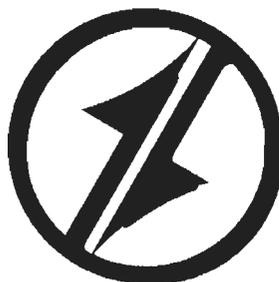


CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**RECUPERACION DE BOMBAS PARA CONVERTIDORES DE TORQUE
MEDIANTE APLICACIÓN DE SOLDADURA BASE COBRE EN HORNO**

POR

FRANZ LEE STRINGEL CASTAÑEDA

MONOGRAFÍA

**EN OPCION COMO ESPECIALISTA EN TECNOLOGÍA
DE LA SOLDADURA INDUSTRIAL**

SALTILLO, COAHUILA A 21 DE DICIEMBRE DEL 2006

CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**RECUPERACION DE BOMBAS PARA CONVERTIDORES DE TORQUE
MEDIANTE APLICACIÓN DE SOLDADURA BASE COBRE EN HORNO**

POR

FRANZ LEE STRINGEL CASTAÑEDA

MONOGRAFÍA

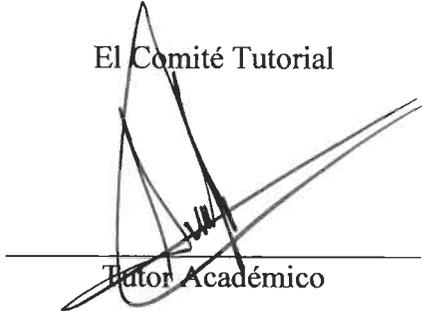
**EN OPCION COMO ESPECIALISTA EN TECNOLOGÍA
DE LA SOLDADURA INDUSTRIAL**

SALTILLO, COAHUILA A 21 DE DICIEMBRE DEL 2006

Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.
Gerencia de Desarrollo del Factor Humano
División de Estudios de Postgrado

Los miembros del Comité Tutorial recomendamos que la monografía RECUPERACION DE BOMBAS PARA CONVERTIDORES DE TORQUE MEDIANTE LA APLICACION DE SOLDADURA BASE COBRE EN HORNO, realizada por el alumno FRANZ LEE STRINGEL CASTAÑEDA matrícula 05ES-033 sea aceptada para su defensa como Especialista en Tecnología de la Soldadura Industrial.

El Comité Tutorial



Tutor Académico

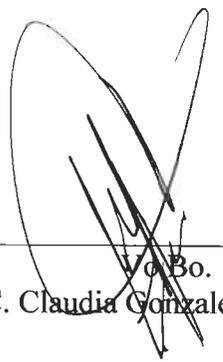
M.C. Gabriel García Cerecero



Tutor en Planta
Ing. Alfonso Reyes Arjona



Asesor
Ing. Jesús Castillo Tamayo



Vo.Bo.
M.C. Claudia González Rodríguez

PROLOGO

Desgraciadamente en México no nos hemos preocupado por desarrollar tecnología propia, sino que nos hemos encerrado en la manufactura o “maquila” de productos diversos, a tal grado que no hemos hecho un alto en el camino para evaluar cual será nuestro futuro si no nos preocupamos por desarrollar tecnología, que en un futuro se pueda vender y exportar a otras naciones.

Tal es el caso de países que en su tiempo hace 15 o 20 años no estaban mucho mejor que México, por ejemplo, Japón o Corea, quienes a base de esfuerzo y dedicación lograron imponerse a las superpotencias e hicieron que sus productos tengan presencia actualmente no solo en el mercado sino en la mente de millones de consumidores alrededor de todo el mundo.

Ahora, en estos tiempos siguen floreciendo países que al igual que Japón o Corea iniciaron de una economía prácticamente inexistente hasta llegar a ser potencias poderosas tanto en lo económico como en lo tecnológico, y este es el caso de China por ejemplo.

Todos estos países tienen en común algo importante, ellos alguna vez fueron naciones “maquiladoras” de las potencias existentes en ese entonces, pero la diferencia es que no solo fabricaron los productos que las empresas transnacionales instaladas en su territorio demandaban, sino que se preocuparon por aprender el cómo hacerlo y no solo eso, sino que se esforzaron por cómo hacerlo mejor.

México tiene que iniciarse en ese proceso, en esa transición y dejar de ser un país que aporte materia prima, la transforme y luego la compre como productos finales; porque pareciera que estos fueran fabricados por esas grandes empresas y traídos a México solo a venderse, se nos olvida que están hechos aquí, por mexicanos, pero desgraciadamente el nombre de quien provienen no es un nombre mexicano.

Por eso este documento está dirigido a todas esas personas con la iniciativa que como yo tenemos, y no solo eso, sino también que tenemos los conocimientos y ganas que se necesitan para cambiar este país y empezar a aportar lo que ésta nación necesita para que el día de mañana prospere y al menos camine más individualmente hacia un futuro más sólido y seguro para el bien de todos nosotros, los mexicanos.

Y no digo que esta Monografía represente cien por ciento una innovación y un desarrollo tecnológico propio, mío; pero si puedo decir que muchas de las ideas que aquí se plasman son ideas de compañeros mexicanos interesados en progresar y sobresalir, tal es el caso de los tutores y asesores que participaron y me apoyaron para lograr culminar este proyecto, y lo cual agradezco infinitamente.

INDICE

Capítulo 1	Síntesis	1
Capítulo 2	Introducción	3
Capítulo 3	Justificación y Planteamiento de la Problemática	5
Capítulo 4	Definición de Hipótesis	7
Capítulo 5	Metodología	9
Capítulo 6	Revisión Bibliográfica	12
Capítulo 7	Propuesta de Automatización para la Operación de Colocación del Material de Aporte en las Bombas	16
Capítulo 8	Recuperación de Bombas Mal Cobrizadas	22
Capítulo 9	Conclusiones y Recomendaciones	31
Capítulo 10	Bibliografía	33
Capítulo 11	Listado de Tablas	35
Capítulo 12	Listado de Figuras	40
Capítulo 13	Resumen Autobiográfico	43

1.

SINTESIS

Esta Monografía presenta una propuesta para mejorar el proceso de ensamble de Bombas para Convertidores de Torque fabricados por ZF Sachs Automotive México S.A. de C.V.

Los convertidores de torque son componentes fundamentales en la transmisión del torque del motor de combustión interna hacia la transmisión automática del vehículo. Es por esto que su funcionamiento aunque no es complejo, su fabricación si requiere de cuidados y procesos que aseguren la calidad del producto.

En especial la bomba, la cual se compone de una carcasa (pieza básica) de acero estampado y dentro de la cual se ensamblan alabes también de acero estampados, arreglados bajo un anillo igualmente de acero estampado y todo este ensamble está unido por soldadura base cobre en horno de atmósfera reductora "Furnace Brazing".

Ahora bien, lo que se define dentro de este documento primeramente es un proceso que asegure que el cobrizado (término que será utilizado en lo

subsecuente para definir al proceso de soldadura tipo “brazing”) del ensamble de la bomba sea exitoso solamente utilizando éste proceso tal y como se tiene establecido dentro de la empresa, solo que automatizando el proceso de colocación del material de aporte (soldadura base cobre) ya que actualmente esta operación de colocar el material de aporte en los lugares a unir se hace manualmente, lo que permite un margen mayor de scrap por “gap” (no logró unir la zona deseada) debido al factor humano; esto es que falte material de aporte en el lugar deseado, o que el material de aporte si esté presente pero mal colocado.

Segundo; es necesario también seleccionar un material de aporte adecuado para realizar esta automatización; es decir, encontrar dentro del mercado algún material de aporte que permita facilitar el proceso de automatización logrando la calidad necesaria en la unión.

Y finalmente proponer un proceso de retrabajo para recuperar los ensambles de bomba que aún y con lo anterior llegan a salir defectuosos del proceso de cobrizado, con la restricción de que deberá utilizarse el mismo equipo para realizar el cobrizado; es decir que se evite en lo posible invertir en algún equipo adicional para recuperar estas piezas y que se utilicen los mismos hornos con los que ya se cuenta para el proceso normal.

2.

INTRODUCCION

El objetivo principal que se busca con este trabajo es:

Mejorar el Proceso de Cobrizado por Horno de Bombas para Convertidores de Torque Producidos por la Industria Automotriz; específicamente por ZF Sachs Automotive México S.A. de C.V.

Y para lograr el cumplimiento del objetivo principal se plantearon los siguientes objetivos específicos:

Primero:

Encontrar una aplicación del material de aporte más robusta automatizando la operación actual de colocación del material de aporte para el proceso de cobrizado por horno de las bombas para los convertidores de torque.

Segundo:

Encontrar un material de aporte adecuado que permita la automatización de esta operación.

Tercero:

Proponer un proceso para recuperar las bombas que aún y con lo anterior presentaran defectos en el cobrizado por deficiencias en la unión, separación por un ensamble defectuoso o por falta de material de aporte.

Cuarto:

Para el proceso de recuperación de las bombas será una premisa el utilizar los Hornos para cobrizado que se utilizan para el proceso normal; es decir, no se deberá invertir en equipo adicional.

Quinto:

Asegurar que posterior al retrabajo o recuperación de estas bombas no exista un decremento en las propiedades mecánicas del acero de la carcasa de la bomba.

3.

JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

Actualmente en la producción de bombas se tiene un índice de scrap del 0.55% al 0.60%, estos valores en dinero equivalen a \$75,000.00 MXN mensuales (valores del año 2006).

Este scrap es debido a deficiencias en el proceso de cobrizado por horno, sobre todo se debe a deficiencias a la hora de colocar el material de aporte, ya que en la actualidad la colocación del clip y anillo de cobre (material de aporte utilizado actualmente) se realiza de forma manual por operadores que aunque son calificados, la operación es cansada y monótona, aunado al calor que radia del horno, esto ocasiona que en ocasiones falten clips y anillos o estén mal colocados los mismos.

También si el ensamble de los componentes (alabes y anillo de acero estampados) sobre la carcasa de la bomba (que también es de acero estampado) es defectuoso, al entrar al horno para ser cobrizados es muy probable que al final no se obtenga un buen resultado en cuanto a soldadura de la unión se refiere, ya que un "gap" grande (separación excesiva entre

componentes) no permite que por medio de capilaridad (que es el fenómeno principal por el cual sucede el cobrizado) sean cobrizados exitosamente dichos componentes.

Así mismo en ocasiones se tienen deficiencias por si mismas del proceso de cobrizado tal y como se efectúa; es decir, en ocasiones fallan los equipos (Hornos) lo que arroja un resultado insatisfactorio en la soldadura por cobrizado en las uniones de los componentes de la bomba, perdiendo así las características críticas de calidad que para el cobrizado de las bombas aplican.

Por lo anterior es preciso robustecer la operación de colocación del material de aporte de manera que sea automatizada, así como también recuperar las bombas con defectos en el cobrizado.

4.

DEFINICION DE HIPOTESIS

Dado que para la recuperación de las bombas con defectos en su cobrizado se propone introducirlas nuevamente al horno se tiene la siguiente hipótesis que habrá que demostrar si es o no cierta en el desarrollo de este trabajo:

Al introducir dos o más veces las bombas al Horno para efectuar su cobrizado se cree que decrementan las propiedades mecánicas a tal grado que quedarían fuera de las especificaciones de calidad para este aspecto.

También por otra parte, este estudio se limita a proponer un sistema semiautomático para colocar el material de aporte en las zonas del ensamble de la bomba que deberán ser unidas mediante cobrizado por horno; proponiendo también un material de aporte nuevo distinto al que se utiliza actualmente para facilitar la automatización de esta operación sin dejar de lado las especificaciones de calidad.

Y finalmente se probará el acero de la carcasa de la bomba pasándolo varios ciclos por el horno para posteriormente realizarle las pruebas necesarias y así evaluar que tanto lo impacta en el decremento de sus propiedades mecánicas, y en este caso también proponer un material de aporte con menor

punto de fusión que el utilizado actualmente pero distinto al que se propondrá para la automatización, y adecuado para realizar solamente la recuperación de las bombas nuevamente introduciéndolas al horno, solo que ahora con una temperatura menor para evitar en lo mas posible afectar el acero de la carcasa de la bomba y si asegurar la soldadura de las uniones que bajo el proceso normal (un solo ciclo en el horno) no cobrizaron correctamente.

5.

METODOLOGIA

Para la elaboración de este documento, específicamente en el capítulo 8 Recuperación de Bombas Mal Cobrizadas, se realizó un análisis experimental donde se muestrearon cuatro piezas del acero utilizado para fabricar la carcasa de la bomba para el convertidor de torque, y se siguió la siguiente metodología.

Se seleccionaron dos “blanks” (pieza básica a partir de la cual se forma la carcasa de bomba utilizando prensas y herramientas mediante procesos de estampado hasta llegar a la forma final deseada).

Estos “blanks” se seccionaron por la mitad obteniendo así cuatro piezas iguales.

Posteriormente se identificaron con marcador especial cada una como

Muestra No. 0

Muestra No. 1

Muestra No. 2

Muestra No. 3

La muestra No. 1 se introdujo una sola vez a uno de los hornos que se utiliza para el proceso de cobrizado por horno, emulando el proceso actual que se realiza, ya que las bombas ya ensambladas y con el material de aporte colocado sobre las mismas se introducen al horno una sola vez con el propósito de que se suelden las uniones del ensamble por proceso de cobrizado por horno.

La muestra No. 2 se introdujo una vez y al salir se volvió a introducir una vez más.

Finalmente la muestra No. 3 se introdujo una vez, al salir se volvió a introducir una segunda vez y al salir nuevamente se introdujo una última vez más; es decir se pasó un total de tres veces por el horno (tres ciclos térmicos).

La muestra No. 0 no se introdujo al horno y se mantuvo tal y como se recibe del proveedor antes de realizarle el proceso de estampado para formar la carcasa de bomba.

Una vez que ya se tuvieron las cuatro muestras listas se procedió a extraer las probetas de cada una de ellas según la norma ASTM E-8 para realizar el ensayo de tensión.

Después se realizó el ensayo de dureza según la norma ASTM E-18 que corresponde a realizar una serie de seis indentaciones en cada muestra con una carga de $100\text{kg}\cdot\text{f}$ y un penetrador con diámetro de 1.5875mm.

Finalmente se prepararon cuatro muestras para realizar el análisis metalografico cada una correspondiente a cada muestra, y esto según las normas ASTM E-3 y ASTM E-112.

Una vez teniendo todos los resultados de los diferentes ensayos se documentaron para plasmarlos más adelante en este documento.

Además de este análisis experimental se investigaron diferentes fuentes bibliográficas y comerciales con el objetivo de encontrar información relevante al proceso de cobrizado por horno y en general tanto de materiales de aporte como de distintos procesos y tecnologías que a este tema respectan.

En el siguiente capítulo se hace una revisión bibliográfica con los aspectos más relevantes sobre lo investigado.

6.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Sobre la revisión bibliográfica se investigaron diferentes fuentes las cuales aparecen listadas al final del documento en el capítulo 10 Bibliografía.

En este capítulo solo hablaré sobre aquellas que me parecen relevantes en cuanto a equivalencia con esta monografía se refiere, más no significa que las demás fuentes listadas en el capítulo 10 no se hayan utilizado para la realización de este documento; es decir, se consultaron diversas fuentes tales como el ASM Handbook Volumen 6 o la página de AWS y en ellas se encontró información técnica muy valiosa para el desarrollo de esta Monografía.

También fueron investigadas otras fuentes como las bases de datos de freepatentsonline.com y la de emerald-library.com y donde se obtuvieron artículos prácticos de la industria automotriz muy importantes por su similitud con esta monografía, los cuales si no fueron de mucha ayuda directa si ampliaron la visión y la estrategia para abordar este tema y es de estos artículos sobre lo que deseo hablar en este capítulo en particular.

De la base de datos freepatentsonline.com se obtuvieron tres artículos relevantes:

El primero con la Patente No. 3986239 y fecha de Octubre 19 de 1976 titulado Method for Soldering the Blades of a Rotor for Hydrodynamic Torque Converters

Este artículo muestra exactamente como se realiza el proceso de cobrizado por horno para los diferentes componentes de un convertidor de torque como es el caso de la bomba y la turbina y el material de aporte que utilizan, en este caso ellos utilizan anillos de un material para proceso de cobrizado el cual no especifican pero que puede ser cobre puro como actualmente se realiza en ZF Sachs Automotive México.

De hecho la disposición de los anillos del material de aporte y la forma como van colocados es muy parecida el proceso actual en la Empresa.

La segunda Patente No. 5902498 con fecha en Mayo 11 de 1999 titulada Methods Of Joining Metal Components And Resulting Articles Particulary Automotive Torque Converters Assemblies

Este artículo propone utilizar materiales de aporte con cantidades suficientes de material exotérmico por ejemplo partículas a escala nanométrica de aluminio y/o de magnesio, estos materiales empiezan a reaccionar a los 400° C lo que ayuda a bajar el punto de fusión del material de aporte.

Como ejemplo el autor de este artículo propone el siguiente material de aporte:

material	% (by weight)	particle size
Cerium	2%	<1 μm
Boron	3%	<1 μm
Chromium	5%	<1 μm
Nickel	12%	<1 μm
Magnesium	18%	<1 μm
Aluminum	15%	nanoscale
Tin	2%	1–3 μm
Zinc	5%	1–3 μm
Copper	20%	1–3 μm
Silver	18%	1–3 μm

La diferencia radica en que el tipo de energía que utiliza este autor para unir los alabes a la bomba es un láser y dentro de ZF Sachs Automotive México se utilizan hornos de atmósfera controlada como fuente de energía para el proceso de cobrizado. Las características del láser propuesto por este autor son las siguientes:

Fuente:	Nd:YAG
Potencia:	200W
Duración de los pulsos:	0.5ms
Frecuencia:	260 Hz
Diámetro de rayo:	1.5mm

Y la resistencia de esta soldadura nos dice el autor que llega hasta los 130,000 Psi la cual es mucho más grande en magnitud comparada con la que actualmente propone nuestro diseño.

Y finalmente la Patente No. 7014426 con fecha en Marzo 21 del 2006 titulada Brazed Aluminum Turbine for an Automotive Transmission and Method Thereof

Este artículo habla sobre un proceso muy innovador que comprende la fabricación de la turbina para el convertidor de torque a partir de lamina de

aluminio estampada y el ensamble de los componentes igualmente fabricados con lamina de aluminio y por proceso de estampado, ensamblados posteriormente para ser unidos mediante proceso de cobrizado por horno de vacío y con un material de aporte base Silicio.

Todos los demás artículos listados en el capítulo 10 tanto fuentes bibliográficas como fuentes comerciales del mercado, fueron utilizados mucho también y sus aportaciones se van incluyendo conforme avanza el desarrollo de esta Monografía.

Las tablas encontradas en el Handbook electrónico de la ASM Volumen 6 y que se enlistan en el capítulo 11 Listado de Tablas, fueron de mucha utilidad para encontrar diferentes composiciones químicas de materiales de aporte utilizados para proceso de cobrizado.

Y por último las fuentes comerciales que se encuentran en el mercado también fueron de gran apoyo ya que finalmente lo que se quiere lograr es hacer de esta investigación una realidad y un proyecto de mejora para la industria ZF Sachs Automotive México S.A. de C.V.

7.

PROPUESTA DE AUTOMATIZACION PARA LA OPERACIÓN DE COLOCACION DEL MATERIAL DE APORTE EN LAS BOMBAS

Para automatizar la operación de la colocación del material de aporte en las uniones del ensamble de bomba que necesitan ser cobrizadas se propone el diseño y construcción de un equipo semiautomático que coloque el material de aporte automáticamente, con cantidades y posiciones controladas; mientras que el cargar y descargar el equipo tanto de material de aporte como de las bombas será de forma manual.

El equipo consiste en una estructura fabricada de perfiles de aluminio con ruedas y una base sobre la cual se colocará un herramental para que se posicione sobre éste la bomba.

También es necesario un cabezal móvil mediante un pistón neumático. Este cabezal esta conformado por una estructura la cual soportara cuatro brazos

articulados que se puedan mover manualmente y los que a su vez soportarán cuatro boquillas (una boquilla por brazo), estas boquillas estarán alimentadas por manguera neumática a través de la cual se hará pasar el material de aporte a presión por medio de una bomba y válvulas controladas.

En la mesa del equipo, sobre la cual se coloca el herramental de soporte de la bomba, se tendrá un motor eléctrico controlado por medio de un variador de velocidad para incorporar el giro a la mesa o herramental y así estará girando la bomba y el cabezal bajará para depositar el material de aporte en los lugares deseados.

El control de las funciones del equipo será mediante PLC (Control Lógico Programable) junto con un par de cortinas de luz que a la vez servirán como dispositivo de inicio y paro de las funciones del equipo. También se requiere un pistón neumático, una bomba, válvulas, boquillas, manguera y brazos articulados con ajuste manual.

Con esto se programará la secuencia de pasos que se requiere sean realizados por este equipo para lograr la colocación del material de aporte sobre la bomba.

A continuación se describe la secuencia de operaciones a realizar por dicho equipo:

La letra M indica que este movimiento es manual realizado por el operador y la letra A indica que el movimiento es automático realizado por el equipo mismo.

- 1) M Se retirara la bomba del herramental de giro una vez que la máquina haya terminado su operación.
- 2) A Con esto se interrumpen las cortinas de seguridad una vez por primera vez.

- 3) M Se coloca otra bomba sobre el herramental de giro de la máquina para iniciar nuevamente la colocación del material de aporte.
- 4) A Al colocar la otra bomba se interrumpirán las cortinas de seguridad una vez por segunda vez consecutiva
- 5) A El PLC detecta esta segunda interrupción y también una vez que vuelva a detectar continuidad del paso de luz en las cortinas, entonces, se inicia el ciclo de operación del equipo.
- 6) A Primero un sensor detectará presencia de pieza y a través del PLC se iniciará el giro del herramental sobre el cual se encuentra la bomba por medio del motor y variador de velocidad, pudiéndose ajustar la velocidad y el número de ciclos (vueltas completas) que se desea sean dados.
- 7) A Segundo, comenzará a bajar el cabezal hasta llegar a su posición final restringida por un tope mecánico previamente ajustado manualmente (M) según el modelo de la bomba que esté siendo procesada. (En este momento se registrará una señal de que el cabezal está en posición)
- 8) A Una vez llegado el fin de la carrera del pistón neumático del cabezal, esto será detectado por el PLC y comenzará la inyección del material de aporte.
- 9) A El giro de la máquina al igual que la inyección del material de aporte se detendrán una vez que otro sensor haya contado el ciclo completo del herramental de giro (360°) partiendo de que ambas señales registradas en el punto 6 y 7 ya se han cumplido.
- 1) M Una vez terminado el ciclo se descarga la bomba y se coloca otra en posición para iniciar nuevamente el proceso.

Ver diagrama esquemático del equipo en el capítulo 12 Listado de figuras.

Una vez hecha la propuesta sobre el diseño del equipo dispensador, es necesario también realizar la selección del material de aporte necesario para

ser utilizado por este equipo y que mantenga las especificaciones de calidad en la bomba una vez que haya sido cobrizada.

Actualmente se utiliza como material de aporte los clips (pequeñas piezas en forma de U cortadas de cable de cobre) y los anillos (también formados a partir de cable de cobre) los cuales son 99.9 w% Cu (cobre) estos en estado sólido.

Ahora bien, se pretende sustituir el material de aporte que actualmente se utiliza por uno que sea más robusto en su aplicación; es decir, se busca una mayor flexibilidad para llegar a las zonas donde se complica la soldadura por proceso "brazing" en horno y donde generalmente se acentúan los defectos.

Para lograr esto se propone lo siguiente:

Cambiar el estado físico del material de aporte que se utiliza actualmente para lograr utilizarlo en el equipo semiautomatizado y así evitar los defectos en el proceso brazing en horno debidos al proceso actual ya sea porque faltó colocar un clip o porque se colocó en una posición errónea, etc.

Resumiendo todo lo anterior, tanto el proceso semiautomático como el sustituir el material de aporte para facilitar y mejorar la operación de colocación del material de aporte sobre la bomba, se tiene lo siguiente:

Actualidad: 99.9% Cu en estado sólido con forma de clip y anillo el cual se coloca manualmente en las uniones por operadores calificados.

Propuesta de cambio: Utilizar Pasta base Cu en estado semilíquido y en un proceso semiautomatizado para eliminar la falla por el factor humano.

Las características del material de aporte propuesto son las siguientes:

Descripción: Pasta base Cobre

Composición química:

80% Cu

4% Sn

6% – 7% Liga orgánica

Resto = Agua

Punto de fusión: 980° C hasta 1070° C

Densidad: 3.7g/cm³ hasta 4.1g/cm³

Viscosidad: 300dPa*s @ 20° C

Por último se cotizó la fabricación de esta máquina según las especificaciones propuestas y por la complejidad de la misma y la especialidad de cada proveedor se decidió dividir la construcción en dos partes una referente al manejo del fluido y otra referente a la automatización en si de la máquina, pero siendo el responsable sobre todo el proyecto éste último.

Las empresas responsables de la cotización y en su caso también de la construcción son las siguientes:

1. Adhesivos Avanzados S. de R.L. de C.V.
2. Dimplastic S.A. de C.V. División Automatización

Ambos proveedores se encuentran localizados en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, México.

El primer proveedor es el responsable para la parte del manejo de la pasta; es decir, todo lo relacionado con la inyección del fluido, entiéndase por esto la bomba, sistema de válvulas, boquillas, mangueras, brazos articulados, etc.

Y el segundo es el responsable para la construcción total de la máquina y su automatización, así mismo es el responsable de todo el proyecto.

Finalmente el costo de esta máquina será de:

429,750 MXN

Adicionalmente se tienen dos posibles proveedores para la pasta base Cu, y cabe aclarar que la pasta descrita anteriormente pertenece al primer proveedor el cual es:

Innobraze GMBH

Innobraze se encuentra en Alemania y cuenta con muy buenos antecedentes en cuanto a relaciones laborales se refiere con la Planta Matriz de ZF Sachs en Alemania. Además de la calidad, el tiempo de entrega y soporte técnico en caso de algún problema, todo esto cuenta para la decisión final.

También se está evaluando un segundo proveedor el cual es de origen Estadounidense pero cuenta con una sucursal incluso aquí en Saltillo, Coahuila, México, este proveedor es:

Fusion Inc.

Cualquiera de los dos proveedores será el responsables del suministro del material de aporte (Pasta base Cu) una vez que se tenga la evaluación de ambos y se tome la decisión final.

8.

RECUPERACION DE BOMBAS MAL COBRIZADAS

Aún y con lo propuesto en el capítulo anterior, el porcentaje de aceptación de las bombas después del cobrizado no será del 100%; es decir, siempre cabe la posibilidad de tener bombas mal cobrizadas no solo debido al problema de la mala colocación del material de aporte sino también a problemas derivados del mismo proceso de cobrizado por horno. Por ejemplo:

- Una falla inesperada en el horno
- Un “gap” (separación entre los componentes a unir) muy grande
- Complejidad del ensamble

Estos son solo algunas de las principales causas por las que una bomba para convertidor de torque puede resultar mal cobrizada después de ser sometida a un ciclo dentro del horno aún y con la correcta colocación del material de aporte.

Por este motivo es necesario el poder volver a introducir estas bombas dentro del horno, al menos un segundo ciclo, para lograr recuperarlas y así

poder disponer de ellas como producto aceptable; es decir, que cumplan con las especificaciones de calidad establecidas dentro de la empresa para el proceso productivo y también con las especificaciones establecidas por el diseño.

Para definir el proceso de recuperación de estas bombas se realizó la siguiente fase de experimentación:

Se tomaron cuatro muestras iguales del acero utilizado para producir la carcasa de la bomba y se les sometió a diversos ciclos térmicos obteniéndose los siguientes resultados:

Muestra No. 0 (cero) = No se sometió a ningún ciclo térmico

Esta muestra No. 0 se estudió tal cual se recibe del proveedor como "blank" (pieza básica a partir de la cual se le da forma utilizando prensas y herramientas por proceso de estampado de acero hasta obtener la forma final deseada)

Muestra No. 1 (uno) = Se sometió a 1 (un) ciclo térmico dentro del horno

Es decir solamente se introdujo una sola vez dentro del horno para realizar el proceso de cobrizado. Cabe aclarar que en la actualidad solo se permite cobrizar las bombas pasándolas una sola vez dentro del horno, esto por cuestiones de calidad, por el temor de que más ciclos provoquen un decremento en las propiedades mecánicas de la carcasa de la bomba.

Muestra No. 2 (dos) = Se sometió a 2 (dos) ciclos térmicos dentro del horno

Muestra No. 3 (tres) = Se sometió a 3 (tres) ciclos térmicos dentro del horno

Una vez teniendo las cuatro muestras terminadas e identificadas se procedió a realizarles los siguientes análisis:

Ensayo de Tensión

Ensayo de Dureza

Análisis Metalográfico

Los resultados y análisis correspondientes se muestran a continuación:

Tabla de esfuerzos de cedencia, tensión y porcentaje de elongación

No. Muestra	Esfuerzo de Cedencia Psi / MPa	Esfuerzo Máximo Psi / MPa	Elongación %
Muestra 0	47639 / 329	63436 / 438	31
Muestra 1	58153 / 401	71706 / 495	33
Muestra 2	57311 / 395	70156 / 484	30
Muestra 3	56243 / 388	69563 / 480	32

De la siguiente tabla se obtiene que no es mucho muy considerable el decremento en propiedades mecánicas conforme se van dando los ciclos térmicos.

Cabe aclarar que con este estudio solamente se busca la autorización para someter como máximo a un segundo ciclo térmico las bombas para cobrizarlas correctamente y no más de dos ciclos.

A continuación veremos los resultados del ensayo de dureza.

Tabla de Dureza medida en unidades Rockwell B

No. Muestra	Dureza HRB	Promedio de Dureza HRB
Muestra 0	72, 74, 74, 73, 72, 74	73.16
Muestra 1	81, 81, 81, 82, 82, 83	81.66
Muestra 2	78, 80, 78, 80, 80, 80	79.33
Muestra 3	81, 80, 80, 79, 79, 79	79.66

La tabla de durezas muestra también al igual que la tabla de esfuerzos muy poco decremento en la dureza conforme se van dando los ciclos térmicos, de hecho se podría considerar que la dureza se mantiene ya que la diferencia entre el promedio de durezas mas alto obtenido contra el menor obtenido es de 2.33 unidades Rockwell B; por supuesto, sin considerar la muestra No. 0 que si recordarán equivale al acero tal cual se recibe de proveedor; es decir, antes de someterlo incluso al primer ciclo de cobrizado considerado como normal y el único hasta ahora autorizado.

A continuación se muestran los resultados del análisis de la microestructura.

Fotografías de la Microestructura obtenida después de cada ciclo térmico:



Muestra No. 0



Muestra No. 1



Muestra No. 2



Muestra No. 3

Análisis de la Microestructura obtenida después de cada ciclo térmico:

No. Muestra	Descripción de la Microestructura Observada	Tamaño de Grano ASTM
Muestra No. 0	Granos Equiaxiales de Ferrita y Perlita Laminar	9 ½ - 10
Muestra No. 1	Granos Equiaxiales de Ferrita y Perlita Laminar	8 - 9
Muestra No. 2	Granos Equiaxiales de Ferrita y Trazas de Perlita Laminar	8 - 9
Muestra No. 3	Granos Equiaxiales de Ferrita y Trazas de Perlita Laminar	8 - 9

Según el análisis de la microestructura se puede determinar que no hay gran afectación de la misma según se van dando los ciclos térmicos; de hecho en todas las microestructuras se obtiene que están constituidas por granos equiaxiales de ferrita y perlita laminar o trazas de esta última; y por supuesto esto derivado del acero mismo por su composición química la cual veremos más adelante y por el proceso de laminación del mismo.

Una vez determinados los resultados de los diferentes ensayos es preciso compararlos contra la especificación de calidad establecida por la parte de diseño para estas bombas, misma que determina el centro de diseño ZF Sachs Automotive of America ubicado en la ciudad de Northville, MI en los Estados Unidos de America y la cual aplica para nuestra planta ZF Sachs Automotive México S.A. de C.V.

De la especificación se obtienen los siguientes datos relevantes para este estudio:

Composición química:

%C	%Mn	%Al	%Si	%N	%V	%Mo
0.05 - 0.07	1.20 - 1.55	0.20 - 0.65	0.15 - 0.30	0.015 - 0.020	0.080 - 0.105	0.03 - 0.10

Esfuerzo de Tensión: 75000 Psi máx.

Esfuerzo de Cedencia: 65000 Psi máx.

Dureza: 75 – 85 HRB

Microestructura: Ferrita equiaxial

Tamaño de Grano: 7 – 10 ASTM

Ahora bien, una vez teniendo esta información se procede a realizar la siguiente comparación:

Tipo de Ensayo	Especificación ZF Sachs	1 Ciclo Térmico	2 Ciclos Térmicos
Tensión (Psi)	75000máx.	71706	70156
Cedencia (Psi)	65000 máx.	58153	57311
Dureza (HRB)	75 – 85	81.66	79.33
Microestructura	Ferrita Equiaxial	Granos equiaxiales de Ferrita y Perlita laminar	Granos equiaxiales de Ferrita y trazas de Perlita laminar
Tamaño de Grano ASTM	7 – 10	8 – 9	8 – 9

Derivado del análisis sobre el acero para la fabricación de la carcasa de la bomba y de la comparación entre este y la especificación determinada por el centro de diseño de ZF Sachs para el mismo, se concluye que no hay gran afectación sobre las propiedades mecánicas del acero ni tampoco sobre la microestructura, esto después de realizarle un segundo ciclo térmico para poder establecer el proceso de recuperación de las bombas si en el primer ciclo no se obtienen satisfactoriamente cobrizadas, y ambos ciclos por el proceso de cobrizado por horno.

Sin embargo, cabe la posibilidad de lograr realizar este segundo ciclo térmico a una menor temperatura si se cuenta con un material de aporte adecuado y con un punto de fusión menor al que se tiene actualmente o al del material de aporte propuesto en el capítulo anterior de la pasta base Cu; ya que para ambos el punto de fusión oscila entre los 1080° C, solo que hay que recordar que el horno se tiene a una temperatura de 1110° C en su zona crítica para asegurar además de que se de la fusión del material de aporte, el que

éste también fluya hacia las zonas a cobrizar, porque este proceso depende del fenómeno de capilaridad para lograr la unión entre las piezas mediante el material de aporte.

Para lograr esto se investigaron varios materiales de aporte tanto en fuentes bibliográficas como en el mercado nacional e internacional, encontrándose los siguientes resultados:

Los materiales de aporte utilizados más comúnmente para procesos de cobrizado y que tienen un punto de fusión bajo entre los 600° C a los 900° C son compuestos base Cu con aleaciones de Zn, Sn, P, Pd, Ni, Mn y Ag mayormente. Estos materiales se pueden ver en el listado de tablas del capítulo 11 al final del documento.

De lo más relevante se tiene el siguiente material de aporte el cual lo distribuye la compañía Norteamericana Aufhauser Corporation:

Composición química:

%Cu	%Al	%Fe	%Pb	%Mn	%Si	%Sn	%Zn
56-60	.01	.25-1.2	.05	.05-.50	.04-.15	.80-1.1	Resto

Punto de fusión:	888° C
Esfuerzo de tensión promedio:	65,000 Psi
% Elongación en 2 pulgadas:	20%
Dureza Brinell:	96 HB

Este material cumple satisfactoriamente lo que se busca al utilizarlo para realizar el proceso de recuperación de las bombas en un segundo ciclo térmico por el proceso de cobrizado por horno y a una menor temperatura dentro del

horno, y sin dejar de lado las especificaciones de calidad, las cuales cumplen con lo necesario.

Cabe mencionar que el utilizar este material es adicional, solamente para lograr bajar la temperatura en el segundo ciclo térmico, más sin embargo, se puede realizar el segundo ciclo térmico tanto con el material utilizado actualmente (99.9% Cu) o con el material propuesto en el capítulo anterior (Pasta base Cu), ya que como se describe a lo largo de éste capítulo, al termino del segundo ciclo no se tiene cambio considerable tanto en propiedades mecánicas como en la microestructura.

También es preciso mencionar que se evaluarán más materiales para este efecto con punto de fusión bajo con el proveedor Fusion Inc. quien es el mismo que se está evaluando también como otra opción para obtener la pasta base Cu.

Esto por la cercanía de la sucursal de este proveedor que se encuentra localizado en Saltillo, Coahuila, México muy cerca de las instalaciones incluso de ZF Sachs Automotive México S.A. de C.V.

9.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La propuesta de automatización es viable tanto económicamente como técnicamente, así que una vez que sean evaluados los dos productos de pasta base Cu de los dos diferentes proveedores citados en el capítulo 7 se procederá a iniciar la construcción del equipo para automatizar el proceso de colocación del material de aporte sobre las bombas.

Cabe mencionar también que el material de aporte propuesto para la automatización no necesariamente tiene que ser adquirido con la empresa Innobraze GMBH sino que también puede ser adquirido con proveedores locales o nacionales, tal es el caso de la empresa Fusion Inc. que aunque es de capital Estadounidense cuentan con una sucursal incluso aquí en Saltillo, Coahuila, México.

Actualmente se cuenta con una muestra de pasta base Cu de Innobraze GMBH para iniciar las pruebas de cobrizado y posterior aceptación del producto por parte de ZF Sachs Automotive of America, cabe aclarar que la aplicación de la misma para las pruebas preliminares se realizará manualmente

con una pistola manual de inyección, y después si el producto es aceptado, entonces iniciará la fase de construcción del equipo para la automatización de la operación de aplicación del material de aporte sobre las bombas.

Sobre el tema de la recuperación de las bombas mal cobrizadas se concluye que el decremento en las propiedades mecánicas y los cambios en la microestructura del acero para la carcasa de bomba después de realizar el segundo ciclo térmico dentro del horno no es considerable, a tal grado que sea una premisa el contar con un material de aporte de bajo punto de fusión para realizar este segundo ciclo dentro del horno con el fin de retrabajar o recuperar las bombas que llegaran a salir mal cobrizadas después del primer y único ciclo térmico para el cobrizado que se realiza actualmente.

Sin embargo si por alguna razón se decidiera optar por realizar este segundo ciclo térmico dentro del horno a una temperatura menor al primero, se pueden utilizar diversos materiales de aporte como el que se propone en el capítulo anterior proveniente de la empresa estadounidense Aufhauser Corporation, u otros tantos más, como los que se encuentran en las tablas del capítulo 11, solamente faltaría encontrar proveedores locales o nacionales quienes puedan ofrecer este tipo de materiales de aporte.

Esto último quedaría como trabajo a futuro, el investigar y probar diversos materiales de aporte con bajo punto de fusión para así llevar a cabo el segundo ciclo térmico a una menor temperatura.

10.

BIBLIOGRAFIA

1. ASM Metals Handbook Ninth Edition Vol. 6 (Libro)
2. ASM Metals Handbook Ninth Edition Vol. 6 (Electrónico)
3. <http://www.aws.org>
4. <http://www.freepatentsonline.com>
 - a. Patente No.6935555 Aug. 30, 2005 Method Of brazing And Article Made Therefrom
 - b. Patente No. 5902498 May. 11, 1999 Methods Of Joining Metal Components And Resulting Articles Particularly Automotive Torque Converters Assemblies
 - c. Patente No. 3986239 Oct. 19, 1976 Method for soldering the blades of a rotor for Hydrodynamic Torque Converters
 - d. Patente No. 7014426 Mar. 21, 2006 Brazed Aluminum Turbine For An Automotive Transmission and Method Thereof

5. <http://www.emerald-library.com>
 - a. Trends in key joining technologies for the twenty-first century (2000)
 - b. Joining technologies for the next century: divers and directions (1997)
 - c. Optimum assembly design utilizing a behavioral modeling concept (2003)

6. <http://www.brazing.com>

7. Air Products and Chemicals, Inc. 2001

8. INNOBRAZE GmbH

9. <http://www.fusion-inc.com>

11.

LISTADO DE TABLAS

El siguiente es un listado de las tablas que fueron investigadas y utilizadas para el desarrollo de este documento, excepto las últimas dos, que fueron tomadas del catalogo 2001 de la compañía Air Products and Chemicals Inc. y de la página Web de la American Welding Society respectivamente, todas las demás fueron tomadas del ASM Metals Handbook Ninth Edition Vol. 6 versión electrónica.

Table 1 Comparison of soldering, brazing, and welding

Parameter	Process		
	Soldering	Brazing	Welding
Joint formed	Mechanical	Metallurgical	Metallurgical
Filler metal melt temperature:°C (°F)	<450 (<840)	>450 (>840)(a)	>450 (>840)(b)
Base metal	Does not melt	Does not melt	...
Fluxes used to protect and to assist in wetting of base-metal surfaces	Required	Optional	Optional
Typical heat sources	Soldering iron; ultrasonics; resistance; oven	Furnace; chemical reaction; induction; torch; infrared	Plasma; electron beam; tungsten and submerged arc; resistance; laser
Tendency to warp or burn	Atypical	Atypical	Potential distortion and warpage of base-metal likely
Residual stresses	...	...	Likely around weld area

(a) Less than melting point of base metal(b) Less than or equal to melting point of base metal

Table 3 Effect of brazing temperature on hardness of selected steels

Base metal	Condition	Hardness before brazing	Hardness after brazing short time at 635 °C (1175 °F)	Hardness after brazing short time at 705 °C (1300 °F)	Hardness after brazing short time at 760 °C (1400 °F)
Low-carbon steel	Annealed	55–70 HRB	55–70 HRB	55–70 HRB	55–70 HRB
	Cold rolled	60–90 HRB	55–80 HRB	55–75 HRB	55–70 HRB
Low-alloy or low-carbon steel (0.40–0.50 C)	Annealed	90–100 HRB	90–100 HRB	90–100 HRB	(a)
	Heat treated to 1030 MPa (150 ksi)	32 HRC	22–32 HRC	18–25 HRC	(a)
Carbon and low-alloy tool steel	Hardened and tempered	50–65 HRC	28–32 HRC	20–25 HRC	(b)
High-speed steel	Hardened	65 HRC	59–63 HRC	46–50 HRC	...

(a) May harden slightly. (b) May harden. Source: Ref 6

Table 5 Joining temperatures for filler metals used in brazing applications

Brazing filler-metal groups	Joining temperature	
	°C	°F
Ni, Co, and Pd alloys	«1100	«2012
Cu, Ni, and Au alloys	«1100	«2012
Cu-Zn, Cu-Sn, Ni-P, Ni-Cr-P, Pd-Ag-Cu	«900	«1652
Cu-P, Cu-Ag-P	600–800	1112–1472
Ag-Cu-Zn, Ag-Cu-Zn-Cd	600–800	1112–1472
Al-Si	580–600	1076–1112
Mg-Al-Zn	585–615	1085–1139

Table 6 Available product forms of brazing filler metals categorized by group

Brazing filler-metal groups	Available forms(a)											
	Ad	Cl	Fl	Fo	Pa	Pb	Po	Pr	Sh	Rd	Sp	Wi
Ni and Co alloys	x	...	x	(b)	x	x	x	(b)	x	(b)	...	(c)
Pd alloys	...	...	x	x	...	...	x	x	x	...	x	x
Cu and Au alloys	...	...	x	x	x	...	x	x	x	...	x	x
Ni alloys	x	...	x	(b)	x	x	x	(b)	x	(b)	...	(c)
Cu-Sn, Cu-Zn, Pd-Ag-Cu	...	...	x	x	...	...	x	x	x	...	x	x
Ni-P, Ni-Cr-P	x	...	...	...	x	x	x	...	...	...	...	...
Cu-P, Cu-Ag-P	...	...	...	...	x	...	x	...	...	...	x	x
Ag-Cu-Zn, Ag-Cu-Zn-Cd	...	...	x	x	...	...	x	x	x	...	x	x
Al-Si	...	x	...	...	...	...	x	...	x	...	...	x
Mg-Al-Zn	...	...	...	...	...	...	...	...	x	...	x	x

(a) Ad, adhesive sheet; Cl, cladding; Fl, flux paste; Fo, foil; Pa, paste (nonfluxing); Pb, plastic-bonded sheet; Po, powder; Pr, preform; Sh, shim; Rd, rod; Sp, strip; Wi, wire. (b) A few alloys only. (c) Plastic bond

Table 1 Major classes of brazing filler metals

No.	Alloy family and type	AWS designation	Forms	Base materials joined	Major applications
1	Al-Si, eutectic	BAlSi	Preforms, wire, rods, foil, powder, RS foil(a)	Aluminum and aluminum alloys, steel to aluminum and aluminum to beryllium	Car radiators, heat exchangers, honeycomb aircraft structures, structural parts
2	Cu-X, solid solution Cu-Zn peritectic Cu-Sn, peritectic	BCu RBCuZn None	Preforms, wire, rods, foil, powder, RS foil	Copper and copper alloys, copper to mild steel, copper to stainless steel	Heat exchangers, structural parts, automotive parts
3	Cu-P, eutectic	BCuP	Preforms, wire, rods, foil, powder, RS foil	Copper to copper, copper to silver/oxide powdered metal composites	Electrical contacts, bus bars, heat exchangers
4	Cu-Ag, eutectic	BAg	Preforms, foil, powder	Most ferrous and nonferrous metals, except aluminum and magnesium	Most widely used utility filler metals
5	TM-Si-B(b), eutectic Ã(Ni/Fe + Cr)-Si-B	BNi	Powder, tape(c), RS foil	AISI 300 and 400 series steels and nickel- and cobalt-base superalloys; carbon steels; low-alloy steels; and copper	Aircraft turbine components, automotive parts, heat exchangers, honeycomb structures
	Ã(Ni, Pd)-Si-B	None	Powder, tape, RS foil	AISI 300 series stainless steels, cemented carbide, superalloys	Honeycomb structures, cemented carbide/polycrystalline diamond tools, orthodontics, catalytic converters
	Ã(Co,Cr)-Si-B	BCo	Powder, tape, RS foil	Cobalt-base heat-resistant corrosion-resistant superalloys	Aircraft engines, honeycomb marine structures
6	Au-Ni, solid solution	BAu	Preforms, wire, rods, foil, tape	Nickel-base heat-resistant alloys, steels	Honeycomb structures, structural turbine parts
7	Cu-(Ti,Zr)-Ni eutectic and peritectic	None	Cladded strip, RS foil	Titanium/zirconium-base alloys	Titanium tubing, aircraft engines, honeycomb aircraft structures, aircraft structural parts, chemical reactors

(a) May be produced as rapidly solidified, ductile, amorphous/microcrystalline foils. (b) This group includes alloys based on transition metals, such as nickel, iron, and cobalt. (c) Brazing filler metal is carried on a plastic-bonded tape. Source: Ref. 1

Table 3 Composition of selected filler metals used for brazing applications

Filler metal	Composition	Liquidus		Solidus	
		°C	°F	°C	°F
Silver	99.99Ag	961	1762	961	1762
Cusil	72Ag-28Cu	780	1436	780	1436
Palcusil 5	68Ag-27Cu-5Pd	810	1490	807	1485
Palcusil 10	58Ag-32Cu-10Pd	852	1566	824	1515
Palcusil 15	65Ag-20Cu-15Pd	900	1650	850	1560
Palcusil 25	54Ag-21Cu-25Pd	950	1740	900	1650
Gapasil 9	82Ag-9Ga-9Pd	880	1615	845	1555
Nicusil 3	71.5Ag-28.1Cu-0.75Ni	795	1465	780	1435
Nicusil 8	56Ag-42Cu-2Ni	893	1639	771	1420
T50	62.5Ag-32.5Cu-5Ni	866	1591	780	1435
T51	75Ag-24.5Cu-0.5Ni	802	1476	780	1435
T52	77Ag-21Cu-2Ni	830	1525	780	1435
Cusiltin 5	68Ag-27Cu-5Sn	760	1400	743	1369
Cusiltin 10	60Ag-30Cu-10Sn	718	1324	602	1116
Braze 630	63Ag-28Cu-6Sn-3Ni	800	1472	690	1275
Braze 580	57Ag-33Cu-7Sn-3Mn	730	1345	605	1120
Braze 655	65Ag-28Cu-5Mn-2Ni	850	1560	750	1380
Silcoro 60	60Au-20Ag-20Cu	845	1550	835	1535
Nioro	82Au-18Ni	950	1740	950	1740
Palniro 7	70Au-22Ni-8Pd	1037	1899	1005	1840
Incuro 60	60Au-37Cu-3In	900	1650	860	1580
Silcoro 75	75Au-20Cu-5Ag	895	1645	885	1625
Nicoro 80	81.5Au-16.5Cu-2Ni	925	1695	910	1670
Palcusil 20	52Au-28Cu-20Pd	925	1695	875	1605
Gold	99.99Au	1064	1947	1064	1947
Palniro 4	30Au-36Ni-34Pd	1169	2136	1135	2075
Palniro 1	50Au-25Ni-25Pd	1121	2050	1102	2016
Ticusil	68.8Ag-26.7Cu-4.5Ti	850	1560	830	1525
Palnicusil	48Ag-18.9Cu-10Ni-22.5Pd	1179	2154	910	1670
Palco	65Pd-35Co	1235	2255	1230	2245
Incusil15	62Ag-24Cu-15In	705	1300	630	1165
Incusil 10	63Ag-27Cu-10In	730	1345	685	1265
BAG-8a	71.8Ag-28Cu-0.2Li	760	1400	760	1400
BAG-19	92.5Ag-7.3Cu-0.2Li	890	1635	760	1400
Braze 071	85Cu-7Ag-8Sn	986	1807	665	1230
Braze 852	85Ag-15Mn	970	1780	960	1760
Nioroni	73.8Au-26.2Ni	1010	1850	980	1795
Nicuman 23	67.5Cu-23.5Mn-9Ni	955	1750	925	1695
Palsil 10	90Ag-10Pd	1065	1950	1002	1836
Palni	60Pd-40Ni	1238	2260	1238	2260

Table III. Recommended clearances for typical furnace brazing filler metals

AWS Classification	Recommended Joint Clearance
BAIS group	0.000-0.002" for vacuum brazing 0.002-0.008" for lap lengths < 0.25" 0.002-0.010" for lap lengths > 0.25"
BCuP group	0.001-0.005" for joint lengths <1.0" 0.007-0.015" for joint lengths >1.0"
BAG group	0.000-0.002" for atmosphere brazing*
BAu group	0.000-0.002" for atmosphere brazing*
BCu group	0.000-0.002" for atmosphere brazing*
BNi group	0.002-0.005" for general applications 0.000-0.002" for atmosphere brazing

*For maximum strength, a press fit of 0.001 per inch of diameter is recommended.

Table 1. Chemical composition and temperature characteristic of filler metal

Filler metal	Chemical composition (mass%)					Solidus Temperature	Liquidus Temperature
	Cu	Ni	Sn	P	Ag		
MBF2005	Bal.	5.7	9.7	7.0	—	591	643
BCuP-2	Bal.	—	—	7.0	—	705	805
BCuP-3	Bal.	—	—	6.0	5.0	640	805
BCuP-5	Bal.	—	—	5.0	15.0	640	805

12.

LISTADO DE FIGURAS

El siguiente es un listado de las figuras que fueron investigadas y utilizadas para el desarrollo de este documento. Excepto la Figura que corresponde a la maquina automatizada para colocar el material de aporte (Pasta base Cu) el cual fue elaborado como bosquejo para ilustrar dicho equipo. Y también el diagrama Fe-C que se diseñó para ilustrar la afección de la temperatura sobre el acero estudiado.

Fig. 6 Continuous-type brazing furnace with water-jacketed cooling chamber for use in air or controlled atmospheres

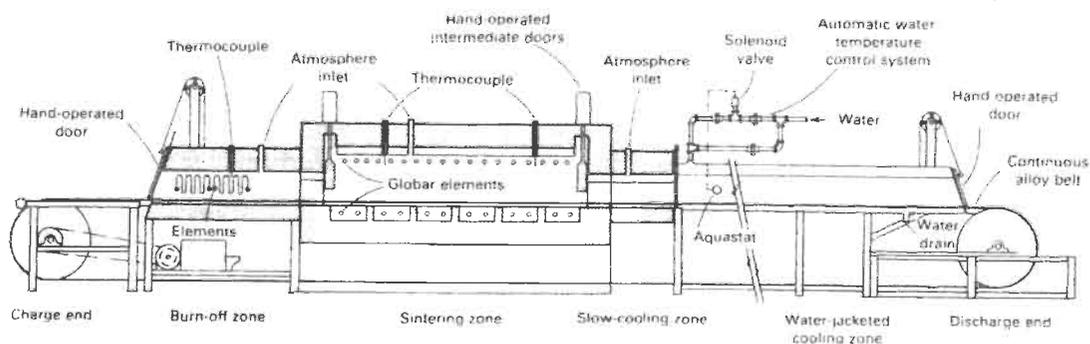
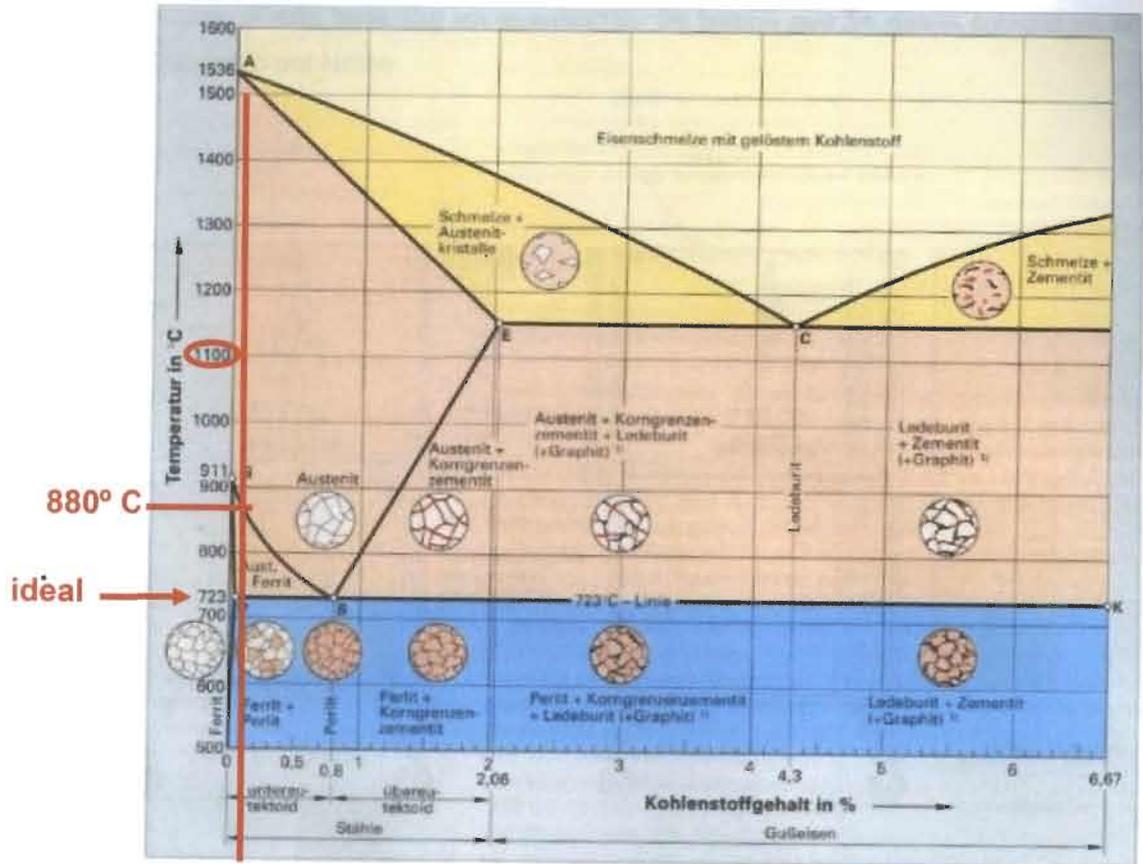
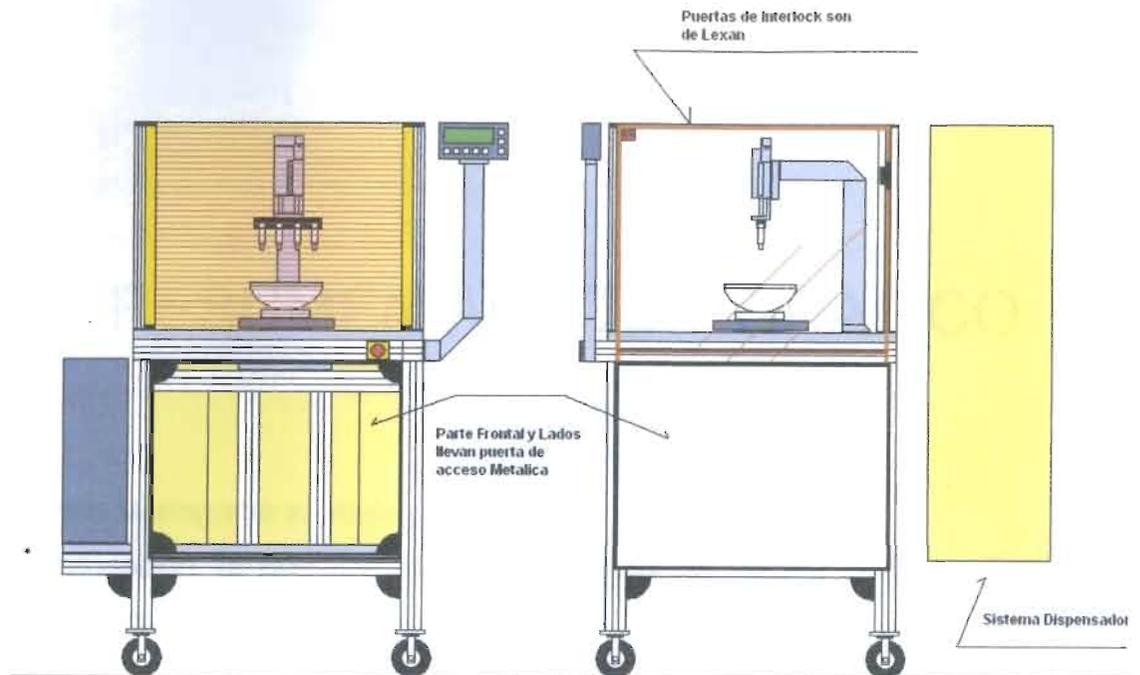


Diagrama Fe-C que muestra los cambios de fase según el w% C y la temperatura



Bosquejo del Equipo propuesto para la automatización de la operación para la colocación del material de aporte (Pasta base Cu) en el ensamble de bomba que se desea cobrizar en el proceso de Cobrizado por Horno.



13.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Esta Monografía se titula:

Recuperación de Bombas para Convertidores de Torque Mediante Aplicación de Soldadura Base Cobre en Horno.

La presentación de esta Monografía es con el objetivo de obtener el grado de Especialista en Tecnología de la Soldadura Industrial y es presentada por Franz Lee Stringel Castañeda.

Franz Lee Stringel Castañeda nació en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México el 22 de Noviembre de 1979 hijo del matrimonio formado por Eduardo Stringel Cavazos y Brenda Castañeda Cárdenas.

Cursó la carrera profesional de Ingeniería en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey obteniendo el título profesional de Ingeniero Mecánico Administrador en Diciembre del 2002.

Actualmente y desde Enero del 2003 trabaja en la Industria Automotriz en la rama Metalmecánica específicamente en la empresa ZF Sachs Automotive México S.A. de C.V. ubicada en la ciudad de Ramos Arizpe, Coahuila, México y que fabrica partes para transmisiones automotrices.

El puesto actual que desempeña en ZF Sachs es el de Tecnología y Mantenimiento en el Área de Estampados de esta empresa, que comprende la supervisión general de las áreas de Ingeniería de Procesos, Ingeniería de Proyectos, Control de Documentación de Ingeniería y Mantenimiento de la maquinaria.