta, introduciéndola a un compartimento forrado de lana mineral, que funciona como aislante. El secado se realiza con aire caliente, y lo más rápidamente posible, para evitar la reoxidación. Debe estar bien ventilado para permitir la extracción de los vapores de agua. La temperatura del secador deberá ser de aproximadamente 100° C.

Si se utiliza un sistema de calentamiento del aire por medio de quemadores atmosféricos, debe tenerse cuidado de que la flama no toque las piezas a secar. Se recomienda que el calentamiento del aire se haga en una cámara separada y se dirija el flujo por medio de ductos hacia la cámara de secado distribuyendo uniformemente el flujo sobre el área de la misma.



2.4.2 METODOS DE CONTROL DE SOLUCIONES DE DECAPADO

Los consejos que se describen a continuación para control de los tanques de decapado han sido elegidos por la sencillez con que se ejecutan, y la facilidad de cálculo que representan. Como se comprenderá perfectamente, cualquier método analítico apropiado puede utilizarse.

CONTROL DE DESENGRASANTE

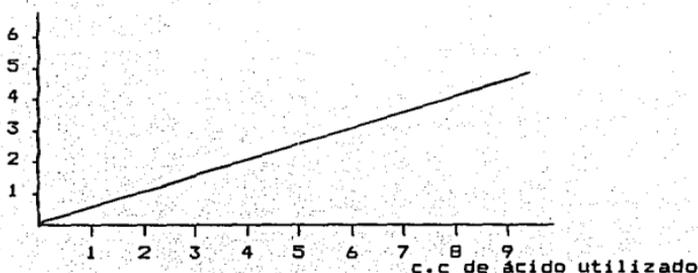
De la solución recién preparada, se toman 10 c.c. y se colocan en un vaso de precipitados de 400 c.c. Se añaden aproximadamente 300 c.c. de agua destilada y unas gotas de naranja de metilo, se añade ácido sulfúrico en pequeñas dosis, medidas en c.c. hasta que el color se torne rosado.

Este valor tiene mucha importancia para referirlo luego en una gráfica, con los valores de concentración y número de centímetros cúbicos utilizados.

Lógicamente, habrá un factor importante y es que los valores respectivos dependerán del tipo de desengrasante utilizado. Como ejemplo, se muestra los valores del desengrasante FERRO N^o 3 en la gráfica de la figura 10.

Cuando se requiera añadir más desengrasante a la solución, es necesario disolver la cantidad deseada en agua y luego vaciarla al tanque.

% DESENGRASANTE



GRAFICA DEL DESENGRASANTE FERRO Nº 3

Figura 10.

CONTROL DEL TANQUE DE ACIDO SULFURICO

Se toman 10 c.c. de la solución de ácido y se colocan en un vaso, se añaden 2 ó 3 gotas de naranja de metilo y 100 c.c. de agua destilada y se dejan caer en una bureta que contenga solución de hidróxido de sodio hasta que la solución varíe del rosado al amarillo pajizo.

Se efectúa la lectura de los c.c. utilizados. Cada c.c. equivale a 1 % de ácido sulfúrico, así que, si se emplearon 6.8 c.c., la concentración será de 6.8 %. A veces, debido al contenido de hierro, se forma un precipitado de color verde, cuando esto sucede se da por finalizada la operación y se realiza la medición de los c.c. dando idénticos resultados, de modo que este color no afecta la medición.

CONTENIDO EN HIERRO

El contenido en hierro del ácido sulfúrico se determina de la forma siguiente:

Se toman 10 c.c. de muestra de la solución a analizar y se coloca en un vaso de 400 c.c. agregándole 200 c.c. de agua destilada. Con mucho cuidado se añaden 10 c.c. de ácido sulfúrico concentrado. Agitando continuamente, se agrega rápidamente gota a gota solución de permanganato de potasio hasta que una gota deje un color rosado permanente. Cada c.c. utilizado equivale a 0.5 grs. de hierro soluble; por ejemplo, si se utilizaron 3.8 c.c. el contenido de hierro será:

$$0.5 \times 3.8 = 1.9 \text{ de hierro}$$

Este método es lo suficientemente exacto, por la tolerancia de las condiciones de trabajo.

PRUEBA DEL ACIDO CLORHIDRICO O MURIATICO

Se transfieren 10 c.c. de muestra a un vaso y se añaden 200 c.c. de agua destilada y 3 ó 4 gotas de naranja de metilo, se le agrega poco a poco hidróxido de sodio. Cada c.c. de esta solución representa el 1 % de ácido en peso.

Se aclara aquí que el porcentaje se hace en peso, porque el ácido clorhídrico se vende en solución al 33 %. Esto quiere decir, por ejemplo, por cada 100 Kgs. de ácido en solución se añaden en realidad 33 Kgs. de ácido puro.

CONTROL DE NEUTRALIZADOR

Se toman 100 c.c. de solución y se agrega a un vaso de 400 c.c. junto con 150 c.c. de agua destilada y 4 ó 5 gotas de naranja de metilo.

Revolviendo continuamente, agregar ácido sulfúrico hasta que el color cambie de amarillo a rosado.

Cada c.c. de de solución de ácido utilizado representa 0.031 % de óxido de sodio. Si se usaron 10 c.c., el porcentaje de óxido será 0.31 %.

2.4.3 LAVADORA CONTINUA

A últimas fechas se están utilizando con gran éxito las lavadoras continuas, sustituyendo al área de decapado. Se puede decir que estas lavadoras son el último grito de la moda en el lavado de piezas.

Las ventajas de este tipo de lavadoras son muchas con respecto al decapado, siendo las principales: la continuidad en el proceso ahorrando con esto energía, mano de obra, espacio y tiempo del proceso, así como la eliminación de los ácidos en la operación de lavado.

Estas lavadoras son también conocidas como lavadoras de siete estaciones, debido al número de tanques utilizados en la operación dividiendo en siete etapas el proceso de lavado.

En esta operación, las piezas a lavar son colgadas en un transportador de tipo aéreo con utillajes continuos, el cual avanza a 6.8 metros por minuto (el rango del transportador debe ser de 3 a 9 metros por minuto).

El transportador lleva las piezas a través de la lavadora, la cual consiste en un tunel, dentro del cual las piezas son lavadas por la acción del agua con detergentes lanzados a presión contra las mismas. La primera estación consiste en un prelavado, de ahí pasa a la aplicación del primer lavado con ciertos detergentes, en la tercera estación, se somete a otro lavado con diferentes detergentes del primero. La cuarta estación consiste en un enjuague con agua natural para de ahí pasar a un tercer lavado con detergentes, la sexta y la séptima etapa consiste en enjuagar las piezas con agua natural, en el primero se utiliza agua caliente y en el último agua a temperatura ambiente.

Al finalizar el lavado, y para extraer la humedad de las mismas, se introducen por medio del mismo transportador a un secador continuo, el cual extrae el agua por medio del calentamiento convectivo, es decir, con aire caliente a una temperatura de 150° C. Después del secado las piezas están listas para ser esmaltadas.

Desgraciadamente, para esta tesis no fue posible obtener los datos de la composición de los detergentes utilizados en las diferentes estaciones, por ser secreto y propiedad de los fabricantes de estos equipos, que guardan esto como confidencial debido a su muy reciente desarrollo.

En la tabla 2, se muestra la secuencia de operación de una lavadora, tiempos requeridos en el proceso, presión utilizada y volúmenes requeridos. De dicha tabla se observa la diferencia tan grande que existe de tiempo para lavar una pieza con respecto al decapado.

En el decapado una pieza necesita aproximadamente una hora para finalizar el proceso y quedar lista para esmaltar, mientras que utilizando una lavadora se necesitan de tan solo 10 minutos de lavado más cuatro minutos de secado. Quince minutos para tener lista una pieza para esmaltar representa la cuarta parte del tiempo empleado con el decapado.

Otra ventaja de la lavadora continua es el manejo del material. Para el decapado hay que cargar primero la canastilla con 200, 500 ó 1000 Kgs. de peso de las piezas a procesar, dependiendo de la capacidad del sistema. Suponiendo con 1000 Kgs., se necesita tiempo para llenar la canastilla, maquinaria especial para levantarla y pasarla de un tanque a otro y, al final, descargarla. Con esto se limpia una tonelada en una hora. Durante esa misma hora, se pueden lavar 4 toneladas utilizando la lavadora continua, y cargando las piezas una por una, sin necesidad de grúas ni polipastos, tan solo con un operario. (El peso promedio de las piezas a esmaltar es de 1 Kg., lo suficientemente ligera para ser cargada por una persona).

Además de la tabla de secuencia de operación, se muestran en las figuras 11 y 12 esquemas de dicha lavadora.

65

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

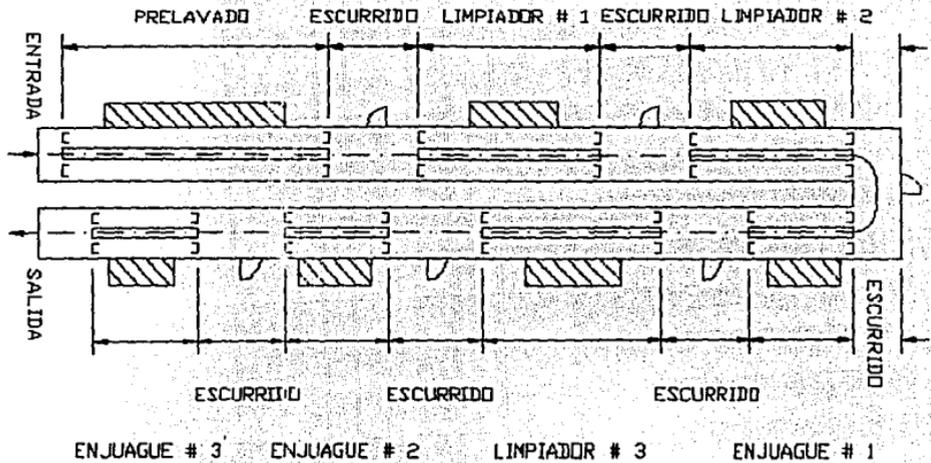
999

1000

TABLE 2
CONTINUOUS WASHING MACHINE OF SEVEN STATIONS

OPERATION SEQUENCE:

EST.	DESCRIPCION	TIEMPO SEG	TEMP. °C	CAPACIDAD lt / min.	PRESION Bar	VOLUMEN m cub.	ENERGIA kcal / hr.
-	ENTRADA	30	-	-	-	-	-
I	PRELAVADO	90	60	18	2	13.6	575,000
-	ESCURRIDO	30	-	-	-	-	-
II	LIMPIADOR 1	60	70	15.8	1.5	6.1	387,000
-	ESCURRIDO	30	-	-	-	-	-
III	LIMPIADOR 2	60	70	15.8	1.5	6.1	282,500
-	ESCURRIDO	42	-	-	-	-	-
IV	ENJUAGUE 1	32	70	15.8	1.5	4.4	220,000
-	ESCURRIDO	30	-	-	-	-	-
V	LIMPIADOR 3	60	70	15.8	1.5	6.1	376,250
-	ESCURRIDO	30	-	-	-	-	-
VI	ENJUAGUE 2	32	50	15.8	1.5	4.4	276,250
-	ESCURRIDO	30	-	-	-	-	-
VII	ENJUAGUE 3	32	AMB.	15.8	1.5	4.4	-
-	SALIDA	42	-	-	-	-	-

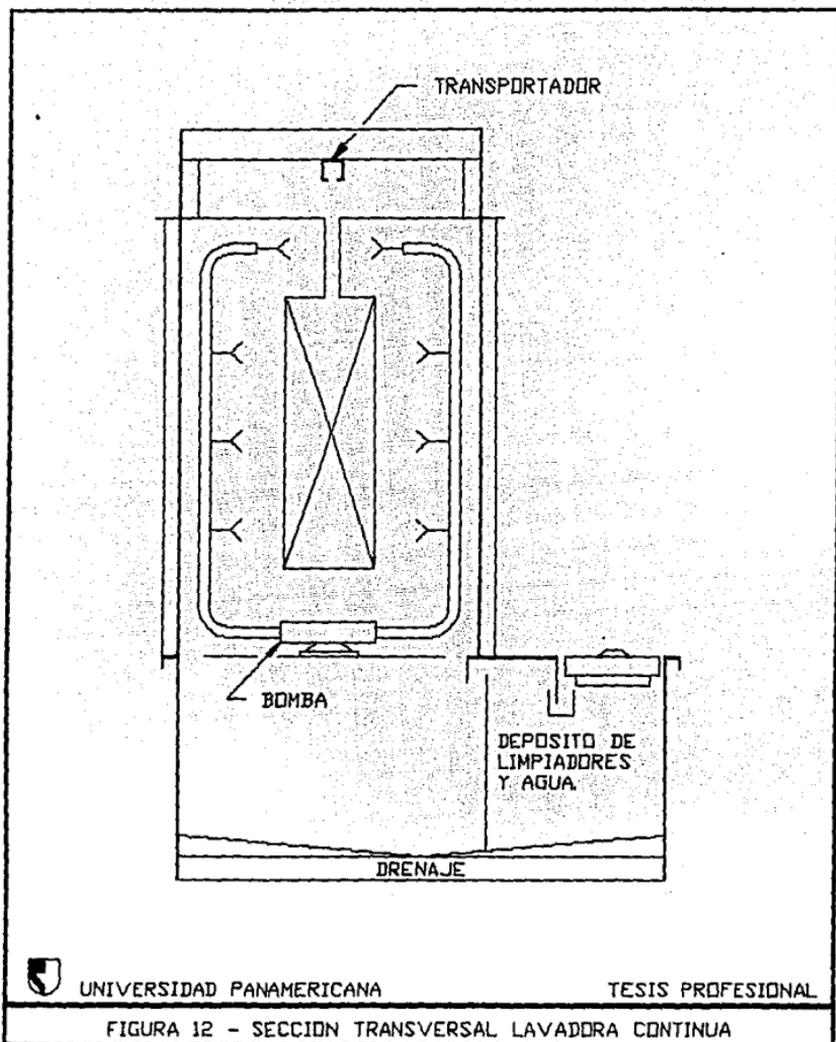


UNIVERSIDAD PANAMERICANA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 11 - LAVADORA CONTINUA DE SIETE ESTACIONES (VISTA EN PLANTA)

FALLA DE ORIGEN



CAPITULO 3

PREPARACION DEL ESMALTE, APLICACION, SECADO Y QUEMADO

3.1 MOLIDO DE LOS ESMALTES POR VIA HUMEDA

Existen muchas variantes en el proceso de esmalte porcelanizado, dando con esto muchos problemas en la producción. Sin embargo, controlando estas variables a través de mediciones y operaciones similares, y el empleo de estadísticas, se pueden reducir en gran medida muchos de estos problemas.

El molido de los esmaltes es una de las operaciones que más variaciones tiene, por eso se incluyen en este capítulo formas de control y recomendaciones básicas como en los capítulos anteriores, que, de aplicarlos bajo precisas normas de trabajo, pueden ayudar a reducir las variaciones de los productos finales y servir como base para mejoras futuras y mayor control sobre el proceso.

EQUIPO DE MOLINO

Es de suma importancia que, de acuerdo con las

necesidades de las diferentes plantas, existan molinos exclusivamente destinados para fundentes, blancos, colores claros, colores oscuros, y todo tipo de esmalte especial que requiera ser fabricado evitando así la contaminación del esmalte al utilizar un mismo molino para diferentes tipos de esmaltes.

Es lógico suponer que, habiendo un suficiente número de molinos, el peligro de contaminación se reduce notablemente, pero tampoco hay que exagerar utilizando varios molinos para un mismo tipo de esmalte. Resulta mucho más uniforme la producción de un molino de gran capacidad que varios de capacidad reducida.

También es bueno tener un molino de pequeña capacidad, pues ayuda enormemente a resolver problemas de igualación y pruebas de materiales.

REVESTIMIENTO DE LOS MOLINOS

El revestimiento más adecuado para los molinos de esmalte son los ladrillos de porcelana blancos. Para las juntas entre los ladrillos se utiliza cemento blanco. Los excesos de este material pueden sacarse por lavado.

Para efectuar un cierre hermético entre la tapa y el molino, se colocan juntas de goma. Los revestimientos de Silix (pedernal o sílice) también son apropiados. Su inconveniente reside en el hecho de que, por ser un producto natural cortado a mano, cada ladrillo tendrá una forma irregular, y por

consiguiente, será muy dificultosa su colocación.

El revestimiento de granito no es muy recomendable porque además de su difícil colocación, tiene el inconveniente de poseer inclusiones de magnetita y hematita que contaminan el esmalte. Además, tiene la superficie muy rugosa y áspera, por consiguiente el lavado a fondo es más difícil.

BOLAS DE PORCELANA

El mejor medio de molienda para los esmaltes blancos y de colores suaves lo constituyen las bolas de porcelana blanca, que deben estar libres de roturas o laminaciones, y ser de porosidad muy baja y alto peso específico. Las bolas deberán ser inspeccionadas cuidadosamente y perfectamente lavadas antes de colocarlas en el molino.

Al guardarse en stock deberá cuidarse que éstas no entren en contacto con aceite o grasa.

BALANZAS

La sección de molinos de una planta de esmaltado debe estar equipada con un juego de balanzas, de acuerdo a la misma. Deberá tener como mínimo una de 200 Kgs. de capacidad, otra de hasta 25 Kgs. con aproximación de 10 gramos y otra con aproximación de 0.01 grs. para igualaciones, finura, etcétera.

TAMICES

El esmalte al descargarse del molino debe ser tamizado

cuidadosamente. El tamizado a mano es lento, y a menudo resulta dificultoso el paso del esmalte a través de mallas finas. Resulta, por lo anterior, muy conveniente el uso de tamizadores mecánicos tipo "Rotospray" (ver figura 13). Con esta máquina, puede pasarse fácilmente el fundente por malla 60 y los esmaltes de cubierta por malla 80.

SEPARADORES MAGNETICOS

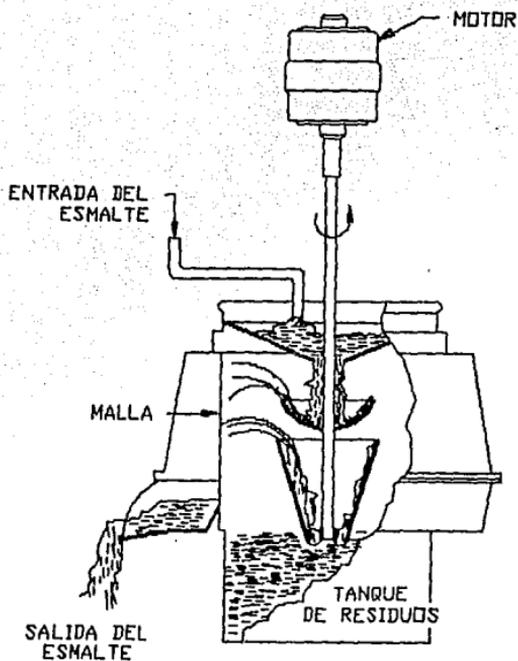
Para la eliminación del hierro que pueda contener el esmalte debido a contaminación o por el paso de algún proceso, se ha hecho necesaria la instalación de separadores magnéticos para tal propósito.

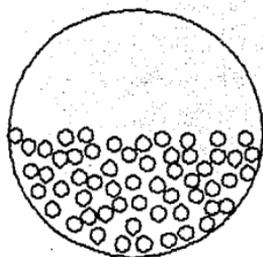
Existen varios tipos de separadores magnéticos. El empleado con mayor éxito por su poder es el tipo electro-magnético que, además, puede desmagnetizarse para su limpieza.

Los separadores magnéticos tipo plano inclinado solamente se usan para esmaltes de bajo peso específico y alto contenido de agua. Los de tipo vertical son utilizados para esmaltes más densos y sobre todo por su eficiente trabajo de limpieza.

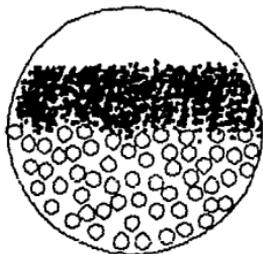
CARGA DE LOS MOLINOS

Lógicamente, la carga de los molinos deberá ser proporcional a su capacidad. (Ver figuras 14, 15 y 16).



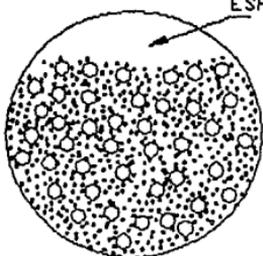


MOLINO CARGADO A LA
MITAD CON BOLAS DE
PORCELANA



CARGADO A 3/4 CON FRITA

SE LE AGREGA AGUA QUE
CORRE AL FONDO



ESPACIO NECESARIO PARA MOLER

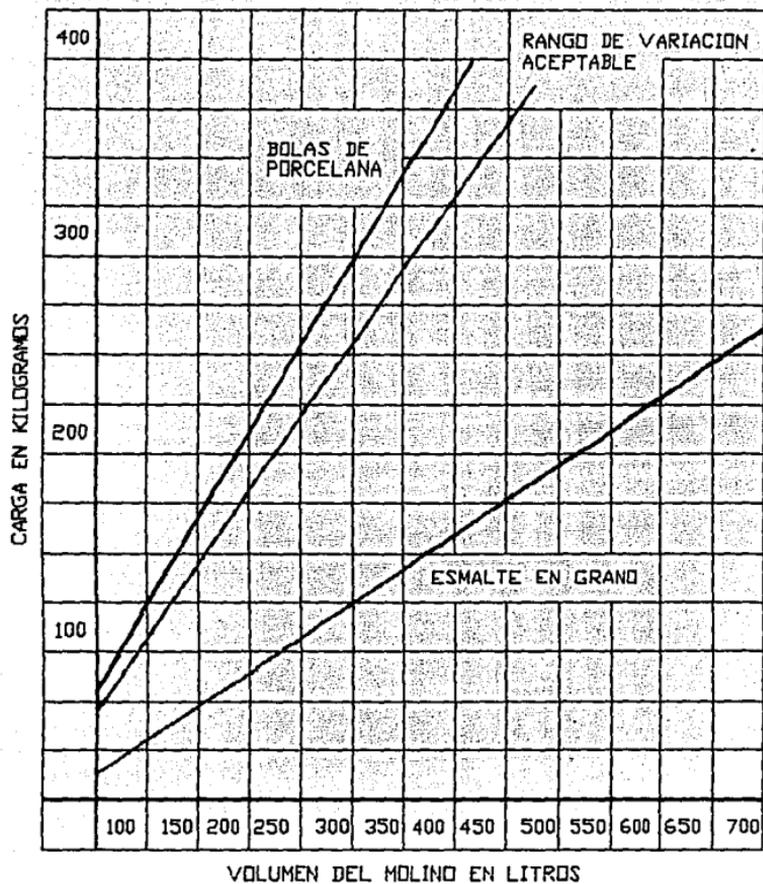
SE HACE GIRAR EL MOLINO



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

TESIS PROFESIONAL

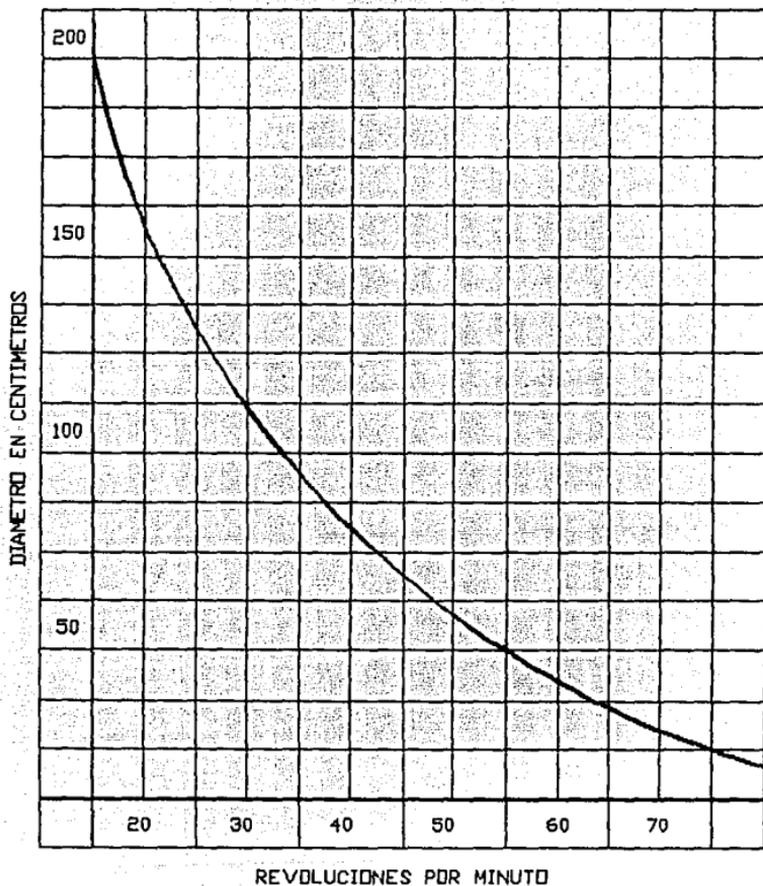
FIGURA 14 - CARGA DE MOLINO



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 15 - DETERMINACION DE LA CARGA DE UN MOLINO EN FUNCION DE SU VOL.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 16 - VEL. DE ROTACION DE UN MOLINO EN FUNCION DE SU DIAMETRO INT.

Es necesario que periódicamente se revise la carga de bolas del molino, para retirar del uso las que se hallen rotas, o que por su desgaste adquirieron proporciones inadecuadas para el uso, las que podrán pasarse a molinos de menor volumen.

Cuando los molinos se cargan con distintos tamaños de bolas, es necesario que la proporción entre las mismas se mantenga constante:

80 % bolas de 25 mm. de diámetro
20 % bolas de 50 mm. de diámetro.

ó

80 % bolas de 40 mm. de diámetro
20 % bolas de 50 mm. de diámetro.

ó

75 % bolas de 40 mm. de diámetro
25 % bolas de 60 mm. de diámetro.

La carga de bolas deberá ocupar aproximadamente el 55 por ciento del volumen del molino. El total de bolas, fritas y adiciones de molienda, ocuparán un 75 por ciento de la capacidad del molino. Para obtener el máximo de eficiencia en la operación de molino es necesario observar las indicaciones anteriores, y las normas indicadas en las gráficas respectivas. La cantidad de agua que se añade al material seco depende del tipo de frita usado y de las adiciones de molienda correspondiente. El agua deberá medirse o pesarse antes de colocarse en el molino.

LIMPIEZA DEL MOLINO

Si es necesario limpiar el molino por cambio de color o tipo de esmalte, deberá realizarse esta operación con mucho cuidado para evitar contaminación.

La limpieza deberá hacerse con gran cantidad de agua y el menor número de revoluciones posible, debido a que en un molino cargado con bolas solamente, éstas golpean con gran fuerza sobre el revestimiento del molino. Para dar una idea de este desgaste: cinco minutos de molienda con bolas y agua solamente desgasta el revestimiento en la misma proporción que cinco días de molienda con la carga completa.

Cuando no se dispone de suficiente número de molinos, es conveniente hacer una limpieza con agua y cuarzo al pasar de un tipo de esmalte a otro.

3.1.1 METODO DE CONTROL DE MOLIENDA

En la figura 17 se incluye una orden de molienda diseñada especialmente para llevar un control eficiente del proceso. En esta orden se consignan todos los datos de cada molienda, y facilita la investigación en caso de dificultades. Procederemos a analizarla de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha:

En la parte superior, donde dice: "Conforme laboratorio" va la firma de la persona encargada de la aprobación, y que se dará después de comprobar que el esmalte responde a todas las condiciones exigidas.

A la izquierda dice: "Molienda N^o", indicando el número de orden.

"MF" significa fórmula de molienda.

"Fórmula N^o" el número de control correspondiente a dicha fórmula.

"Número de tambor" el número del envase o envases donde se guarda el esmalte.

"Molino N^o". Donde hay más de un molino se consigna el número correspondiente.

"Fecha de cargado".....

"Ingredientes", se detalla la lista y cantidades respectivas de los materiales utilizados en la carga.

Los datos siguientes, deberán ser llenados por la persona encargada de los controles. Resulta muy conveniente disponer, en sitios perfectamente establecidos, los distintos tipos de fritas que se reciben, y de acuerdo al número de fundición del proveedor.

La finura a la cual deberán ser molidos los esmaltes, así como el peso específico respectivo dependerá en cada caso del tipo de esmalte. Los límites recomendables son los que se muestran en la tabla 3:

ESMALTE	PESO ESPECIFICO	FINURA
Fundente	1.62 - 1.65	6 - 8
Cubierta colores	1.80 - 1.82	2 - 4
Cubierta blanco titanio	1.70 - 1.73	1 - 2
Cubierta con plomo	2.30 - 2.50	2 - 3
Cubierta con plomo colores	2.30 - 2.50	1 - 2
Cubierta sin plomo	1.80 - 1.90	3 - 5

Tabla 3.

El esmalte puede descargarse por gravedad o también ayudarse con aire comprimido, siempre que la presión del aire no sobrepase de 4 ó 5 libras de presión por pulgada cuadrada, y la construcción del molino lo permita.

Se debe descargar la mayor cantidad de esmalte molido, pues si queda mucho dentro del molino, éste sería incorporado lógicamente a la nueva carga y al molerse nuevamente llegaría a un punto de finura muy alto, introduciendo con ello un error, ya que habrá una diferencia notable de tamaño entre las partículas remanentes de la primera molienda y las de la nueva carga.

Donde se indican los datos referentes a tiempo de molienda, fecha, hora, finura, etcétera, éstos deberán ser llenados por los operarios de la sección.

CONTROL DE FINURA

Para comprobar que la molienda tiene ya la finura deseada, se toman 50 cc. de esmalte a un peso específico determinado, se pasan a través de un tamiz de malla 200, el recipiente se enjuaga y el agua se echa sobre el tamiz, luego se le hace pasar abundante agua (hasta que pase limpia), se seca el esmalte que quedó sobre la malla, se pesa, considerando este valor como la finura del esmalte.

En caso de que aún no se ha conseguido la finura deseada, se vuelve a poner en operación el molino y se hace una segunda prueba, y así hasta obtener el valor deseado.

Esta operación de prueba y error, es muy lenta, por eso se aconseja utilizar las formas de orden de molienda, después de recabar datos de dichas hojas, se tiene una aproximación muy buena en cuanto al tiempo de permanencia del esmalte en el molino para obtener la finura deseada.

PESO ESPECIFICO

Se denomina peso específico al peso por unidad de volumen y en este caso lo abreviaremos como "pe".

El "pe" puede determinarse fácilmente utilizando la fórmula:

$$pe = \frac{P}{V}$$

Donde "pe" es el peso específico.

"P": el peso de la sustancia.

"V": volumen de la misma.

Para comprobar el peso específico del esmalte que estamos utilizando, utilizamos un recipiente de cobre, acero inoxidable, etcétera, con objeto de que no se rompa, dándole la forma de un cono truncado.

No interesa el volumen resultante, sino que sólo basta después de haber hecho el recipiente, determinarlo con exactitud, para lo cual se puede proceder de la siguiente manera:

1º) Se pesa el recipiente vacío. Supongamos que pese 235 gramos.

2º) Se pesa después lleno de agua destilada, y pesará 396 gramos. Luego el volumen es de:

$$396 - 235 = 161 \text{ c.c.}$$

No tomaremos en cuenta la densidad del agua a la temperatura a la cual se trabaja, pues la tolerancia de la operación es tal que, dicha corrección modificaría los valores obtenidos más allá del segundo decimal.

Para saber el "pe" de cualquier esmalte bastará con llenar el recipiente con el mismo, pesarlo, y si por ejemplo pesa 505 gramos, entonces el peso del esmalte será:

$$505 - 235 = 270 \text{ gramos}$$

Reemplazando los valores en la fórmula del "pe", tendremos:

$$pe = \frac{270}{161} = 1.67$$

Conviene que el esmalte salga de la sección de molinos listo para el uso, ajustando el "pe" y consistencia, para evitar cualquier agregado por parte de los encargados de su aplicación.

Cuando se tienen dos esmaltes preparados y se desea un tercero, existe una fórmula que permite ajustar el peso específico fácilmente: supongamos que el esmalte número 1 tiene "pe" de 1.68 y el número 2 de 1.52, y queremos preparar mezclándolos en las proporciones adecuadas otro que tenga un "pe" de 1.64 (px). La cantidad necesaria del N^o 2 lo designamos con Y, y con X la cantidad necesaria del N^o 1.

$$\frac{Y}{X} = \frac{PX - P1}{P2 - P1}$$

Reemplazando la fórmula por los valores respectivos tendremos:

$$\frac{Y}{X} = \frac{1.64 - 1.68}{1.52 - 1.64} = \frac{-0.04}{-0.12} = \frac{1}{3}$$

Para obtener un esmalte de "pe" 1.64 empleando esmaltes de "pe" 1.68 y 1.52 hay que poner tres partes del de "pe" 1.68 y una parte del de "pe" 1.52.

Llamaremos P1 al de mayor peso especifico y P2 al de menor "pe", y PX al peso especifico resultante.

Supongamos ahora que tenemos el caso de querer preparar un esmalte de "pe" 1.73, partiendo de un esmalte de "pe" 1.77 y agua "pe" 1.

De acuerdo a la fórmula:

$$\frac{Y}{X} = \frac{PX - P1}{P2 - PX} = \frac{1.73 - 1.77}{1 - 1.73} = \frac{-0.04}{-0.73}$$

Multiplicando por 100 y haciendo una repartición proporcional se obtiene:

$$\begin{aligned} 4 + 73 &= 77 \\ \frac{77}{4} &= \frac{100}{X} \\ X &= \frac{100 \cdot 4}{77} = 5.2 \end{aligned}$$

Para el otro será:

$$\begin{aligned} \frac{77}{73} &= \frac{100}{X} \\ X &= \frac{100 \cdot 73}{77} = 94.8 \end{aligned}$$

Por lo tanto habrá que poner aproximadamente 5.2 partes de agua por 94.8 partes de esmalte.

Si por cualquier causa fuese más conveniente pesar los

esmaltes, se multiplicarían los volúmenes por sus respectivos pesos específicos.

Para el ejemplo anterior tendríamos:

$$P = V \text{ "pe"}$$

Luego para el esmalte de "pe" 1.77, habrá que poner:

$$94.8 \times 1.77 = 168 \text{ Kgs}$$

y de agua tendríamos:

$$5.2 \times 1 = 5.2 \text{ Kgs.}$$

UTILIZACION DE LOS ESMALTES RESIDUALES O "SCRAP"

El empleo de los esmaltes residuales o "scrap" es sumamente importante, no sólo desde el punto de vista económico, por el valor que representa, sino también por la ventaja y comodidad que significa su utilización.

Como primera medida es imprescindible mantener el "scrap" limpio y no mezclarlo con esmaltes de diferentes colores y tipos. Es conveniente que las cabinas de aplicación se limpien a diario para evitar una acumulación excesiva y pérdida de esmalte, así como los colectores de polvos.

Una forma de utilizar el "scrap" es añadiéndole la cantidad necesaria de agua, de 1.5 a 2 por ciento de arcilla y colocarlo en una tina provista de un agitador, mezclarlo bien y luego de ajustada la consistencia y peso específico podrá utilizarse como primera mano, o añadirse en proporción adecuada al esmalte nuevo. La cantidad de agua a agregar dependerá del estado de humedad que presente el "scrap".

Otra utilización la constituye el reunir una cantidad

apreciable del mismo, homogeneizarlo por batido ajustando exactamente el "pe", y usarlo para esmaltes coloreados. De esta manera se han logrado obtener una aproximación a colores patrones bastante aceptables, sobre todo si este "scrap" coloreado se destina a hacer piezas individuales o una cantidad limitada de artículos.

3.1.2 ADICIONES DE MOLIENDA .

Con objeto de obtener una distribución uniforme y fácilmente controlable se debe moler la frita y hacer una suspensión con ella, utilizando el agua como vehículo.

Tomemos como ejemplo una de las mezclas de molienda típica de fundente para chapá:

Frita A	60.000 Kgs.
Frita B	30.000 Kgs.
Frita C	10.000 Kgs.
Cuarzo	7.000 Kgs.
Arcilla GE	3.500 Kgs.
Arcilla BD	3.500 Kgs.
Bentonita	0.125 Kgs.
Bórax	0.750 Kgs.
Nitrato de Sodio	0.125 Kgs.
Agua	45.000 Kgs.

Para comprender la función que desempeña cada uno de los términos de la mezcla, procederemos a analizarlos por separado.

Debido a las condiciones de adherencia, intervalo de cocción, etcétera, es necesario recurrir en el caso de los fundentes, para que tales propiedades sean fácilmente logradas, a mezclas adecuadas con fritas de propiedades definidas.

En el ejemplo dado, la frita A es el término duro y de alta adherencia, mientras que la frita B es un término intermedio, y la C el blando y altamente resistente a las cabezas de cobre y contaminación. El cuarzo es un material refractario que añadido en proporciones adecuadas aumentan el intervalo de cocción.

ARCILLAS

Las arcillas necesitan, debido a las importantes funciones que desempeñan, una consideración muy especial.

Las propiedades de la arcilla pueden agruparse, de acuerdo a la acción, en las diferentes propiedades del esmalte.

1) Su acción de agente de suspensión que permite mantener en dicho estado a las partículas de esmalte molido.

2) Luego de ser aplicado el esmalte en las piezas y secado, actúa como agente de retención, manteniendo las partículas en su posición.

3) La acción de las arcillas tiene efecto sobre la temperatura de fusión del esmalte; al aumentarse el contenido de arcilla, aumenta la temperatura de cocción.

4) Cuando las arcillas son disueltas en el proceso de cocción afectan la estructura física y el coeficiente de

expansión del esmalte.

5) Modifican la resistencia a los ácidos.

6) Las arcillas tienen efecto sobre el color, opacidad y brillo del esmalte cocinado.

Debido a las anteriores consideraciones, se requerirá que las arcillas deban ser perfectamente estudiadas, clasificadas y purificadas, para que dichas propiedades puedan aprovecharse al máximo, al tiempo que evitan las contaminaciones y defectos que pudieran producir.

En consecuencia, no podrá autorizarse el empleo de arcillas que no hayan sido probadas en las condiciones más severas.

BENTONITA

La bentonita es una arcilla altamente coloidal debido su extremo grado de división en sus partículas, no responde a una composición química definida y a menudo se presenta impura, por lo cual se hace necesario también hacer con ella los ensayos pertinentes.

De manera aproximada puede estimarse que el poder de suspensión de una bentonita es, aproximadamente, seis veces mayor que una misma cantidad de arcilla. Asimismo, provee a la capa de esmalte seco de una película de alta resistencia mecánica.

BORAX

El Bórax o tetraborato de sodio hidratado, debido a su solubilidad y el proceso de hidrólisis que tiene lugar, afecta la mezcla aumentando la suspensión.

NITRATO DE SODIO

Por las razones expuestas para el bórax, el nitrato de sodio tiene efectos sobre la suspensión de los esmaltes, además por sus condiciones de reductor, evita la oxidación del fundente seco sin cocer (bizcocho).

Debido a la evolución de la industria del esmaltado, se considera como norma, en la actualidad, el empleo de fritas de titanio para blancos, fritas a base de zirconio para colores tipo pastel y fritas transparentes para los colores fuertes.

Sobre los opacificadores diremos que se usan en varias proporciones, sin embargo, como regla general, oscilarán del 2 al 4 por ciento. El óxido de estaño, que hasta hace relativamente poco tiempo era el agente opacificante universal, está siendo desplazado por la aparición de otros tipos a base de antimonio y zirconio que son mucho más económicos.

Conviene hacer notar que cada uno de los opacificadores tiene propiedades diferentes entre sí y el desconocimiento de las mismas daría en algunos casos

resultados perjudiciales, como puede ser: el óxido de estaño, desopacifica a los esmaltes tipo zirconio; los opacificadores tipo antimonio son extremadamente perjudiciales para los esmaltes a base de titanio.

3.1.3 IGUALACION DE COLORES

A continuación se muestra un método práctico para la igualación de colores:

Supongamos que debemos igualar un color verde claro. Para ello comenzaremos a cargar una serie de molinos de prueba, de más o menos un kilogramo de carga, como sigue, ya que con la mezcla proporcional de amarillo, azul y verde podrá obtenerse el color.

	MEZCLAS DE MOLIENDA			
	1	2	3	4
Frita	100	100	100	100
Arcilla	6	6	6	6
Opacificador	2	2	2	2
Oxido verde	2	-	-	-
Oxido azul	-	2	-	-
Oxido amarillo	-	-	2	-
Carbonatos	0.25	0.25	0.25	0.25
Nitrato de sodio	0.125	0.125	0.125	0.125
Agua	38	38	38	38
Finura	3 - 5			

Se procede primero a ajustar el peso específico en igual valor para todos los molinos. Luego se comienza por

hacer una mezcla arbitraria, por ejemplo: 30 partes del número 1, 10 del N° 2, 50 del N° 3 y 10 del N° 4.

Se homogeneiza la mezcla perfectamente, se le aplica a una chapa, midiendo el espesor de aplicación, temperatura y tiempo de horneado, y el color resultante se compara con el estándar o patrón.

De las conclusiones a que se llegue, luego de la comparación, se verá si la muestra es más azul o verdosa, etcétera. De acuerdo a esto, se irá modificando las proporciones en pruebas sucesivas hasta llegar al color igualado.

Supongamos que la mezcla aceptada está compuesta por 25 partes del N° 1, 15 del N° 2, 45 del 3 y 15 del N° 4, la proporción de los óxidos colorantes será:

N° 1	$(25 \times 2) / 100 = 0.5$
N° 2	$(15 \times 2) / 100 = 0.3$
N° 3	$(45 \times 2) / 100 = 0.9$

Quedando por lo tanto como fórmula de molienda:

Frita	100
Arcilla	6
Opacificador	2
Oxido verde	0.5
Oxido azul	0.3
Oxido amarillo	0.9
Carbonatos	0.25
Nitrato de sodio	0.125
Agua	38
Finura	3 - 5

Para efectuar estas igualaciones es preciso cuidar al máximo las condiciones de temperatura, tiempo de cocción, peso de la aplicación, etcétera, referidas al estándar, o conviene en el caso del molino de confirmación cocinar simultáneamente una chapa con el esmalte igualado y otra con el esmalte patrón.

La experiencia indica que el color resultante no es el mismo cuando se incorporan, junto con la frita, los óxidos colorantes, como cuando la frita y demás compuestos se hacen moler a determinada finura, se le agregan los colorantes y se prosigue la molienda. Por eso es muy importante tener un proceso de molienda muy estandarizado y aplicar los controles recomendados en este capítulo.

3.2 METODOS DE APLICACION

La aplicación consiste en cubrir con una o más capas de esmalte la superficie de las piezas por procesar.

Existen dos principales métodos de aplicación: por baño sobre la pieza, y por sopleteado. En este caso el término de baño se aplica a cualquier método, en el cual se le aplica a la pieza un exceso de esmalte que se deja escurrir con cierta inclinación antes del secado. El sopleteado se refiere a aquellos métodos en los cuales el esmalte es aplicado por atomización directa sobre la superficie de las piezas. Para fines decorativos, se pueden emplear utensilios como mallas de seda, rodillos y decantaciones dependiendo del efecto deseado.

3.2.1 METODOS DE BAÑO

Conviene, desde todo punto de vista, que el esmalte fundente y el "base coat" sea aplicado por baño, por razones de control de aplicación, uniformidad, economía y rapidez.

Para poder esmaltar las piezas (por baño) es necesario relacionar los dos factores que regulan el peso de aplicación, que son consistencia y peso específico. Como el peso específico del fundente varía entre 1.62 y 1.65 gr/c.c., en el caso de que la cantidad de esmalte que quede en las piezas después de bañadas no sea apropiado (muy grueso o muy delgado), será necesario modificar la consistencia utilizando electrolitos adecuados, como se vió anteriormente.

Como ejemplo, tomemos una pieza de una medida regular, digamos, de 0.316 X 0.316 metros, perfectamente lavada, la superficie de dicha pieza será de 10 dm². Antes de bañar la pieza, es necesario haber determinado el peso de la misma con una aproximación de 0.5 gramos.

La chapa debe bañarse y escurrirse en forma normal, se pesa la pieza en húmedo, se seca y, una vez fría, se vuelve a pesar para conocer la cantidad de esmalte retenido.

Supongamos que la chapa limpia pesara 655 gramos, húmeda 719.5 gramos y seca 697 gramos. Por lo tanto la cantidad de esmalte retenido será:

$$\text{En húmedo: } 719.5 - 655 = 64.5 \text{ grs/dm}^2$$

$$\text{En seco: } 697 - 655 = 42 \text{ grs/dm}^2$$

que corresponde a 420 gramos, ya que la chapa posee una superficie de 10 dm².

Es importante relacionar el peso húmedo con el peso en seco, pues habiendo ajustado el peso específico, es posible, conociendo el peso en húmedo, relacionarlo con el peso en seco. En el caso de que la diferencia de peso retenida en la chapa hubiese sido menor que la deseada, hay que añadir solución de nitrato de sodio, bórax, etcétera, con objeto de aumentar la consistencia.

Es conveniente tener adaptado al tanque de bañado un sistema que agite la mezcla para prevenir las dificultades de la sedimentación; en caso de no contar con un sistema adecuado, es necesario que el obrero remueva frecuentemente el esmalte.

Es importante tener una circulación de agua a través de serpentines para mantener la temperatura del fundente alrededor de los 20° C. Esto es porque a veces, cuando las piezas acaban de ser secadas después de lavarse, poseen una temperatura superior a la media existente en la planta y, lógicamente, tenderán a subir la temperatura del fundente contenido en el baño. Si la temperatura pasara sobre los 20-21° C. se depositaría una película más pesada sobre las chapas bañadas.

El método de bañado más común es sumergiendo la pieza en un tanque, llamado tanque de inmersión, para posteriormente colgar la pieza en un transportador aéreo para permitir el escurrido y continuar el proceso. Para paneles simples esto funciona muy bien, pero cuando las partes tienen diseños más complicados se necesita variar la posición de escurrido a determinados intervalos de tiempo para facilitar el escurrido.

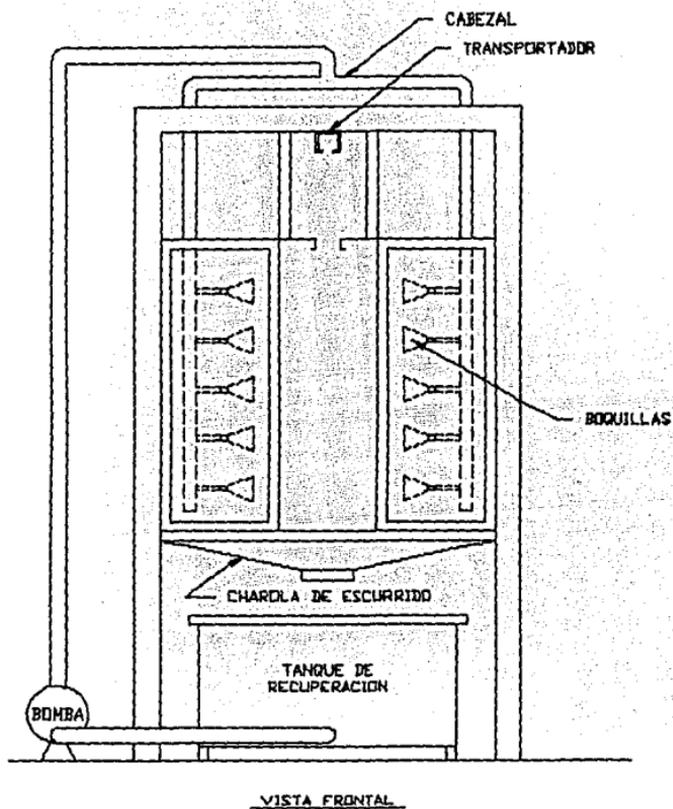
en aquellas partes que no fue posible con la posición original.

El tanque de inmersión se utiliza cuando las piezas deben ser esmaltadas por ambos lados y cubriendo toda la superficie de las mismas. El tanque deberá estar hecho de acero inoxidable. Las piezas pueden sumergirse de forma manual, por medio de operarios, o automáticamente por medio de maquinaria especial diseñada para dicho propósito.

El otro método de bañado, consiste en un túnel de acero inoxidable con boquillas en las paredes que arrojan el esmalte en forma de chorros sobre las piezas que pasan colgadas de un transportador. El esmalte que escurre cae dentro de un tanque localizado bajo el túnel y recirculado por medio de bombas neumáticas (ver figura 18).

Este método se utiliza cuando las piezas sólo van a ser esmaltadas por un lado. Hay que tener en consideración la velocidad del transportador, pues si éste va muy despacio, la capa de esmalte que queda adherida a la pieza, resultará muy gruesa; por el contrario, si va muy rápido, el tiempo de permanencia de la pieza dentro del túnel va a ser insuficiente para poderla cubrir en su totalidad. Este método no se recomienda para aplicar esmaltes de color, pues éstos, debido a su alto contenido de óxidos, no tienen el suficiente "pegue", y el mismo peso del esmalte evita la adherencia produciéndose un efecto de teflón sobre la pieza.

A veces, en ciertas piezas, es necesario aplicarles una sobrecapa de esmalte fundente, sobre todo en las esquinas



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

TESIS PROFESIONAL

FIGURA 18 - ESMALTADORA A CHORRO

y en los bordes, para evitar que se quemen, por ser las partes más expuestas a la acción del calor. Este refuerzo debe aplicarse por medio de atomizadores (pistolas de aire) sobre el fundente seco, pero aún caliente; la mejor zona de aplicación de éste refuerzo es a la salida del secador.

3.2.2 METODOS DE SOPLETEADO

Para obtener éxito con el esmalte aplicado por atomización, es necesario tamizar cuidadosamente el esmalte para lograr una mezcla extremadamente fina y homogénea. Conviene preparar cada tipo de esmalte con el mayor peso específico posible; esto es necesario para permitir una aplicación correcta en todo momento. Asimismo, a más peso específico, es necesario controlar la presión, la distancia de la pistola a la chapa, etcétera. Cuidando al extremo estos detalles podrá obtenerse una superficie mucho más uniforme y libre del defecto denominado "piel de naranja".

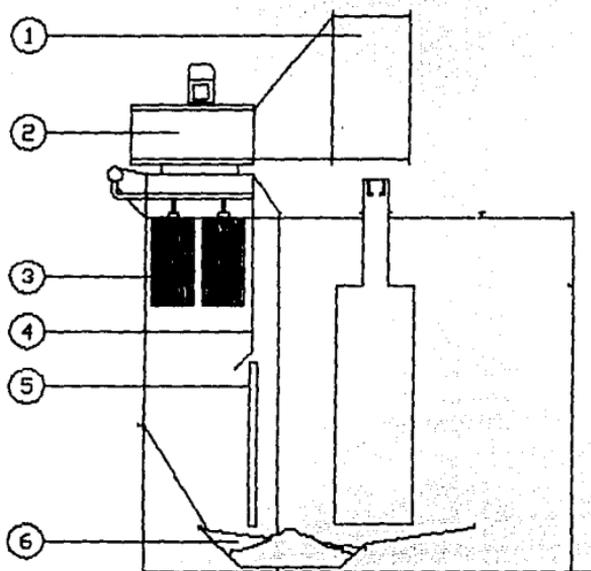
El sopleteado es el mejor método de aplicación para los esmaltes de color. Los métodos más empleados de atomización son: por medio de pistolas accionadas con aire comprimido y la atomización electrostática, la cual no requiere de aire.

Para el método con aire comprimido, la presión del aire puede darse en términos generales entre 60 y 80 libras sobre pulgada cuadrada, dependiendo del tipo de pistola utilizada, la finura del esmalte y el contenido en agua. El aire suministrado deberá estar libre de agua, aceite y polvo, o cualquier otra suciedad.

Para evitar la formación de polvo dentro de la fábrica, es conveniente construir cabinas en la zona de aplicación por atomización, dichas cabinas deben contar con un sistema de extracción y recolección. Es importante limpiar estas casetas por lo menos una vez al día, para evitar la acumulación de esmalte, pues de la cantidad de esmalte que sale por la pistola, sólo alrededor del 75 por ciento queda sobre la superficie a esmaltar. Con una aspiración adecuada se puede recuperar dicho esmalte, lo que significa una economía por el valor que representa, como así también por las condiciones de salubridad que se refleja en el ambiente.

Para recuperar el esmalte, existen en el mercado colectores de polvos, los cuales se pueden conectar a la cabina por medio de ductos por la parte superior, actualmente existen casetas de aplicación, con un sistema de recuperación integrado, que trabaja por medio de filtros de cartucho, donde, después de recuperar el esmalte, arrojan el aire de nuevo a la planta a través de un filtro absoluto, completamente limpio y que, además, sirve como ventilación para la fábrica, de esta forma se evita el uso de chimeneas que arrojan residuos de polvo de esmalte a la atmósfera (ver figura 19).

La aplicación por medio de pistolas de aire puede ser manual o con máquinas automáticas llamadas reciprocantes, las cuales se pueden diseñar especialmente para diferentes tipos de piezas y volumen de producción.



- 1 FILTRO ABSOLUTO
- 2 EXTRACTOR
- 3 FILTROS DE CARTUCHO
- 4 DEFLECTOR SUPERIOR
- 5 PARED FALSA CON DEFLECTORES
- 6 RECEPTOR DE ESMALTE



FIGURA 19 - CASETA DE APLICACION CON RECUPERADOR DE ESMALTE

Los elementos necesarios para la aplicación, ya sea manual o automática, son: pistolas de aire, mangueras, reguladores de presión, tanques de presión para el esmalte, compresora, separadores de agua, aceite y aire, y casetas con extractores.

Para determinar la capacidad del extractor, es muy importante considerar la velocidad del aire que pasa por el punto de aplicación. La velocidad más recomendable para una aplicación uniforme es de 165 pies por minuto. Tomemos un ejemplo para seleccionar un extractor: primero, se mide el área de la pared falsa de la caseta (generalmente formada por deflectores que ayudan a eliminar la humedad del esmalte que pasa a través de ellos), digamos que mide 5 pies de alto por 8 pies de ancho, por lo tanto:

$$A = 5 \times 8 = 40 \text{ pies cuadrados,}$$

esto se multiplica por la velocidad y se hacen correcciones, de acuerdo a la altitud del sitio donde se va a operar:

$$40 \text{ pies}^2 \times 165 \text{ pies/min} = 6600 \text{ cfm}$$

para una altitud de, por ejemplo, 7500 pies el factor de corrección es de 1.33 (este dato se puede obtener de cualquier manual o catálogo de ventiladores) obtenemos:

$$6600 \text{ cfm} \times 1.33 = 8778 \text{ cfm,}$$

por lo tanto, el extractor seleccionado debe tener una capacidad de, por lo menos, 8778 pies cúbicos por minuto.

Para el método electrostático no se requiere de extractores en la cabina gracias a la eliminación del aire comprimido para su aplicación. El principio de operación de este método se basa principalmente en que, cuando se encuentran en el agua partículas de esmalte trituradas con

agentes de suspensión, se cargan espontáneamente de manera negativa, si en esta mezcla se coloca un cátodo y una pieza que debe ser esmaltada, y, si a continuación se establece una tensión continua entre ambos, las partículas de esmalte se adhieren a la pieza debido a la estática producida, y aquellas partículas que no se depositan en la pieza, caen por su propio peso al fondo de la cabina y son recirculadas continuamente al depósito original.

3.3 SECADO

La operación de secado, consiste en eliminar la humedad que llevan consigo las piezas después de ser esmaltadas. El secado es una operación a la que, lamentablemente, no se le presta mucha atención y, en algunas plantas, esta operación es inexistente, debido principalmente al desconocimiento que se tiene de las consecuencias que se producen.

La principal razón de secar las piezas, es evitar que entren al horno de cocción con exceso de agua, esto es porque los hornos, para alcanzar su temperatura de operación, y para mantenerla así, son diseñados y fabricados de tal forma que no tengan pérdidas de calor, para lograr esto se necesita aislarlo perfectamente y evitar el uso de extractores que le restan potencia, de forma que, si una pieza entra húmeda al horno, al evaporarse el agua debido a la acción de la temperatura, este vapor no encuentra ninguna ruta de salida, se almacena y se acumula dentro del horno, provocando serios

daños al equipo de combustión del horno, disminuyendo su tiempo de vida útil.

Quando las piezas esmaltadas son secadas a temperatura ambiente, el proceso es bastante uniforme pero demasiado lento, y puede causar herrumbre u oxidación de las piezas.

La velocidad crítica del secado, la cual a más rápida sin tendencia a producir defectos, está determinada por la rapidez con que el agua fluya a la superficie del esmalte por capilaridad. Esta velocidad puede obtenerse aplicando suficiente calor a la capa de esmalte para elevar la temperatura del agua y sacándola por evaporación a la superficie. Para elevar la temperatura del agua se recomiendan tres métodos principales: el primero, es por medio de convección, esto es, haciendo circular aire caliente en una cámara aislada por donde pasan las piezas, esta cámara deberá de contar con un extractor para evitar la saturación. El segundo, consiste en la misma cámara aislada sólo que, en lugar de utilizar aire caliente, se emplean bancos de quemadores infra-rojos que por medio de radiación calientan las piezas. El tercer método es una combinación de los dos anteriores. La temperatura ideal para el secado es de 350° F y el tiempo de permanencia de las piezas dentro del secador de 3 a 5 minutos, para lograr esto hay que considerar la potencia a instalar, que la recirculación del aire sea suficiente para obtener tres cambios por minuto y la extracción sea de un tercio del volumen del recirculador, esto es, que evacúe un volumen en aire igual al volumen del secador en un minuto.

Para el cálculo de la potencia a instalar, tomemos el siguiente ejemplo, en el cual se enumeran los elementos a considerar:

1.- Velocidad del transportador:

Está dada principalmente por el plan de producción y la densidad de carga que podamos procesar. Digamos que queremos secar 840 piezas de un pie de longitud en una hora, estas piezas van a ir espaciadas 6 pulgadas entre sí para evitar roces, por lo tanto tenemos que la densidad de carga es de una pieza por cada pie y medio:

$$840 \text{ piezas/hora} \times 1.5 \text{ ft} = 1260 \text{ ft/hr}$$

$$1260 / 60 = 21 \text{ ft/min}$$

con este dato podemos pasar al siguiente punto.

2.- Longitud del secador:

La longitud depende del tiempo que deseemos para el secado, pongamos para este ejemplo 4 minutos de tiempo de secado:

$$21 \text{ ft/min} \times 4 \text{ min} = 84 \text{ ft.}$$

3.- Volumen del secador:

El secador debe tener un tamaño adecuado para que las piezas pasen por él, sin ningún problema; esto es, que no rocen con las paredes, que el techo esté dimensionado de acuerdo a la altura del transportador y que a la vez no sobre espacio innecesario. La longitud se obtuvo en el paso anterior, la altura, pongamos para este caso 10 ft y 5 ft de ancho, por lo tanto tenemos:

$$\text{Vol} = 84 \times 10 \times 5 = 4,200 \text{ pies cúbicos.}$$

4.- Area de radiación:

Para obtener esta área, únicamente se toma en cuenta las paredes laterales y el techo del secador, este

valor nos va a servir más adelante cuando se haga el balance térmico:

$$\text{Area paredes: } 10 \times 84 \times 2 \text{ paredes} = 1,680 \text{ ft}^2$$

$$\text{Area del techo: } 5 \times 84 = 420 \text{ ft}^2$$

$$\text{Area total: } 420 + 1,680 = 2,100 \text{ ft}^2$$

5.- Peso de las piezas a procesar:

Supongamos que nuestra pieza pese 800 gramos, y vamos a secar 840 piezas en una hora:

$$800 \times 840 = 672 \text{ kg/hr}$$

$$1 \text{ lb} = 0.4536 \text{ kg}$$

$$672 / 0.4536 = 1,482 \text{ lbs/hr}$$

6.- Peso del transportador:

Este se debe calcular porque al llevar las piezas dentro del secador le resta potencia al mismo. Existen muchos tipos de transportadores, se recomienda seleccionar uno ligero en peso, pero adecuado para el peso de la carga. El cálculo del peso del transportador se debe hacer por pie lineal, dividido por unidad de tiempo como si se tratara de piezas a secar. Para este caso tomemos una medida arbitraria, digamos 2 lbs/ft:

$$2 \text{ lbs/ft} \times 21 \text{ ft/min} \times 60 \text{ min/hr} = 2,520 \text{ lbs/hr}$$

7.- Peso del esmalte:

Este se obtiene de multiplicar la densidad del esmalte utilizado por el área la pieza y por el espesor de la capa de esmalte que apliquemos, supongamos que para esta caso utilizamos fundente cuyo peso específico es de 1.64 gr/cc:

$$1 \text{ lb/cuft} = .016018 \text{ gr/cc}$$

$$1.64 / .016018 = 101 \text{ lb/cuft}$$

(donde cuft = pies cúbicos) aplicamos una capa de .002 ft:

$$101 \text{ lb/cuft} \times 0.002 \text{ ft} = 0.202 \text{ lb/ft}^2$$

ahora digamos que nuestra pieza mide un pie de ancho por uno de largo y queremos aplicar esmalte por los dos lados:

$$1 \text{ ft} * 1 \text{ ft} * 2 \text{ lados} = 2 \text{ ft}^2$$

por lo tanto tenemos:

$$0.202 \text{ lb/ft}^2 * 2 \text{ ft}^2/\text{pza} * 840 \text{ pza/hr} = 340 \text{ lbs/hr}$$

8.- Agua por evaporar:

Aquí debemos de determinar la cantidad de agua en peso que vamos a eliminar en nuestro proceso de secado; como ya vimos en el inciso 3.1.1 del presente capítulo, en la parte referente al peso específico del esmalte, se puede deducir que el agua representa 2/3 partes del peso del esmalte:

$$\text{Peso del esmalte} = 340 \text{ lbs/hr.} * 2/3 = 226 \text{ lbs/hr.}$$

Con estos datos ya podemos comenzar a calcular la potencia requerida:

RECIRCULACION:

Se requieren tres cambios por minuto:

$$\text{Vol.} = 4,200 \text{ cuft} * 3 = 12,600 \text{ cuft/min.}$$

(cuft = pies cúbicos)

EXTRACCION:

La cual debe ser la tercera parte del volumen a recircular:

$$12,600 \text{ cuft/min} / 3 = 4,200 \text{ cuft/min.}$$

BALANCE TERMICO:

El cual lo calculamos con la siguiente fórmula:

$$m * C_v * (T_f - T_i) = Q$$

Donde:

$m =$ flujo de masa lb/hr.
 $C_v =$ calor específico BTU/lb°F.
 $T_f =$ temperatura final °F.
 $T_i =$ temperatura inicial °F.
 $Q =$ flujo de calor BTU/hr.

TRANSPORTADOR:

$$(2,520 \text{ lb/hr})(0.125 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F})(350-80^\circ\text{F}) = 85,050 \text{ BTU/hr.}$$

PIEZAS A PROCESAR:

$$(1,480 \text{ lb/hr})(0.125 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F})(350-80^\circ\text{F}) = 49,950 \text{ BTU/hr.}$$

ESMALTE:

$$(340 \text{ lb/hr})(0.250 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F})(350-80^\circ\text{F}) = 22,950 \text{ BTU/hr.}$$

AGUA:

$$(268 \text{ lb/hr})(1,100 \text{ BTU/lb}) = 294,800 \text{ BTU/hr.}$$

Nota: En este caso utilizamos la entalpía específica del agua, porque es lo que queremos eliminar.

PERDIDA POR RADIACION:

$$(2,100 \text{ ft}^2)(0.3 \text{ BTU/(hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F)})(350-80^\circ\text{F}) = 170,100 \text{ BTU/hr.}$$

Nota: Para este caso se utiliza el coeficiente de transmisión de calor, pues se trata de una pérdida que tenemos por las paredes del secador.

EXTRACCION:

$$(268 \text{ lb/hr})(1.1 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F})(350-80^\circ\text{F}) = 79,596 \text{ BTU/hr.}$$

$$\text{SUMA DEL CALOR NECESARIO} = \underline{\underline{702,446 \text{ BTU/hr.}}}$$

Entre algunos de los numerosos defectos que provoca un secado deficiente, se cita, por ejemplo, la oxidación de las

chapas cuando es muy lento, gran dureza de la película de esmalte con sus desventajas para el cepillado, cuando es muy rápido. La rotura del esmalte también puede ser causada por un secado insuficiente, así como también un tipo de saltadura.

3.4 QUEMADO

Después de que la pieza se seca, se cepilla si es necesario, y se inspecciona de cualquier defecto que pueda tener el esmalte, la pieza está lista para la operación de quemado.

Las piezas se colocan en el transportador por medio de soportes resistentes a la temperatura, la aleación recomendada para una larga vida de estos soportes es de cromo-niquel, y están diseñados de tal forma que sean lo más ligeros posible para evitar la degradación en potencia del horno, pero lo suficientemente resistentes para soportar las piezas y la temperatura sin deformarse. El transportador conduce los soportes con las piezas al interior del horno, donde se calientan hasta el punto de fusión del esmalte. Es muy importante que el horno posea una reserva de potencia disponible (alrededor del 20 % de la potencia total) para recuperar rápidamente la baja temperatura ocasionada por la introducción de la piezas frías a quemar. De esta forma se consigue un tiempo de cocción normal, adaptable a las especificaciones del esmalte. Se puede decir, en términos generales, que para una chapa de espesor normal (22 a 18), el tiempo de cocción no deberá de exceder a 8 minutos (4 minutos como mínimo) a una temperatura de 800° C.

Después de que la pieza es quemada y enfriada, el artículo esmaltado en "cover coat" está listo para inspección, pruebas, ensamble y embarque. Si sólo está esmaltado en "base coat" o fundente, el artículo es regresado al área de aplicación para darle la siguiente capa.

Como se sabe, el horno tiene gran importancia en la terminación del producto esmaltado, de hecho, es en el horno donde se produce el efecto de porcelana en las piezas al lograr la fusión del esmalte. Muchos son los casos en que las piezas con grandes posibilidades de resultar buenas, fueron deterioradas por un mal proceso en el quemado.

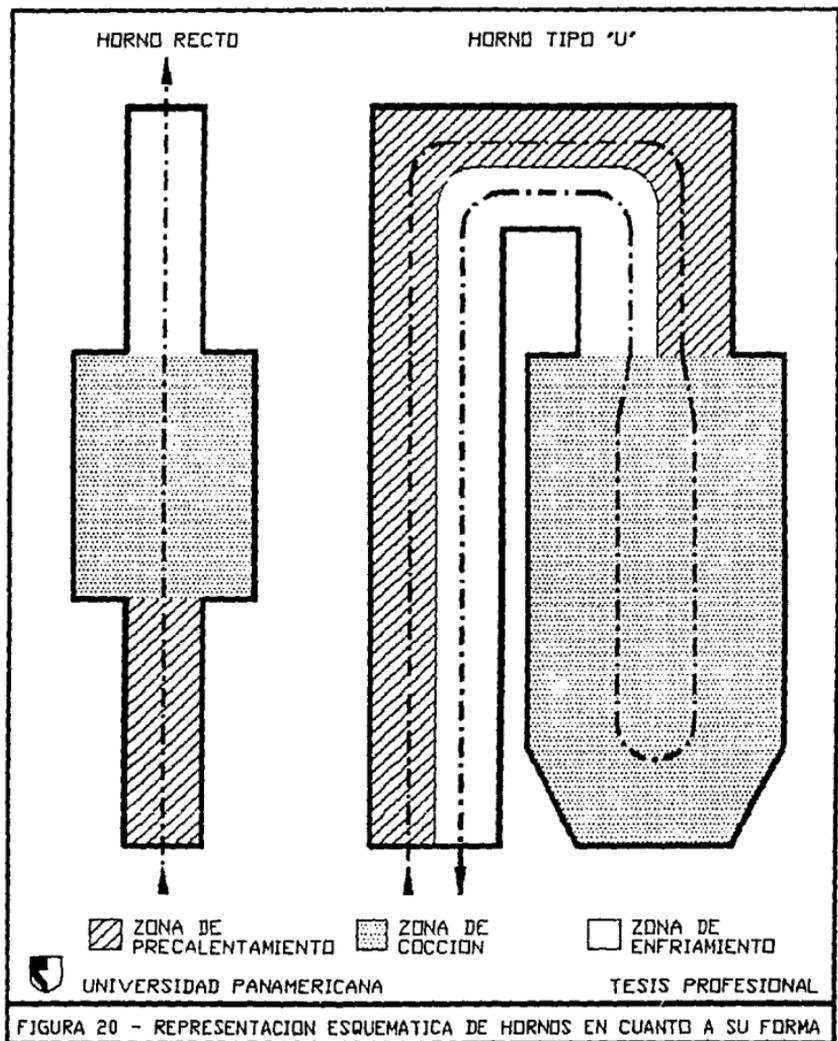
Las principales cualidades de un buen horno son:

- a) Elevación uniforme de temperatura.
- b) Temperatura constante en la zona de radiación.
- c) Impermeabilidad a los gases.
- d) Consumo económico de combustible, proporcional al número de kilogramos producidos.
- e) Duración económicamente razonable de sus materiales refractarios.
- f) Perfectamente aislado, la temperatura en la parte externa del horno no debe ser superior a los 30° C.

En los hornos se reconocen tres zonas principales, con respecto al recorrido que llevan las piezas a quemar en su interior, la primera zona se conoce como zona de precalentamiento, la cual comprende desde la entrada del horno hasta donde se encuentran los elementos calefactores. En esta zona las piezas entran a temperatura ambiente y son calentadas

hasta 600° C. aproximadamente, en esta zona no existe ningún elemento calefactor, sino que se aprovecha el calor emitido por la segunda zona: la zona de cocción, donde se encuentran los elementos calefactores que originan todo el calor dentro del horno. En esta zona las piezas reciben la radiación directa de estos elementos alcanzando los 800° C. en promedio para lograr la fusión. La tercera zona se conoce como zona de enfriamiento, que es tan sólo una extensión del horno que proporciona un mayor recorrido de las piezas que permite un enfriamiento lento para evitar cambios bruscos de temperatura en las piezas que se produciría si las piezas salen directamente de la zona de cocción al aire libre.

En cuanto a la forma, existen dos tipos principales de hornos: de tipo recto y hornos tipo "U". En los hornos de tipo recto las tres zonas están localizadas una después de la otra, y el transportador tiene un recorrido simple en línea recta. En los hornos tipo "U", el transportador presenta un giro de 180° en la zona de cocción, de forma que se tiene un recorrido paralelo entre la zonas de precalentamiento y de enfriamiento originando con esto una mayor eficiencia, que en los hornos de tipo recto, pues al entrar y salir las piezas por un mismo sitio, provocan una transferencia de calor de las piezas que salen calientes hacia las piezas que entran frías. Este calor que irradian las piezas ya quemadas, en los hornos de tipo recto, se desperdicia completamente. Otra ventaja al utilizar un horno de tipo "U" es que su misma forma proporciona un mayor aislamiento en la zona de cocción, pues mientras en los hornos rectos existen dos aberturas hacia esta zona permitiendo la fuga del calor acumulado por dos lados; en el horno de tipo "U" sólo existe una abertura, generando con ello mayor calor acumulado. (Ver figura 20).



Existe otro tipo de horno que se utiliza cuando la producción es muy pequeña. Este horno es de tipo intermitente, y no requiere de zona de precalentamiento ni de enfriamiento. Para la operación de este horno, se prepara un lote de piezas, que se introducen al horno cuando éste se encuentra a baja temperatura, una vez alcanzadas las condiciones para la fusión del esmalte, se procede a pararlo y se deja enfriar con las piezas dentro; una vez frío, se sacan las piezas y se introduce una nueva carga. Como se puede ver, esta operación es muy lenta y poco eficiente en términos de energía y producción, pero se emplea en plantas pequeñas donde no es rentable un horno continuo por la inversión que representa.

3.4.1 HORNOS ADECUADOS

En el recubrimiento de chapa con esmaltes vitreos, una de las principales causas del bajo rendimiento energético - Btu consumido/Kgr neto producido - es la necesidad de mantener los hornos encendidos entre turnos de producción, noches y fines de semana. Esta necesidad viene dada por la incapacidad de la mayor parte de los hornos existentes de reaccionar lo bastante rápido como para apagarse por las noches, e incluso, en fines de semana. La causa principal de que estos hornos no puedan ser apagados, es que, para su construcción, se utilizan ladrillos refractarios, los cuales requieren de un enfriamiento muy lento, para evitar que se salgan de su posición debido a la contracción que sufren al enfriarse, del mismo modo; y para encenderse requieren de mucho tiempo para alcanzar su temperatura, pues si se obliga a alcanzar su temperatura de trabajo en poco tiempo, la expansión de los ladrillos provocará fisuras y rupturas en las paredes

radiantes. En términos generales, un horno de estas características debe dejarse enfriar durante cuatro días para evitar daños al equipo, y para encenderlo se requieren de, por lo menos, seis días. Teniendo en cuenta estos tiempos se deduce fácilmente su falta de flexibilidad.

Existen dos tipos de hornos fabricados con estas características: "Hornos de Mufla", conocidos también como primera generación, los cuales calientan las piezas a través de una pared radiante, llamada mufla, hecha de ladrillo refractario. En la segunda generación de hornos la mufla es sustituida por tubos radiantes, fabricados con aleación de cromo-níquel, pero el revestimiento de las paredes sigue siendo de ladrillo refractario.

Desde hace diez años se ha estado trabajando en la tercera generación de hornos; a estos hornos se les conoce como hornos ligeros, los cuales utilizan, al igual que la segunda generación, tubos radiantes como elementos calefactores, pero a diferencia de éstos, el horno está aislado con fibras cerámicas en lugar de ladrillos refractarios. La conductividad térmica de la fibra cerámica está entre las más bajas de los materiales refractarios conocidos. Un punto importante es que en un revestimiento de fibra, las expansiones y contracciones quedan absorbidas dentro de la estructura de la fibra, por lo que la expansión total es nula, lo que permite construir los hornos, por grandes que sean, sin una sola junta de expansión. La fibra es estable a altas temperaturas y absolutamente no combustibles. El choque térmico no le afecta en absoluto dando con esto una gran flexibilidad, puesto que pueden alcanzar su temperatura de operación en tan sólo una hora.

Las propiedades más destacadas para este tipo de revestimiento son las siguientes:

- Excelente resistencia a la manipulación.
- Excelente resistencia mecánica en caliente.
- Baja conductividad térmica.
- Baja capacidad calorífica. El calor almacenado es unas diez veces menor con un aislamiento de este tipo que con uno equivalente de ladrillo.
- Peso ligero.
- Elasticidad.
- Resistencia al choque térmico.
- Gran poder de reflexión calorífica.
- Excelente estabilidad térmica.

Otra característica muy importante de los hornos ligeros, es su construcción modular, bien sea por módulos prefabricados, listos para ensamblar en planta, bien sea con módulos a montar en el sitio. Cada módulo es específico, según su función, el horno se construye ensamblando varios de estos módulos.

Para apreciar la importancia que tiene la flexibilidad del horno, en la tabla 4, se da la comparación de consumos entre hornos de las tres generaciones.

Al ver los resultados de la tabla 4, se puede apreciar lo rentable que resulta la modernización del equipo, pues ésta se amortiza sola con el mero ahorro de combustible. Sin mencionar las ventajas de operación que tienen los hornos ligeros, las cuales se enlistan en el siguiente punto.

TABLA 4

	PRIMERA GENERACION Horno de Mufla		SEGUNDA GENERACION Tubos radiantes con Ladrillos		TERCERA GENERACION Tubos radiantes con Fibra	
1 Turno/día						
Producción	2000 x N	= 2000 N	2000 x 0.9 N	= 1800 N	2000 x 0.85 N	= 1700 N
Noches	250 x 16 x 0.8 N	= 3200 N	250 x 16 x .5 x .9 N	= 1800 N		
Fines de semana	50 x 59 x 0.5 N	= 1500 N	50 x 62 x .3 x .9 N	= 850 N		
Calentamiento	50 x 5 x 1.25 N	= 300 N	50 x 2 x 1.2 x .9 N	= 100 N	250 x 1.5 x 1.1 x .85N	= 350 N
Consumo anual		7000 N		4550 N		2050 N
Porcentaje		100%		65%		30%
2 Turnos/día						
Producción	4000 x N	= 4000 N	4000 x 0.9 N	= 3600 N	4000 x 0.85 N	= 3400 N
Noches	250 x 8 x 0.8 N	= 1600 N	250 x 8 x .5 x .9 N	= 900 N		
Fines de semana	50 x 51 x 0.5 N	= 1300 N	50 x 54 x .3 x .9 N	= 750 N		
Calentamiento	50 x 5 x 1.25 N	= 300 N	50 x 2 x 1.2 x .9 N	= 100 N	250 x 1.5 x 1.1 x .85N	= 350 N
Consumo anual		7200 N		5350 N		3750 N
Porcentaje		100%		75%		50%
3 Turnos/día						
Producción	6000 x N	= 6000 N	6000 x 0.9 N	= 5400 N	6000 x 0.85 N	= 5100 N
Noches						
Fines de semana	50 x 43 x 0.5 N	= 1000 N	50 x 46 x .3 x .9 N	= 600 N		
Calentamiento	50 x 5 x 1.25 N	= 300 N	50 x 2 x 1.2 x .9 N	= 100 N	50 x 1.5 x 1.1 x .85N	70 N
Consumo anual		7300 N		6100 N		5170 N
Porcentaje		100%		85%		70%

Donde N es el consumo hora en producción de un horno de la primera generación.

3.4.2 VENTAJAS DEL HORNO LIGERO

Entre las principales ventajas que tiene el horno ligero sobre sus predecesores se encuentran:

- Menor tiempo de montaje.
- No requiere cimentación.
- Inversión adecuada a las necesidades actuales, pues al ser de tipo modular, se puede ampliar fácilmente.
- Se puede adaptar al terreno disponible y cambiar de emplazamiento.
- En el caso de tubos radiantes, se puede seguir trabajando con uno averiado.
- Facilidad en el correcto mantenimiento pues se puede apagar en el momento deseado.
- Facilidad de reparar el aislamiento.
- Posibilidad de variar la curva de cocción rápidamente.
- Mínima diferencia de la temperatura de la superficie radiante de arriba a abajo.
- Perfecta adaptabilidad a una línea integrada.
- No necesita de vigilante para el horno, si se tiene tablero de control numérico.
- Drástica reducción del consumo energético que, como se ha visto, puede llegar a ser hasta del 70% con respecto a uno muflado.

En la figura 21, se muestran varios esquemas de este tipo de hornos con la indicación de los diversos módulos específicos.

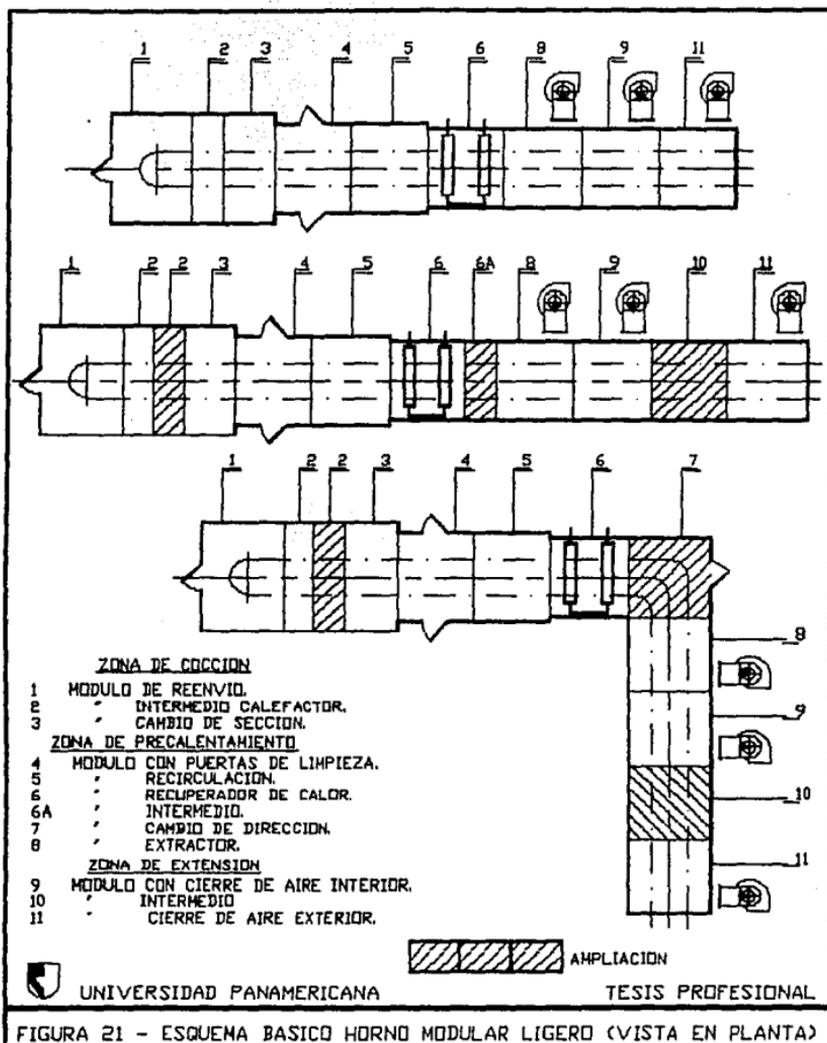


FIGURA 21 - ESQUEMA BASICO HORNO MODULAR LIGERO (VISTA EN PLANTA)

3.4.3 FACTIBILIDAD ECONOMICA

Modernizar una planta de esmaltado no es un gasto, si se selecciona adecuadamente el equipo y la mejor forma de hacer este cambio. Debemos tener en cuenta que los nuevos diseños de equipo están hechos precisamente para ahorrar energía, mano de obra y gastos de operación.

Tomemos por ejemplo la inversión que se requiere para transformar un horno de mufla primera generación, a uno de alta eficiencia de tercera generación, y comparamos esta inversión con los beneficios. De esta forma, veremos no sólo la viabilidad del proyecto, sino también la necesidad de hacer cambios de este tipo.

ANTECEDENTES:

Primero, se analiza la existencia de equipamiento actual:

HORNO:	Horno de mufla tipo "U" de 42 pies de desarrollo en zona de cocción.
CAPACIDAD:	Cuatro toneladas por hora.
TIEMPO DE PRODUCCION:	2 turnos al día, 5 días por semana.
VELOCIDAD DEL TRANSPORTADOR:	5.25 pies por minuto.
TIEMPO DE COCCION:	8 minutos.
COMBUSTIBLE:	Mezcla de: 30 % crudo de castilla 70 % A.C.P.M
PODER CALORIFICO DEL COMBUSTIBLE:	115,000 BTU por galón.

COSTO DEL GALON:	N\$ 4.00
QUEMADORES:	12 quemadores de 500,000 BTU/hr c/u.
CONSUMO POR QUEMADOR	
A PLENA CARGA:	4.5 galones por hora.
CONSUMO POR QUEMADOR	
SIN CARGA:	3 galones por hora.

Recordemos que este tipo de hornos no puede apagarse en tiempos no productivos. Debe de mantener una temperatura minima de 600° C para evitar el deterioro del mismo.

Con estos datos podemos comenzar nuestro análisis:

PRODUCCION

$$(2 \text{ TON/HR}) \times (8 \text{ HR/TURNO}) = 16 \text{ TON/TURNO}$$

Se trabajan 2 turnos por día :

$$(16 \text{ TON/TURNO}) \times (2 \text{ TURNOS/DIA}) = 32 \text{ TON/DIA}$$

Son 5 dias por semana y 48 semanas efectivas al año:

$$(32 \text{ TON/DIA}) \times (5 \text{ DIAS/SEM}) \times (48 \text{ SEM/AÑO}) = 7,680 \text{ TON/AÑO}$$

Se consideran 48 semanas al año, porque 4 semanas son utilizadas para mantenimiento del equipo y vacaciones.

CONSUMO:

A plena carga:

$$12 \text{ QUEMADORES} \times 4.5 \text{ GAL/HR} = 54 \text{ GAL/HR}$$

$$(54 \text{ GAL/HR}) \times (16 \text{ HR/DIA}) \times (5 \text{ DIAS/SEM}) = 4,320 \text{ GAL/SEM}$$

Sin carga:

$$12 \text{ QUEMADORES} \times 3 \text{ GAL/HR} = 36 \text{ GAL/HR}$$

$$(36 \text{ GAL/HR}) \times (8 \text{ HR/DIA}) \times (5 \text{ DIAS/SEM}) = 1,440 \text{ GAL/SEM}$$

Fines de semana: 2 días = 48 horas

(36 GAL/HR) x (48 HR) = 1,728 GAL.

Total a la semana:

4,320 GAL + 1,440 GAL + 1,728 GAL = 7,488 GAL/SEM

Total al año:

(7,488 GAL/SEM) x (48 SEMANAS) = 359,424 GAL/AÑO

INVERSION ANUAL EN COMBUSTIBLE

(359,424 GAL/AÑO) x (N\$ 4.00 /GAL) = N\$ 1,437,696 AL AÑO

COSTO DE OPERACION

(N\$ 1,437,696 /AÑO) / (7,680 TON/AÑO) = N\$ 187.2 /TON

En otras palabras, por cada tonelada producida, utilizamos 187.20 nuevos pesos en combustible, que así a simple vista, parece un costo razonable, pero analizando lo que podríamos hacer con un horno de alta eficiencia, esta cantidad resulta un excesivo costo de operación.

TRANSFORMACION

La transformación de un horno de mufla a uno de alta eficiencia consiste principalmente en los siguientes puntos:

1. Demoler la mufla.
2. Retirar todo el ladrillo refractario dentro del horno.
3. Demoler cámaras interiores de combustión.

4. Demoler techo refractario en la zona de cocción.
5. Retirar equipo de combustión existente.
6. Colocar estructura nueva en el techo para soportar los tubos radiantes y quemadores.
7. Colocar techo nuevo hecho a base de lámina forrada con fibra cerámica.
8. Forrar el interior del horno con fibra cerámica.
9. Colocar tubos radiantes y quemadores.
10. Instalar ductos para la extracción de gases de combustión.
11. Tender tuberías y conexiones de combustible.
12. Instalar nuevo tablero de control y conexiones eléctricas.
13. Pruebas y puesta en marcha.

COSTO DE LA INVERSION

Para un horno de las características antes mencionadas, y para seguir trabajando con la misma capacidad y velocidad (esto lo mantenemos constante para poder apreciar la magnitud de la mejora), se va a requerir de los siguientes materiales y mano de obra:

EQUIPO DE COMBUSTION:

- Tubos radiantes:	N\$ 150,000.00
- Quemadores:	N\$ 36,000.00
- Tren principal de válvulas:	N\$ 27,500.00
- Tubería y válvulas de alimentación:	N\$ 11,500.00
- Ductos de extracción:	N\$ 20,000.00
- Extractor:	N\$ 20,000.00
- Instalación M/O:	N\$ 60,000.00

EQUIPO ELECTRICICO:

- Tablero de control numérico:	N\$ 80,000.00
- Equipo de control:	N\$ 25,000.00
- Cables y tubería:	N\$ 10,000.00
- Instalación M/O:	N\$ 35,000.00

 AISLAMIENTO:

- Fibra cerámica:	N\$ 22,500.00
- Anclas para la fibra:	N\$ 20,000.00
- Instalación M/O:	N\$ 15,000.00

 ESTRUCTURA:

- Soportes:	N\$ 10,000.00
- Techo Lámina:	N\$ 12,500.00
- Instalación M/O:	N\$ 7,500.00

 PREPARACION:

- Retirar refractario:	N\$ 5,000.00
- Retirar equipo de combustión:	N\$ 5,000.00
- Ingeniería y supervisión:	N\$ 57,500.00

TOTAL DE LA INVERSION: N\$ 630,000.00

 HORNO ALTA EFICIENCIA **HORNO:**

Horno de tubos radiantes tipo "U"
de 42 pies de desarrollo en zona de
cocción.

 CAPACIDAD:

Cuatro toneladas por hora.

 TIEMPO DE PRODUCCION:

2 turnos al día, 5 días por semana.

VELOCIDAD DEL
 TRANSPORTADOR: 5.25 pies por minuto.
 TIEMPO DE COCCION: 8 minutos.
 COMBUSTIBLE: Mezcla de:
 30 % crudo de castilla
 70 % A.C.P.M.

PODER CALORIFICO
 DEL COMBUSTIBLE: 115,000 BTU por galón.
 COSTO DEL GALON: N\$ 4.00
 QUEMADORES: 24 quemadores de alta eficiencia de
 250,000 BTU/hr cada uno.

CONSUMO POR QUEMADOR
 A PLENA CARGA: 1.9 galones por hora.
 CONSUMO POR QUEMADOR
 SIN CARGA: 0

PRODUCCION

Misma que en el anterior = 7,680 TON/ARO

CONSUMO:

A plena carga:

$$24 \text{ QUEMADORES} \times 1.9 \text{ GAL/HR} = 45.6 \text{ GAL/HR}$$

$$(45.6 \text{ GAL/HR}) \times (16 \text{ HR/DIA}) \times (5 \text{ DIAS/SEM}) = 3,648 \text{ GAL/SEM}$$

Sin carga:

$$0 \text{ GAL/SEM}$$

Total al año:

$$(3,648 \text{ GAL/SEM}) \times (48 \text{ SEMANAS}) = 175,104 \text{ GAL/ARO}$$

INVERSION ANUAL EN COMBUSTIBLE

$$(175,104 \text{ GAL/ARO}) \times (\text{N}\$ 4.00 / \text{GAL}) = \text{N}\$ 700,416 \text{ AL ARO}$$

COSTO DE OPERACION

$$(\text{N}\$ 700,416 / \text{ARO}) / (7,680 \text{ TON/ARO}) = \text{N}\$ 91.20 / \text{TON.}$$

Si comparamos este costo de operación contra el que teníamos para el horno de mufla:

$$\text{N}\$ 187.20 / \text{TON} \text{ vs } \text{N}\$ 91.20 / \text{TON}$$

Tenemos un ahorro en costos de operación de un 50 %

RECUPERACION DE LA INVERSION

Consumo anual horno de mufla:	N\$ 1,437,696.00
Consumo anual horno tubos radiantes:	N\$ 700,416.00

AHORRO EN COMBUSTIBLE	N\$ 737,280.00

Si dividimos la inversión necesaria entre el ahorro anual de combustible tenemos que:

$$\text{N}\$ 630,000 / \text{N}\$ 737,280 = 0.854$$

Lo que quiere decir que en 10 meses recuperamos la inversión tomando en cuenta tan sólo el ahorro de combustible.

CAPITULO 4

DESCRIPCION DE DEFECTOS DE FABRICACION Y TECNICAS DE SOLUCION

4.1 DEFECTOS DE FABRICACION

Algunas dificultades se repiten con más frecuencia que otras en el proceso del esmaltado. Las causas de algunas de estas dificultades, y la manera como ellas pueden ser remediadas, serán tratadas a continuación.

Muchos de los inconvenientes de fabricación, los que resultan en defectos en la superficie final del esmaltado, no se advierten sino hasta que el producto es examinado hasta el final del proceso, mientras que hay otros que se descubren durante el manejo de las mismas, o durante el proceso de esmaltado, que, de no detectarse, conducirán a posteriores defectos en la superficie esmaltada.

4.1.1 INCONVENIENTES DEBIDOS A LOS METALES BASE

El metal utilizado como base al esmaltado, lleva consigo el riesgo de deformaciones, excesiva oxidación, "cabezas de cobre", ampollas y "re-hervido". La deformación, en particular, se ve agravada si no se procede a una selección

cuidadosa del calibre y tipo de la chapa que habrá de utilizarse.

La composición del hierro fundido, un adecuado diseño de las piezas, y práctica en el moldeo tienen, a menudo, consecuencias directas sobre la deformación en las piezas, independientemente del método con que se sostienen éstas durante la cocción.

4.1.2 PROBLEMAS DEL DECAPADO

Todas y cada una de las operaciones que tienen lugar en la sala de decapado, incluyendo la limpieza, distintos enjuagues, el baño de ácido en sí y el neutralizador pueden ser causa de inconvenientes, a menos que las operaciones sean realizadas correctamente.

Existen gran cantidad de limpiadores que tienen la particularidad de emulsionar los aceites y grasas, pero si el limpiador no posee buenas cualidades de enjuague, éste contaminará a las soluciones que siguen a esta operación.

El producto que no haya sido enjuagado correctamente, podrá cubrirse de una fina capa, que al prevenir el normal ataque de ácido podrá formar ampollas, puntos negros, "hervido" y "cabezas de cobre".

Los neutralizadores que contienen un alto porcentaje de cianuro de sodio, fosfato trisódico o sales, reaccionan también como agentes suspensores en el esmalte fundente, siendo ésta la causa de cambio de consistencia y escasas cualidades para el escurrido.

4.1.3 DIFICULTADES EN EL MOLIDO

Varios son los problemas y defectos del proceso de esmaltado que tienen su origen en el cuarto de molinos. El recalentamiento del esmalte líquido durante la molienda, o errores en la misma por otras razones, ocasionan dificultades con respecto al asentamiento del esmalte, sumergido, escurrido y sopleteado, lo mismo que en la textura de la superficie. La contaminación del líquido debido a diversos factores serán motivo de puntos negros, y en algunas ocasiones, de ampollado.

4.1.4 APLICACION DEL FUNDENTE

En la aplicación del fundente, la dificultad principal consiste en un escurrido incorrecto. Este es motivado por la estructura de la superficie del metal en sí; por la clase y cantidad de sales que han quedado en la superficie de la pieza después de neutralizada; por la consistencia del fundente, lo que se controla por las adiciones de molienda; finura, composición y cantidad del agua utilizada, así como la temperatura del molido; temperatura del lugar de almacenaje; del esmalte líquido en el tanque de inmersión y de las piezas que habrán de ser sumergidas.

Una aplicación no uniforme del fundente conducirá a una sobre o baja cocción, con probabilidades de la aparición de "cabezas de cobre", "escamas de pescado", ampollado, "rehervido", "líneas de cabello" y "saltaduras". La contaminación del fundente líquido en el tanque de inmersión, debida a astillas o partículas metálicas, deberá ser evitada. Una cantidad excesiva de sales de cal en el tanque neutralizador es causa frecuente de ampollado.

4.1.5 COCCION DEL FUNDENTE

Una escasa cocción del fundente conducirá probablemente a tales defectos como "escamas de pescado", pobre adherencia, ampollado, "saltado", "líneas de cabello" o "re-hervido", todos los cuales serán tratados más adelante.

Una cocción excesiva conduce a menudo a "cabezas de cobre", y sobre cocido, pudiendo provocar el hervido del fundente dentro de los esmaltes de cubierta que se aplicarán en él.

El ciclo de cocción, o proporción en el aumento de temperatura de las piezas a esmaltarse, tiene gran influencia sobre el grado de liga entre el fundente y el metal, así como en sus tendencias a las "cabezas de cobre" o "re-hervido".

4.1.6 APLICACION DE LOS ESMALTES DE CUBIERTA

Para evitar dificultades en la aplicación de los esmaltes de cubierta, deberán controlarse cuidadosamente la finura, gravedad específica y consistencia del esmalte. La falta de opacidad del esmalte después de cocido es muy a menudo causada por el uso de esmaltes de muy bajo peso específico. Las roturas y tendencia a abrirse del esmalte dependen de la finura, peso específico y agentes de suspensión usados en el esmalte, así como el peso de aplicación y condiciones del secado.

La "piel de naranja" es considerada, generalmente, como resultado de una deficiente aplicación por aspersión. El "saltado" depende directamente del peso de aplicación del esmalte de cubierta. La contaminación de las piezas

sopleteadas deberá evitarse cuidadosamente. Deberá tenerse especial cuidado en el manejo de las piezas después de la aplicación del esmalte de cubierta. Toda demora, después del cocido del fundente o primera mano de esmalte, traerá consigo el riesgo de contaminación.

4.1.7 COCCION DE LOS ESMALTES DE CUBIERTA

La baja cocción del esmalte de cubierta redundará en una falta de brillo adecuado, ya sea en toda la pieza, o en ciertos esmaltes, particularmente aquellos hechos de fritas más opacas en determinadas partes de la misma. Las ampollas no tienen tendencia a romperse y componerse, cuando el esmalte ha sido poco cocinado, y la "piel de naranja" no tiene ocasión de aparecer, aunque este defecto tampoco se elimina completamente con una cocción más fuerte. La cocción exagerada de las piezas puede provocar falta de opacidad. Asimismo, puede resultar el quemado de los bordes, o áreas de borde negro, "cabezas de alfiler" y marcas de fuego en la superficie, y la desvitrificación de los esmaltes hechos con ciertos tipos de fritas. También el color sufre los efectos de una excesiva cocción, variando su tono. El ciclo de temperatura tiene igualmente efectos sobre el resultado que habrá de obtenerse en la cocción de los esmaltes.

La contaminación de los esmaltes de cubierta, así como las marcas de "alfiler" o "estrellas", lo mismo que las rajaduras, obedecen al trato indebido de las piezas durante este período del proceso.

4.2 DESCRIPCIÓN DE DEFECTOS Y TÉCNICAS DE SOLUCIÓN

4.2.1 AMPOLLADO

Las causas principales del ampollado, que es la formación de burbujas en la superficie del esmalte, comparativamente más grandes de las deseadas, son debidas a agentes que generalmente pueden ser corregidos con una operación correcta. Si el esmalte se ampolla, debe tenerse presente que el metal sucio puede ser una de las posibles causas. Si el esmalte ha sido aplicado muy pesado, se producirá el ampollado, causando además que el producto sea retirado sin haber llegado a su cocción adecuada. Puede, también, ser provocado al dejarse las piezas depositadas un tiempo demasiado prolongado antes de aplicárseles otra capa de esmalte. Deberá recordarse que todas las impurezas que puedan afectar el esmalte, ya sea en los molinos, tanques de almacenaje o cabinas de aplicación, lo contaminarán y serán causa de la formación de ampollado.

4.2.2 HERVIDO

Es éste un defecto que se encuentra frecuentemente en las piezas de chapa, y no se le relaciona con los esmaltes para hierro fundido, aunque existe cierta relación entre éste y el ampollado que se produce, en menor escala, durante la cocción del esmalte de fundición.

El hervido es el resultado de la evolución de gas a través del esmalte fundente. Esta evolución de gas no proviene del esmalte mismo. Lo prueba el hecho de que las burbujas se forman en algunos lotes de chapa y no en otros, a pesar de

aplicárseles el mismo esmalte. La mencionada experiencia indica que el gas viene de la chapa misma, y que no se trata de una condición de la superficie, que pueda solucionarse variando el proceso de decapado. Aunque se considera que el hervido es independiente del tipo de esmalte utilizado en la chapa, su efecto puede ser disminuido con el uso de un fundente que permita la rápida evolución del gas a través de éste y que resulte ser lo suficientemente fluido para que, en las etapas finales de la cocción, permita la corrección de las burbujas o ampollas.

4.2.3 "ESCAMAS DE PESCADO"

Está siempre asociado al esmalte para chapa, y aparece bajo tan diferentes circunstancias y condiciones que parece razonable creer, lo que es muy probable, que no exista una razón básica, sino que son varias las razones que contribuyen a este defecto.

Las principales causas son las siguientes:

1. Equilibrio químico del esmalte.
2. Fabricación incorrecta de la fritada.
3. Molienda deficiente.
4. Tipo de arcilla.
5. No agitar el fundente líquido frecuentemente.
6. Naturaleza de la chapa.
7. Deficiencia en la operación del decapado.
8. Baja cocción.
9. Tipo de horno utilizado.
10. Filtraciones de los gases de combustión dentro del horno.

11. Excesiva aplicación de fundente.

Se cree que cada una de las razones arriba enumeradas, pueden ser causa de la formación de "escamas de pescado". Frecuentemente, sin embargo, es una combinación de varias condiciones que, unidas, son causa de los inconvenientes.

4.2.4 SALTADO

Este defecto se explica por si mismo, puesto que deja un espacio desprovisto de esmalte en la superficie, y es el resultado de una liga insuficiente entre el esmalte y la chapa. Como regla general, es causado por suciedad, óxido, escamas o cualquier material extraño dejado sobre la chapa durante las operaciones de limpieza o decapado.

4.2.5 DESCASCARADO

Aparece en las piezas de chapa esmaltada, donde el esmalte es despedido del fundente cocinado, durante las primeras etapas de cocción de la primera mano de cubierta, y deja pequeñas zonas en las cuales queda expuesto el fundente.

Para evitar que esto suceda, hay que mantener un estricto control en las formulaciones de los esmaltes, principalmente en cuanto a su adherencia. Este defecto sólo se ha encontrado en esmaltes de cubierta.

4.2.6 ESCAMAS

Se da este nombre a unas partículas negras que aparecen depositadas en la superficie esmaltada. Estas

escamas pueden ser óxido de hierro u otras partículas metálicas provenientes del herramental de cocción que, al soltarse con el calor, van a caer sobre el esmalte que se está fundiendo. Puede provenir también de partículas desprendidas de una parte no esmaltada de la pieza.

Toda pieza esmaltada que haya sido dañada con escamas puede repararse extrayendo las partículas con un instrumento con filo, después de lo cual la pieza es reparada y vuelta a sopletear.

4.2.7 "LINEAS DE CABELLO"

Aparece generalmente en esmaltes de chapa, pero en casos excepcionales se encuentran en piezas de hierro fundido. Este defecto es confundido algunas veces con cuarteado, pero por el contrario, las líneas de cabello son simplemente líneas, y aparecen solamente durante la cocción o fundición del esmalte. En piezas perfectamente planas, el defecto puede causarse por un manejo descuidado, mala cocción o una capa muy espesa de esmalte.

4.2.8 LA BAJA COCCION COMO CAUSA DE "LINEAS DE CABELLO"

En las piezas planas, la baja cocción del fundente, aún no causando ninguna otra dificultad en el esmalte de cubierta puede ser motivo de la aparición de "líneas de cabello". En el caso de piezas con pestañas o bordes doblados, esta cantidad extra de chapa requiere tanto calor durante la cocción, que puede provocar la baja cocción del

fundente. Esto, agregado a la baja cocción del blanco en el mismo punto, podrá provocar ampollas.

4.2.9 "LINEAS DE CABELLO" CAUSADAS POR HERRAMENTAL FRIO

Se ha comprobado que las líneas de cabello pueden aparecer por no haberse calentado convenientemente los lugares en que se va a cocinar la pieza. Algunas piezas, que en hornos intermitentes no pueden ser cocinadas sin que aparezcan líneas de cabello pueden, en cambio, ser correctamente cocinadas en hornos continuos.

4.2.10 MANEJO DESCUIDADO

Deberá tenerse especial cuidado en el tratamiento de las piezas, evitando que se doblen, si se desea prevenir las "líneas de cabello".

4.2.11 "LINEAS DE CABELLO" EN LOS ESMALTES DE HIERRO FUNDIDO

Aunque este defecto se encuentra muy pocas veces en piezas de hierro fundido, suele ocurrir ocasionalmente y se debe al espesor desigual del metal. El mejor remedio para este inconveniente es cambiar el diseño de la pieza de fundición.

4.2.12 CUARTEADO

El cuarteado aparece después de que el esmalte ha sido fundido y mientras se está enfriando, y aún después de varios días, semanas o meses de que las piezas han sido terminadas. Consiste en la aparición de pequeñas grietas en la superficie esmaltada. Muy pocas veces aparece en esmaltes para hierro fundido vía húmeda, inmediatamente después que el proceso de fabricación ha sido completado, pero puede descubrirse en piezas que han estado en uso varios meses, si este producto ha estado sujeto a condiciones extremas de calor o enfriamiento.

Cuando aparezca el defecto se aconseja relacionar los coeficientes de expansión cambiando de tipo de frita.

4.2.13 "CABEZAS DE COBRE"

Este defecto consiste en la aparición de puntos de un color marrón rojizo, que se manifiestan algunas veces en el fundente sobre chapa, mientras se le cocina. Estos puntos podrán ser pequeños o hasta de un octavo de pulgada de diámetro, y su nombre se deriva del color cobre de los mismos. Un exámen microscópico de una "cabeza de cobre" revelará en la base del defecto una capa de hierro oxidada. Este óxido de hierro, al fundirse con el esmalte, forma el defecto.

En algunos casos, la capa de esmalte se rompe, y sus bordes se enrollan hacia atrás, haciendo el efecto de un agujero o cráter con paredes oxidadas. En otros casos, la continuidad de la superficie del esmalte se ve afectada al fluir el óxido de hierro de tal manera que, al mezclarse con el esmalte, forma un pozo o depresión con un "ojo" vidrioso marrón en el fondo.

Es muy probable que las "cabezas de cobre" tengan relación con la tendencia a la ebullición de la chapa. Existe también la evidencia concreta de que el defecto se relaciona con la resistencia que presentan algunas superficies de chapa a una limpieza profunda y al decapado. Es así que la tendencia a formar cabezas de cobre sea, en algunos casos, cualidad inherente de determinados tipos de chapa. Esta propensión puede reducirse oportunamente utilizando fundentes adecuados, es decir, con cualidades que permitan a los ingredientes que forman gases, ya sea en la superficie o el interior de la chapa, desprenderse de ellos sin que se vea seriamente afectada la capa de fundente, y que posea la suficiente fluidez, durante el periodo de baja cocción, como para que la chapa se vea cubierta correctamente, antes de dar lugar a una excesiva oxidación.

Las "cabezas de cobre" también pueden ser resultado de un decapado deficiente. Aparte de lo enunciado hasta ahora con referencia a la chapa en sí, este defecto también puede motivarse por la aplicación de una capa demasiado fina de esmalte. Otra de las causas de este defecto, es la concentración de vapor de agua dentro del horno. Para evitarla, hay que contar con un proceso eficiente de secado de las piezas antes de introducirlas al horno.

4.2.14 SALTADURAS

Por lo general, se advertirá que existe un mínimo de saltaduras en las piezas esmaltadas por vía húmeda, ya sea de chapa o hierro fundido. Las piezas en que el esmalte ha sido aplicado muy espeso, lo mismo que en trabajos de re-proceso,

donde puede haber tres o cuatro capas, existe mayor tendencia a las saltaduras que en piezas esmaltadas normalmente.

Las esquinas son también propensas a saltaduras. En los bordes esmaltados de piezas planas, pueden producirse, por descuido, saltaduras durante las operaciones de montaje y ensamble de las mismas. Debe recordarse que el esmalte vítreo debe ser tratado como tal, pues si bien una pieza esmaltada no se quebrará de la misma manera que el cristal de una ventana, debido a su refuerzo de metal, el esmalte aplicado sobre este refuerzo se saltará si no se le trata con la consideración debida.

4.2.15 ROTURAS

Sucede que, durante los procesos de secado y cocción, la capa de esmalte seca, aún sin cocinar, suele romperse y separarse de la superficie. Algunos esmaltes se rompen más fácilmente que otros, pero principalmente existen dos causas importantes para la aparición de este defecto, las cuales están relacionadas entre sí. Si el esmalte ha sido molido de manera muy fina, está más propenso a las roturas, que si se muele con malla más gruesa. La aplicación demasiado pesada de cualquier tipo de esmalte, resultará invariablemente en roturas, aunque éste haya sido correctamente molido y secado. Si la cantidad de arcilla en la mezcla no es suficiente, el esmalte será más propenso a roturas que de otra manera. En resumen, las roturas se producen por un molido demasiado fino o un secado deficiente, o una combinación de ambos.

4.2.16 OXIDACION

La formación de pequeños puntos de óxido, ya sea en el fundente o en la cubierta, aplicados directamente sobre hierro fundido, provoca dificultades en algunas ocasiones. Los esmaltes fundentes de chapa muy pocas veces causan inconvenientes, debido a que el bórax utilizado para la suspensión del esmalte actúa como resistente al óxido.

4.2.17 "ESTRELLAS"

Este defecto aparece por lo general en los esmaltes de cubierta para chapa. Presenta el aspecto de una marca en forma de estrella, por la que se deja ver el fundente. Puede ser provocado al ser depositadas las piezas con demasiada violencia, o al dejarse caer demasiado rápido en los puntos de cocción.

4.2.18 DEFORMACION DE LAS PIEZAS

En algunas ocasiones, una chapa entra en el horno perfectamente recta y plana, y sale muy deformada. En los hornos intermitentes puede decirse, que la mayoría de las deformaciones son causadas por las escasas herramientas de cocción bajo la pieza, al no haber, por consiguiente, un sostén adecuado para las mismas.

Las barras de cocción para sostener las piezas de chapa, no deberán estar separadas más de seis pulgadas, siendo aún mejor si se colocan a tres o cuatro pulgadas entre sí. Se sabe que las chapas de calibre más ligero se deforman más que las pesadas, puesto que éstas poseen más fortaleza. El

diseño de las piezas tiene consecuencias directas en la cuestión de la deformación. Ciertos tipos de pestañas, y en particular los bordes enrollados, provocan esfuerzos que resultan en la aparición de "líneas de cabello" y deformación de las piezas.

Las piezas de hierro fundido deberán estar sostenidas, por lo menos, a cada seis u ocho pulgadas por barras de cocción, y el diseño de las piezas deberá cuidarse respecto a la colocación en las barras. Si una pieza de fundición posee un punto débil o alguna sección pesada, que pueda contraerse o dilatarse al calentarse el horno. La mejor solución para evitar la deformación es cambiar el diseño y agregarle un refuerzo.

4.2.19 "PIEL DE NARANJA"

Se denomina así a la apariencia áspera de la superficie esmaltada, que la hace parecer similar a la cáscara de una naranja. Se produce al no fluir el esmalte suavemente durante la cocción. En su peor condición, puede presentar el aspecto de una pieza corrida. Varias son las causas de este defecto, siendo la principal una aplicación tosca o con excesiva presión de aire. También puede provenir del uso de esmaltes muy viscosos, estos esmaltes no fluyen en forma adecuada, a menos que se los aplique muy suavemente durante la operación de sopleteado.

4.2.20 LINEAS DE AGUA

Con la introducción de esmaltes resistentes a los

ácidos, se ha hallado un defecto aparentemente nuevo, denominado "líneas de agua". Es este un defecto de superficie, en forma de líneas onduladas más o menos concéntricas, similares al efecto que presenta una playa, donde la arena ha ido depositándose en un contorno desigual. A veces este defecto aparece también en los esmaltes no resistentes a los ácidos, particularmente en aquéllos hechos con fritas de gran opacidad. Es aparente el resultado de la concentración y subsiguiente precipitación de sales solubles del esmalte molido, en la capa seca del esmalte. Durante la cocción, esta concentración local de sales solubles ejerce una pronunciada acción de fluidez en las zonas donde se produce, causando la formación de estas líneas. En los esmaltes resistentes a los ácidos, esta condición es a menudo el resultado de una suspensión insuficiente, pudiendo ser eliminada utilizando más cantidad del agente suspensor o agentes adicionales de otro tipo. Ha sido, además, determinado que este defecto, particularmente en los esmaltes resistentes a los ácidos, puede obedecer al hecho de secarse el esmalte bajo condiciones de muy baja humedad, pudiendo eliminarse al elevar artificialmente la humedad en el secador. La cocción a alta temperatura agrava a menudo la propensión a las líneas de agua del esmalte.

4.2.21 "CORRIDO"

Este defecto sucede en los esmaltes de cubierta, debido a un movimiento de la capa de esmalte en un plano vertical, que produce ondas horizontales rectas o curvas. Prevalece en esmaltes hechos de fritas de alta opacidad, y ocurre con más frecuencia cuando se aplica en forma pesada, al

reesmaltar o cuando se cocina a altas temperaturas. El remedio consiste en el uso de esmalte con opacificadores adecuados al tipo de fritura, la aplicación de los mismos en capas delgadas y evitando las temperaturas excesivas.

4.2.22 PIEZAS DE RECHAZO

Uno de los medios más seguros de determinar la causa de los varios defectos de elaboración, consiste en analizar las piezas de rechazo. Estas piezas pueden romperse, para determinar si la adherencia con el metal ha sido buena, lo que en muchos casos basta para revelar la causa de "escamas de pescado". Dichas "escamas" se cortan y se examinan bajo el microscopio, lo que indicará, en algunos casos, el porqué de tales dificultades como las llamadas "cabezas de cobre".

Un estudio cuidadoso de todas las piezas revelará que existen ciertas causas muy bien definidas, que derivan del deficiente manejo de las mismas.

Los gases que se encuentran, ya sea en el ambiente de una planta de esmaltado, en un secador o en un horno, producen cantidad innumerable de defectos, que perjudican enormemente el buen esmaltado.

Por esta razón, es imprescindible que la zona de decapado esté aislada convenientemente del área de aplicación. Los escapes de vapor del decapado deben construirse de tal manera que los gases no puedan volver a la planta por el techo, o ventanas, cuando el viento sopla de un lado. Las tomas de aire de los compresores también deberán ubicarse en un lugar donde no puedan aspirar gases del decapado.

El vapor de agua que se acumula en el horno, perjudica

al provocar burbujas y "cabezas de cobre".

En general, no debe tolerarse más de un 2% de vapor de agua en la atmósfera de un horno. Para evitar una concentración superior, conviene ventilar constantemente el horno. El petróleo y los gases, ya sean naturales o manufacturados, contienen todos un porcentaje más o menos elevado de azufre, y si un secador u horno presenta grietas en su cámara de combustión o en la mufla, los gases sulfurosos penetrarán en el ambiente produciendo, como defecto mayor, una notable falta de brillo, porque los gases sulfurosos se combinan con las sales alcalinas de los esmaltes formando sulfato de sodio. Se advierte que, habiendo en el ambiente de la planta de esmaltado más de 5 partes por millón de gases sulfurosos, el esmalte saldrá sin brillo.

La falta de brillo puede producirse también en un horno eléctrico, a pesar de no existir combustibles con contenido de azufre y, por consiguiente, la posibilidad de contaminación por los gases de combustión. Como casi todos los esmaltes contienen flúor, durante la cocción una parte de éste se libera, acumulándose en el horno y atacando el esmalte con el fluoruro de silicio formado.

Si la concentración de flúor en el ambiente del horno sobrepasa de 20 partes por millón, el esmalte saldrá sin brillo.

De lo anterior, se desprende que es tan necesario ventilar un horno eléctrico como otro en el que se utilice cualquier tipo de combustible.

Algunos hornos están equipados con recuperador de calor en su chimenea, utilizado para calentar algún secador. Es conveniente asegurarse periódicamente que el intercambiador de calor esté en buen estado, y no salgan de él, en lugar de

aire caliente, gases de combustión del horno, lo que contaminaría la atmósfera del secador.

Con los esmaltes al titanio, los gases no producen siempre falta de brillo, pero son en cambio causa de depresiones en el esmalte, cráteres, etcétera.

4.2.23 PUNTOS NEGROS

Este se produce sólo con ciertos tipos de esmalte, y puede disminuirse considerablemente, trabajando con una presión de aire en la aspersión no mayor a 35 libras/pulgada², en lugar de 60 que es lo que se emplea comúnmente.

CONCLUSIONES

Durante más de 50 años, en México el esmalte vitreo ha mantenido su reputación en el mercado, como un acabado de calidad. Actualmente, con la escasez de energía, los problemas del medio ambiente, la elevación de los costos de mano de obra y materiales, así como la apertura comercial que genera una alta competencia, se deben reconsiderar las tecnologías que han servido a la industria durante años, y desarrollar nuevos métodos de ahorro de energía, disminución de costos y mejoras en la calidad.

Cuando desarrollamos y producimos un producto, es de vital importancia estandarizar los procesos, mantener una línea constante en los procedimientos obteniendo cada vez menores variantes en nuestro producto, desde la recepción y selección de la materia prima hasta el producto terminado, generando con esto una calidad uniforme en todos nuestros artículos susceptible a ser mejorada cada día.

A lo largo de esta tesis, se habló de todos los procesos necesarios para el esmaltado, mostrando en cada uno de ellos, los puntos principales susceptibles a mejoras, la

forma de hacer estas mejoras, las nuevas tecnologías que se están desarrollando y la necesidad de hacer dichas mejoras.

Si bien, algunos avances generales, tales como la reducción en el espesor de los acabados de esmalte, las temperaturas más bajas de cocción, los aumentos de producción, los estándares más altos y confiables de calidad, los métodos de aplicación más automatizados, la conservación de la energía y la reducción de costos por medio de la recuperación de materia prima, y por la estandarización del proceso, han proporcionado muchos beneficios en fábricas de países industrializados. En México son escasos los avances en esta área, sirva pues, este trabajo como ayuda para iniciar el cambio.

BIBLIOGRAFIA

1) FUEL OIL - ALMACENAMIENTO, COMBUSTION Y CONTAMINACION ATMOSFERICA

Florencio Benito Gil
Editorial Blume, España 1969

2) CHEMICAL AND PHYSICAL DETERMINATIONS FOR PORCELAIN ENAMEL PLANTS

Michael Bozsik
Ferro Corporation.
Cleveland, Ohio 1975

3) COMBUSTION HANDBOOK

North American Mfg. Co.
Cleveland, Ohio 1990.
4a. Edición

4) ENERGY IN EUROPE - ANNUAL ENERGY REVIEW

Comission of the European Communities.
Abril 1993

5) GLASSFORMING

Frederic and Lilli Schuler
Chilton Book Company. London-New York

6) INTERCERAM 1985

International Journal for Producers of Refractories
Sanitary ware, tiles, technical advanced.

7) INTRODUCTION OF TECHNICAL CERAMICS

Waye B.E.
Edit. Elsevier Maclaren, Barking. 1977

8) MANUAL FOR PROCESS ENGINEERING CALCULATIONS

Clark and Davison
McGraw Hill
2a. Edición.

9) MIXING FOR THE CERAMIC INDUSTRIES

J.T. Robson
Industrial Publications Inc.
Chicago, Illinois.

10) MODERN REFRACTORY PRACTICE

Harbison-Walker Refractories Company
The Caxton Company.
Cleveland, Ohio.

11) PINTURAS Y ACABADOS INDUSTRIALES

Agrupación Internacional de tratamientos de superficies.
Asociación Española de la Prensa Técnica.
Números: 112, enero-febrero 1981
127, julio-agosto 1983
137, marzo-abril 1985

12) PORCELAIN AND ALLIED CERAMICS BODIES

Navias.
Ceramic Industries.
Chicago, Illinois.

13) PORCELAIN ENAMELS

A.I. Andrews
Ferro Corporation.
Cleveland, Ohio.

14) PROJECT CONTROL MANUAL

Sven R. Hed
Sven R. Hed Company.
Genève, Switzerland. 1979

15) QUINCENA FRANCO-MEXICANA DE INTERCAMBIOS TECNOLOGICOS

Texto de la Conferencia.
Fabricación en gran serie de aparatos electrodomésticos
de elevadas dimensiones. (Aparatos de Cocción y Calentadores).
Compagnie Européenne Pour l'Equipement Ménager.
5-16 Noviembre de 1979.

**16) THE BUILDING RESEARCH ADVISORY BOARD,
PORCELAIN ENAMEL IN THE BUILDING INDUSTRY**

National Research Council.
Washington D.C. 1984

**17) THE CHEMISTRY AND PHYSICS OF CLAYS AND ANOTHER
CERAMICS MATERIALS**

Searle, ad and Grimsham RW.
Ernest Bem Limited.
Londres. 1959

18) WATER VAPOR IN HIGH-TEMPERATURE CERAMIC PROCESSES

C.J. Koenig and R.L. Green.
Engineering Experiment Station.
Ohio State University.
Bulletin 202.