



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Facultad de Ingeniería Mecánica
Centro de Investigaciones de Soldadura

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Reparación de máquina para soldadura de juntas para refrigeradores

Autor: Ernesto Rey Ferrer Toledo

Tutor: Dr. Alejandro García Rodríguez

Profesor consultante: Dr. Exiquio Gaitán Placeres

Curso: 2013-2014

CON SU ENTRAÑABLE TRANSPARENCIA



Resumen

El presente trabajo surge ante la necesidad de reparar una máquina de soldadura de perfiles para juntas de refrigeración MFT-2A empleada en el taller Electrodoméstico de la Empresa e Industria Nacional de Productos y Utensilios Domésticos (EINPUD), para la producción de refrigeradores tanto de producción nacional, como las juntas del plan de ahorro energético, los congeladores horizontales (neveras) y los congeladores verticales (vitrinas refrigeradas) entre otras producciones en las cuales es necesario garantizar juntas de óptima calidad. A partir de la recopilación de información en manuales, libros, criterios de expertos y especialistas y en búsquedas en Internet, se logró documentar adecuadamente el equipo, identificando los principales problemas a resolver y proponiendo e implementando soluciones para recuperar la máquina. Experimentos realizados validaron la calidad de la solución planteada y la reinsertión del equipo en el proceso productivo permitió recuperar los niveles productivos anteriores, demostrando la factibilidad económica del trabajo.

Summary

The present work surges in front of the necessity of repairing a machine of weld of profiles for meetings of [refrigeration] MFT-2A employed in the Electrodomestic shop of the Company and National Industry of Products and Domestic Utensils (EINPUD), for the production of refrigerators so much of national production, you like the join of the plan of energy saving, the horizontal freezers (refrigerators) and the vertical freezers (refrigerated cabinets) between other productions in the who it is necessary guarantee united of good quality. Starting from the summary of information in manuals, books, criterions of experts and specialists and in searches in Internet, he/she/it/you was succeeded in documenting the team appropriately, identifying the principal problems to resolve and proposing and [implemented] solves in order to recuperate the machine. Carried out experiments validated the quality of the expounded solution and the [reinsertion] of the team in the productive process allowed to recuperate the productive previous levels, demonstrating the economical [factibilidad] of the work.

Índice

INTRODUCCION.....	4
Capítulo 1: Estudio documental.....	9
1.1. Características generales del equipamiento para soldadura de juntas de refrigeración.....	9
1.1.1. Características de los perfiles.....	17
1.1.2. Control de la soldadura.....	20
1.1.3. Tecnología para soldadura de juntas.....	21
1.1.4. Sistema neumático	24
1.1.5. Máquinas auxiliares.....	25
1.1.7. Medidas de seguridad para los operarios.....	27
Capítulo 2: Diagnóstico y reparación del equipo	29
2.1. Descripción del equipo	29
2.2. Diagnóstico de fallas.....	36
2.3. Reparación del equipo.....	39
2.4. Tareas de mantenimiento	44
Capítulo 3: Puesta a punto y pruebas del equipo	48
3.1. Prueba neumática.....	48
3.2. Prueba eléctrica.....	48
3.3. Pruebas de Soldadura	48
3.4. Análisis económico	51
3.4.1. Costo por la parada del equipo.....	52
Conclusiones.....	54
Recomendaciones.....	55
Referencias Bibliográficas	56

INTRODUCCION

La fábrica EIMPUD “Primero de Mayo” fue fundada por el comandante Ernesto Guevara de la Serna el 24 de Julio de 1964, con el objetivo de producir útiles para los hogares cubanos como son: las cafeteras, las cocinas de gas, los ventiladores, ollas de presión, molinos de granos, refrigeradores, entre otros. Se integra también en aquel momento el Taller de Moldes y Troqueles para las industrias mecánicas y azucareras.

El Che dijo en el discurso de inauguración de la fábrica expresa: “Esta es una inversión que ha costado al gobierno revolucionario cerca de 14 millones de pesos y donde trabajarán en un futuro, cuando se llegue al uso completo de los dos turnos, unos 1200 trabajadores; y después, posiblemente podamos llegar a un tercer turno, por lo menos en parte, y a la utilización de la fábrica a su total capacidad” [1].

En este taller actualmente se realizan diferentes tipos de producciones, tal como: moldes y troqueles para diferentes industrias del país, para las producciones en la fábrica y para la exportación.

En la fábrica existen también producciones de ventiladores, envases plásticos, puertas de zinc galvanizado y las producciones que se realizan en el taller de Electrodomésticos, de refrigeradores de producción nacional, juntas para el plan de ahorro energético, congeladores horizontales (neveras) y congeladores verticales (vitrinas refrigeradas), caja de agua de 50 litros de capacidad, neveras de botellón.

Todo equipo de refrigeración necesita realizar un cierre hermético en la puerta que impida el escape de aire frío al exterior del equipo, lo cual permite obtener una mejor eficiencia energética y un mejor cuidado del motocompresor; por eso es necesario fabricar las juntas con las diferentes medidas requeridas para los modelos y producciones llevadas a cabo.

La producción del refrigerador se desarrolla completamente dentro del Taller Electrodoméstico, provisto de diferentes brigadas que actúan como eslabones indispensables de una intensa cadena productiva (Figura 1). Entre estas se

encuentra la brigada de la junta donde está la máquina de soldar las juntas modelo (MTF-2A). Esta brigada tiene como objetivo la producción de las juntas que se utilizan tanto para la producción en el taller, como para el plan de ahorro energético así que, aunque el taller se pueda encontrar parado por falta de materia prima, la brigada y en esencial la máquina se encuentra trabajando.

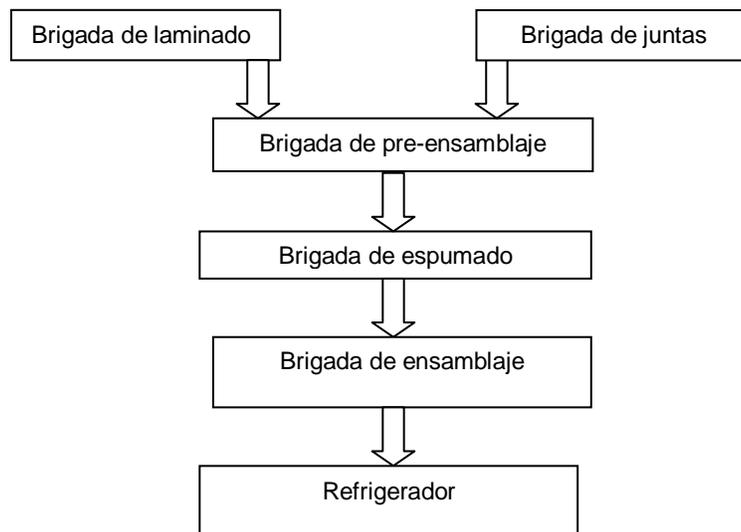


Figura 1: Diagrama de flujo de producción de los refrigeradores en la EINPUD

La máquina MFT-2A (Figura 2) representa un eslabón importante en la cadena productiva y depende del suministro de aire comprimido (presión de aire) para el accionamiento de los actuadores neumáticos que mueven las partes mecánicas del proceso de apertura y cierre de los moldes durante el transcurso de soldadura de la junta, calentada por el calor producido por una resistencia eléctrica, cuya temperatura es medida y controlada para obtener una soldadura de calidad. Un autómat programable o PLC marca OMRON controla y dirige todas las funciones automáticas de la máquina. Esta máquina se ha proyectado para soldar juntas de PVC suave con imán insertado en su interior después que las esquinas hayan sido cortadas a 45° [2].

Luego de varios años de explotación la línea de producción se vio afectada por la ocurrencia de fallas en el equipo que limitaron su empleo debido a que las resistencias originales se destruyeron y se hizo imposible soldar con ellas. El ciclo

de trabajo se vio afectado por excesiva demora en la apertura final del molde lo cual es necesario corregir para lograr la velocidad requerida y cumplir con los compromisos productivos. El equipo carecía de suficiente documentación técnica que permitiera afrontar su recuperación de forma inmediata por lo que se hizo necesario investigar sobre sus características y funciones mediante diferentes métodos y recursos.



Figura 2: Vista general de la máquina modelo (MTF-2A)

Problema práctico a resolver

Recuperación de la máquina de soldadura de juntas para refrigeradores para la brigada de juntas del taller Electrodomésticos del INPUD 1ro de Mayo.

Problema científico

Se carece de la suficiente información científica y técnica especializada para conocer el funcionamiento de las diversas partes y componentes del equipo y poder diagnosticarlo y recuperarlo efectivamente para su reincorporación a la línea de producción.

Objetivo del trabajo:

El objetivo del presente trabajo es recuperar parcial o totalmente la máquina modelo MTF-2A para su re inserción en el proceso productivo de juntas para refrigeradores.

Hipótesis:

Es posible solucionar los problemas que presenta la máquina modelo MTF-2A mediante el empleo de métodos de estudio documental, razonamiento lógico e ingeniería inversa, entre otros; comprendiendo el funcionamiento del equipo, sus sistemas, partes, componentes y definiendo una estrategia válida para diagnosticar, recuperar, explotar y mantener óptimamente el equipo en cuestión.

Objetivos específicos

- 1) Realizar un estudio documental sobre las características funcionales y operativas de las máquinas de soldadura automática de juntas de equipos de frío.
- 2) Analizar las características funcionales y constructivas del equipamiento, por partes y como un todo.
- 3) Determinar las fallas típicas ocurridas durante el proceso productivo (Diagnóstico de fallas).
- 4) Diseñar y ejecutar una estrategia de recuperación basada en el resultado del diagnóstico realizado.
- 5) Determinar un conjunto de medidas adecuado para mantener y explotar el equipo recuperado en las condiciones típicas del proceso de producción.

Tareas

- 1) Realización de un estudio documental sobre las características funcionales y operativas de las máquinas de soldadura automática de juntas de equipos de frío.
- 2) Análisis de las características funcionales y constructivas del equipamiento, por partes y como un todo.

- 3) Determinación de las fallas típicas ocurridas durante el proceso productivo (Diagnóstico de fallas).
- 4) Diseño y ejecución de una estrategia de recuperación basada en el resultado del diagnóstico realizado.
- 5) Determinación de un conjunto de medidas adecuado para mantener y explotar el equipo recuperado en las condiciones típicas del proceso de producción.

Impacto económico

En el año 2012 se produjo una importante producción para el Plan de ahorro energético afrontando el compromiso de producir juntas con una variedad en surtido: Puerta conservación LG, Puerta congelador y conservación Haier 250 A, Puerta congelador y conservación Haier 183, Puerta conservación Haier 08, Puerta conservación Samsung 18, Puerta conservación Samsung 20.

El valor de cada junta producida fue de 1,59 CUC y aproximadamente 23.27 MN. El total de la producción por este concepto alcanzó un valor de 44 680.0 CUC y 590 870.0 MN.

El perfil plástico (P.V.C.) utilizado en la producción presenta una longitud de 5,36 m y cada metro tiene un valor de 1,73 pesos en MN por lo que cada perfil viene costando 9,27 pesos aproximadamente. La caja en la que vienen los perfiles tiene 880 de estos (el costo de cada caja es de 8157,6 pesos). En una semana de trabajo continuo soldando juntas se pueden consumir de 4 a 5 cajas de perfiles, lo que indica las características del proceso de producción.

Según el plan de producción normal del taller se producen las juntas que incluidas en el refrigerador le adjudican un valor de 303.20 CUC y 157.10 MN. En el 2012 se fabricaron un total de 2000 unidades [3].

De los datos anteriormente referidos es posible inferir la importancia económica y técnica de esta máquina de soldadura de juntas que al presentar problemas imposibilita que se cumplan los compromisos con los diferentes programas prioritarios del país. De aquí la importancia del desarrollo del presente trabajo.

Capítulo 1: Estudio documental

En este capítulo se realiza un estudio documental sobre las características funcionales y operativas de las máquinas de soldadura automática de juntas de equipos de frío teniendo en cuenta los materiales más comunes para su producción, equipos auxiliares, sensores, actuadores en los sistemas y componentes fundamentales de la máquina; las medidas de seguridad y protección para el operario, así como la operación segura durante su empleo en el proceso de producción.

1.1. Características generales del equipamiento para soldadura de juntas de refrigeración

De forma general estas máquinas presentan una estructura compacta y de fácil manejo para los operarios y mecánicos. Poseen un control de temperatura exactacomandada mediante los elementos eléctricos del panel frontal y controlados por circuitos electrónicos; adecuada velocidad y buena calidad de la soldadura. El período de trabajo de soldadura de estas máquinas es aproximadamente de 14 segundos (Ciclo automático de soldadura) garantizando un largo tiempo de trabajo continuo. Emplea una celda fotoeléctrica que protege al operario de posibles accidentes, mientras la carga y descarga de las juntas se operan a mano. Todo el otro funcionamiento incluido en el proceso de la soldadura es completamente automático [4]

El equipamiento para la soldadura de juntas de refrigeradores tiene amplia aplicación industrial, encontrándose 2 tipos fundamentales de máquinas para soldar una gran variedad de diferentes tipos de juntas aplicables con fines específicos: de ciclo semi-automático y de ciclo automático.

Ciclo semi automático: Este tipo de máquina es manipulada manualmente por el operario en el proceso de alimentación, cierre y apertura de la junta al cabezal de soldadura mediante palancas manipulables por el operador. El tiempo de aplicación del calor y su control son regulables automáticamente (Figura 3).

El precio actual de una máquina de ciclo semi-automático modelo ZXMHJJy marca ZHENXIONG oscila entre 1500–2000 USD en el mercado internacional sin contar con los gastos de transportación y demás y otros en que se incurre para este tipo de compra ya que generalmente estos equipos son comprados en países lejanos como China.

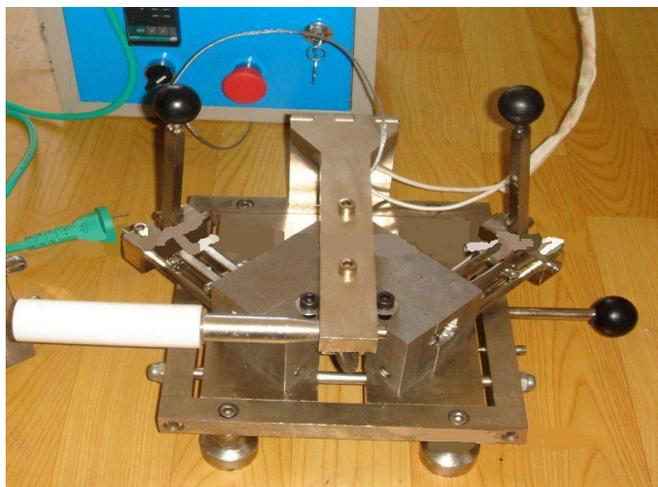


Figura 3: Máquina de ciclo semi-automático

Trabaja con un voltaje de 220V a una frecuencia de 50– 60Hz y consume 2 kW en el proceso de soldadura. Cuentan dentro de sus principales características dimensiones: Área de la soldadura 0.5-80mm o sea, la distancia entre las caras del molde y la mesa de trabajo es 20X20X20mm; su peso total es de 20kg. Se utiliza para soldar la junta de PVC de las esquinas de las neveras y se brindan variadas opciones de posicionamiento en pequeños espacios. Se opera fácilmente con solo 4 pasos para producir una unión (Figura 4). Su período de soldadura es rápido (11-14s) con temperatura de calefacción ajustable [5].

Ciclo automático: En este tipo de máquina el mecanismo de apertura y cierre del molde actúa totalmente automatizado junto con las funciones de presurización, soldadura y control de temperatura. Estas son las máquinas más usadas en producciones industriales intensivas, como en el caso de la máquina objeto de la presente investigación.

El precio actual de una máquina de ciclo automático modelo MTF-2A que oscila entre 7 000-30 000 USD en el mercado internacional sin contar con los gastos de transportación y otros en que se incurren para este tipo de compra. Dentro de sus características fundamentales (Figura 2) se aprecian: marca (JINGAN), un voltaje de alimentación de 380V con frecuencia de 50 Hz, y consumo de potencia de 2.1kW.



Figura 4: Pasos para la soldadura

Entre sus dimensiones fundamentales se destacan: Área de la soldadura 0.5-80mm, la mesa de trabajo (1820x1820x1130mm) y un peso total de 480kg.

El perfil de las juntas que se suelde en la máquina estará acorde a los moldes que esté usando, mientras que simplemente reemplazando los moldes, se puede cambiar a otro tipo de perfil de junta y usar uno u otro perfil reproduciéndose la junta que realmente se necesite.

El sistema neumático es producido por la marca FESTO, mientras que la unidad inteligente la conforma un PLC marca OMRON que asegura la estabilidad del programa del equipo, mejorando la calidad del producto y la precisión. El equipo garantiza la seguridad y calidad de la soldadura de la junta [5].

Moldes: El molde (Figura 5) no es más que la placa donde se le suministra el calor a los perfiles para su posterior soldadura, los perfiles deben corresponder con el molde que tenga montado la máquina. El molde presenta un conjunto de cavidades internas para funcionamiento del sistema de enfriamiento por aire y de ajuste del molde para un mejor acabado de la junta.

Los materiales que se usan para molde generalmente son: X41Cr12 y X41Cr13, son aceros para moldes de inyección y compresión de plásticos corrosivos y para trabajar en altas temperaturas y atmósferas húmedas, porque tal acero resiste la corrosión, tiene buena dureza en la superficie [6].

No se debe usar acero 45 para su fabricación. A causa de las cavidades complejas en su interior, se debe usar cromo para evitar la corrosión en la superficie del molde.



Figura 5: Molde[7]

Todo molde para la soldadura trae un molde auxiliar (Figura 6) que le sirve como guía cuando la junta entre para ser soldada en el molde no entre torcida o pueda salirse del molde a la hora de la soldadura



Figura 6: Fotografía de Molde auxiliar de soldadura [7]

Cilindros neumáticos: Para el accionamiento de los mecanismos que realizan las operaciones de soldadura se emplean actuadores del tipo cilindros neumáticos encargados de ejecutar las operaciones controladas desde el PLC a través de la activación de las electro-válvulas que controlan la dirección de su movimiento. Cada parte del molde se encuentra comandado por un cilindro (Figura 7) y este por una electroválvula en el panel de válvulas. Dentro de las características generales de estos, por ejemplo el Cilindro **QC 95**[8], se destacan: doble acción; funcionamiento por aire; presión máxima de operación 10 Mpa; presión mínima de operación 0,1Mpa; velocidad del pistón (recorrido) 5 ~500 mm/s.



Figura 7: Cilindro neumático

Los pistones anteriormente referidos son controlados por límites magnéticos (Figura 8). Estos límites cuando el pistón llega a su posición le manda la señal al PLC para que él prosiga con las demás operaciones. Esto se puede ver ya que el límite posee un LED que cuando el pistón llega a él este enciende. El límite trabaja con 220 V CA (corriente alterna) y 24 V DC (corriente directa).



Figura 8: Fotografía del Límite magnético de fin de carrera del pistón

Electroválvulas: Son los elementos encargados de transformar las órdenes mandadas desde el PLC de eléctricas en neumáticas (presión de aire). Estas electroválvulas (Figura 9) poseen dos salidas de aire y al llegar la señal eléctrica a la electroválvula esta varía la entrada de aire por una u otra salida, y define la dirección del movimiento. Estas electroválvulas son las responsables del funcionamiento de los cilindros neumáticos. Las características principales de ellas son las siguientes[9] (modelo **QVF 3430**): Rango presión de operación 0.5~0.9 Mpa; Máxima frecuencia de operación 3 c/s; Actuación de doble escape en el centro (salida de aire); Peso 0.42 kg.

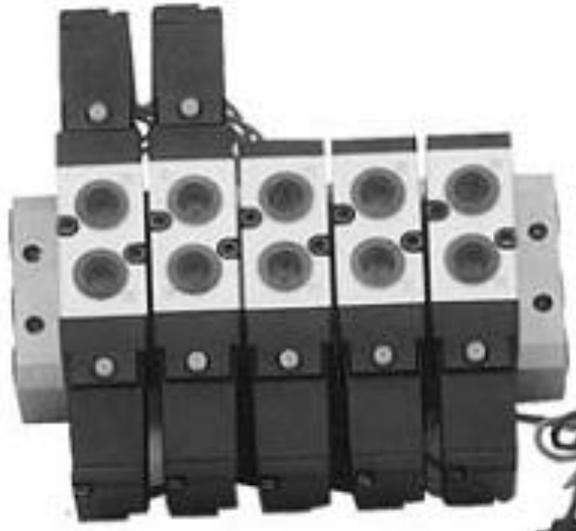


Figura 9: Electroválvula

Relay de estado sólido (Solid State Relay) (Figura 10): Dispositivo para el control del voltaje de alimentación de la resistencia y el control de la temperatura en la misma, tomando como referencia el valor realimentado por medio de los sensores de temperatura (termopares).

En el esquema se muestra la ubicación física del PLC en el panel de control y los componentes que lo acompañan en su funcionamiento. El transformador alimenta la potencia eléctrica a la fuente de alimentación de la placa, que posee protecciones eléctricas (fusibles y breakers) para controlar el correcto funcionamiento del equipo. También posee las válvulas solenoides para diferentes funciones en el ciclo de trabajo, el circuito de la resistencia, el circuito que controla las funciones de la bomba de vacío y en el conector de la placa se identifican los terminales que contienen las conexiones con los distintos componentes de la máquina.

Este PLC modelo CPM1A-40CD-A-V1 que funciona con un voltaje de suministro de 100 a 240 V CA (corriente alterna), 50/60 Hz o también con 24 V CD (corriente directa); consume una potencia de 30 VA máximo y 6W máximo en DC y una corriente en demanda brusca de 30A. La capacidad de salida es de 200 mA y la resistencia de aislamiento es de 20 mΩ mínimo a 500 VCD. Posee para su funcionamiento 40 terminales que se distribuyen en: 24 terminales para la entrada de señales y 16 terminales de salida. El mismo presenta 14 instrucciones básicas y 77 instrucciones especiales cuyos tiempo de ejecución oscilan entre 0.72 a 16.2µs para las primeras mientras que para las segundas el tiempo es de 16.3 µs. Presenta 128 contadores / temporizadores de 10 y 100 ms. Los contadores pueden ser decrementales o incrementales, entre otras de sus características funcionales [10]

Conectores o Racordajes (Marca SMC) Este elemento es fundamental para el funcionamiento de toda la máquina ya que sirve como acoplamiento mediante las mangueras y las electro-válvulas o los cilindros neumáticos. Sin los conectores (Figura 12) sería imposible la unión de todos los elementos neumáticos de la máquina.



Figura 12: Conector neumático del molde

1.1.1. Características de los perfiles

Perfil: Es el diseño o figura que conforma la junta de PVC para los equipos de refrigeración (Figura 13). Los mismos poseen cavidades por las que se inyecta aire para el enfriamiento y se genera vacío durante el proceso de extracción de la junta y pueden presentar configuraciones disímiles en dependencia de las características del equipo en el que van a ser utilizados, las características de ferritas a utilizar y tecnologías disponibles por los fabricantes.

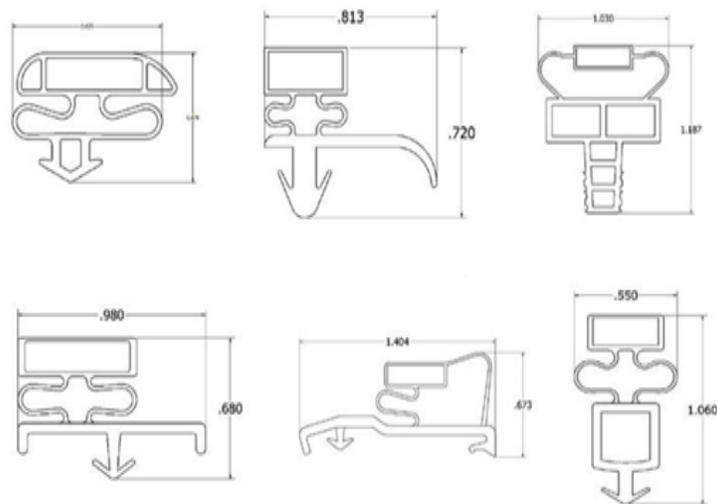


Figura 13: Tipos de perfiles

Materiales empleados

El Policloruro de Vinilo (PVC) es un moderno, importante y conocido miembro de la familia de los termoplásticos. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales cloruro de sodio o sal común (NaCl) (57%) y petróleo o gas natural (43%), siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos. Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort dado que por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros. El desarrollo en tecnologías y aplicaciones no ha tenido pausa y llega a alcanzar en nuestros días una producción de 25 millones de toneladas [11].

El PVC se presenta en su forma original como un polvo blanco, amorfo y opaco. Es inodoro, insípido e inodoro, además de ser resistente a la mayoría de los agentes químicos. Es ligero y no inflamable por lo que es clasificado como material no propagador de la llama. No se degrada, ni se disuelve en agua y además es totalmente reciclable.

El material más común para las juntas es el **PVC**, algunas de cuyas propiedades se encuentran bien definidas por los fabricantes para uso domésticos, ingenieriles y avanzados (Tabla 1).

Características de los materiales	PVC
Temperatura de transición vítrea ($^{\circ}$ C)	80
Temperatura de fusión ($^{\circ}$ C)	~ 150
Temperatura máxima de servicio (continuo)	70
Resistencia a tracción (Mpa)	31-60
Resistencia a compresión (Mpa)	60

Tabla 1: Características del PVC

El material empleado específicamente en la producción de los perfiles de Poli-Cloruro de Vinilo flexible y específicamente formulado para extrusoras y poseen componentes sólidos y componentes líquidos [12]:

Componentes sólidos: El Carbonato de calcio revestido sirve como relleno para la masa, mientras que el ácido esteárico es un lubricante masa – máquina para evitar que se endurezca la masa cuando vaya entrando por el husillo de la máquina extrusora que es la que fabrica el perfil de las juntas; el dióxido de titanio-rutilo (TiO_2) es para darle el color que llevará el perfil a utilizar. El factor K que es el índice de viscosidad estará entre el 65 y 70%.

Componentes Líquidos: D.O.P. Dioctil Pheftalato es un plastificante para la masa; el aceite de soya epoxidado es un lubricante masa – masa para la fabricación del perfil; el VINLUP (4007 P) es un estabilizante térmico para los cambios de temperatura durante la fabricación y uso de las juntas en los equipos de refrigeración; mientras que IRGASTAB (CZ -11) es un estabilizante térmico al igual que el anterior.

Las juntas para la puerta de la nevera o del refrigerador tienen propiedades anti-hongos, impide el escape de los gases y constituye un producto verde amigable con el medio ambiente.

En la actualidad se encuentran más de 300 perfiles de diferentes secciones para junta de la puerta. Los productos incluyen fabricación de la junta de la puerta suave o rígida por extrusión, la junta de la puerta con el abs/ps, etc. El fabricante puede hacer juntas de las puertas según el diseño especificado por el cliente (dibujo en CAD) o las muestras físicas de la junta [13].

1.1.2. Control de la soldadura

Para el adecuado control de la operación de soldadura es indispensable establecer precisamente el tiempo de calefacción del perfil a soldar. Si este tiempo es demasiado corto, el perfil pudiera no alcanzar la temperatura de fusión produciéndose una unión deficiente o nula, en caso contrario se producirían pérdidas de material en el perfil con posible distorsión de la unión soldada; afectándose las propiedades mecánicas de la junta y quedando con mala terminación.

El calor a suministrar por la resistencia durante el período de calefacción se mide y controla con el empleo de un termopar cuya salida de voltaje se acopla a un termostato electrónico que permite el control exacto del voltaje a aplicar en la resistencia, controlando así la temperatura en la unión. Deficiencias en la elección del valor preciso para cada tipo de perfil, pudiera acarrear serios problemas respecto a la calidad de la unión soldada.

Termopares

Los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado Celsius son difíciles de obtener. Existen diferentes tipos de termopares clasificados dentro de los más utilizados como son: **Tipo K** (Cromo (**Ni-Cr**) Chromel / Aluminio (aleación de Ni -Al) Alumel): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de -200°C a $+1.372^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aprox. Posee buena resistencia a la oxidación; **Tipo E** (Cromo / Constantán(**aleación de Cu-Ni**)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$; **Tipo J** (Hierro / Constantán): Su rango de utilización es de $-270/+1200^{\circ}\text{C}$. Debido a sus características se recomienda su uso en atmósferas inertes, reductoras o en vacío, su uso continuado a 800°C no presenta problemas, su principal inconveniente es la rápida

oxidación que sufre el hierro por encima de 550°C y por debajo de 0°C es necesario tomar precauciones a causa de la condensación de vapor de agua sobre el hierro; **Tipo T** (Cobre / Constantán): ideales para mediciones entre -200 y 260 C. Resisten atmósferas húmedas, reductoras y oxidantes y son aplicables en criogenia. El tipo termopares de T tiene una sensibilidad de cerca de 43 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$; **Tipo N** (Nicrosil (**Ni-Cr-Si**) / Nisil (**Ni-Si**)): es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300° C). Los termopares con una baja sensibilidad, como en el caso de los tipos B, R y S, tienen además una resolución menor. La selección de termopares es importante para asegurar que cubran el rango de temperaturas a determinar [14-22].

1.1.3. Tecnología para soldadura de juntas

Los fenómenos físicos necesarios para que se produzca una unión por soldadura son una combinación de temperatura, tiempo y presión. La temperatura y tiempo aplicados en una zona del material a unir producen una fusión o reblandecimiento local en los sustratos que quedan perfectamente unidos una vez aplicada la presión necesaria durante un tiempo suficiente para la solidificación del material. El proceso de soldadura consta de varias etapas: Preparación superficial, Calentamiento, Consolidación y Enfriamiento.

Preparación superficial

Al fabricar piezas con termoplásticos éstas tienen inexorablemente restos del desmoldeante aplicado en los moldes. Para el proceso de soldadura estos restos equivalen a impurezas superficiales que dificultan tal acción, es por ello que antes de proceder a la soldadura debe realizarse una limpieza superficial, ya sea por medios mecánicos o mediante abrasivos químicos.

Calentamiento

En este punto se hace patente una de las grandes diferencias entre los polímeros amorfos y semicristalinos, la temperatura a partir de la cual se hacen fluidos. Para los amorfos se produce una gran disminución de su viscosidad al alcanzar su temperatura de transición vítrea o T_g , sin embargo, los semicristalinos a su paso por la T_g no experimentan grandes cambios, teniendo que alcanzar su temperatura de fusión o T_m para conseguir las condiciones de fluidez adecuadas. Las diferentes maneras de conseguir estos calentamientos, que deben ser lo más localizados posibles, son las que dan lugar a los diferentes procesos de soldadura. No se debe descuidar, si se trabaja con materiales compuestos, un calentamiento excesivo o muy amplio de la matriz porque puede dar lugar a distorsiones de las fibras y delaminaciones, especialmente si éstas son buenas conductoras como ocurre en el caso del carbono.

Consolidación

Esta etapa se puede decir que engloba a la de calentamiento y parte de la de enfriamiento. Está caracterizada por la aplicación de una presión, que comienza con la elevación de la temperatura y termina una vez que la matriz alcanza consistencia suficiente durante el enfriamiento.

Para que exista una correcta unión debe haber lo que se denomina contacto íntimo (líquido – líquido) entre sustratos, donde la resina, fluye y empuja fuera de las entrecaras el aire atrapado. Acto seguido se produce una difusión intermolecular entre ambos sustratos llamada “autoadhesión”.

El proceso se puede observar de manera más intuitiva en la Figura 14, donde se indican el contacto íntimo inicial, seguido de una difusión parcial de las cadenas poliméricas y por último la difusión completa en la que ya no hay entrecaras entre ambos sustratos. Ha de tenerse en cuenta que los tiempos característicos de esta etapa difieren de unos materiales a otros en función de la temperatura a la que se alcance la viscosidad adecuada.

En general, los polímeros amorfos(**PVC**) requieren mayores tiempos de consolidación cuanto más próxima esté la temperatura de proceso a la T_g , mientras que para los semicristalinos sea cual sea la temperatura de trabajo, dentro del intervalo entre la T_m y la $T_{degradación}$, los tiempos necesarios para una correcta consolidación son siempre menores.

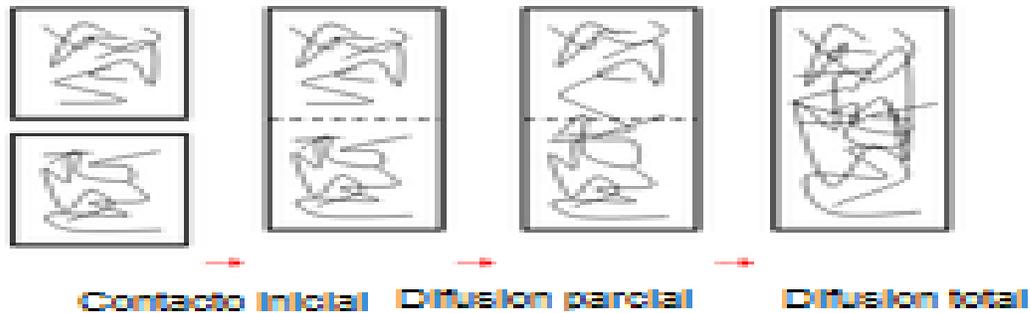


Figura 14:Autoadhesión

Enfriamiento

Como su propio nombre indica en esta etapa la resina se enfría, lo que conlleva la resolidificación de la misma. Durante esta fase es necesario mantener una presión adecuada hasta que la matriz alcanza la resistencia suficiente, ya que, de lo contrario se podrían producir delaminaciones y la operación no sería válida.

En función de las propiedades mecánicas que se quieran conseguir (más o menos cristalinidad) se requerirá una velocidad de enfriamiento u otra, por lo que el proceso de enfriamiento debe estar en todo momento controlado.

Métodos para el proceso de la soldadura

Tal como se mencionó anteriormente, existen diversos métodos de soldadura que atienden principalmente al modo en que se consigue la temperatura requerida para el proceso, siendo unos más convenientes que otros en función del material a soldar. Debe prestarse especial atención a las características de cada método si se trabaja con materiales compuestos, ya que se pueden producir daños en la fibra.

La máquina consta de 6 actuadores neumáticos tipo cilindro controlados por las electroválvulas comandadas por las señales eléctricas del PLC (Figura 16). Los bloques longitudinales y transversales del molde son operados por dos cilindros que permiten la apertura y cierre del molde. Otro cilindro activa el brazo de la resistencia para que suba y transfiera calor a la junta a soldar para activar el mecanismo de la brocha de limpieza una vez terminada la operación de soldadura. Los cilindros descritos anteriormente son los de más potencia.

Los cilindros de menor potencia se utilizan para la activación de sendas agujas extractoras de la junta. Todas estas operaciones son comandadas mediante la interconexión de las válvulas y los cilindros por medio de mangueras plásticas acopladas a los conectores.

Para el control del molde se utilizan válvulas de control de 5 fases que controlan las electroválvulas que atienden las funciones de las agujas, el soplado y el vacío.

La máquina se conecta al compresor de aire mediante un tubo metálico pulgada que debe estar firmemente fijado a la conexión entrante (conexión desde el compresor). El compresor debe garantizar una presión mínima de 6 bar para el buen funcionamiento del equipo.

1.1.5. Máquinas auxiliares

En el proceso de producción de la junta se requiere el empleo de diferentes tipos de máquinas auxiliares que permiten preparar la junta para su posterior soldadura: La máquina para el corte transversal del perfil (Figura 17), la cual permite dimensionar los perfiles a una medida aproximada de la junta a soldar puesto que estos perfiles poseen un largo de 5,36m. Esta máquina fue una innovación desarrollada en la fábrica.



Figura 17: Vista de la máquina del corte transversal

Máquina para corte en ángulo (Figura 18): Esta máquina es la que realiza el corte a 45° en las esquinas de los perfiles y lo lleva a una medida aproximada a la medida final. Esta máquina opera al igual que la de soldar junta mediante presión de aire para subir y bajar el motor y corriente eléctrica para el funcionamiento de este.

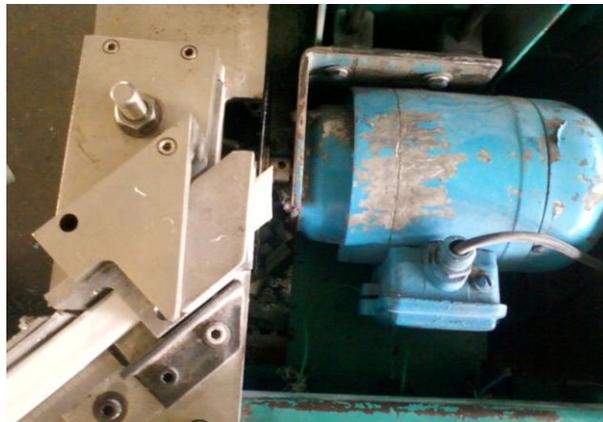


Figura 18: Vista superior de la máquina de corte del perfil a 45°

Máquina para el corte de la ferrita o perfil magnético (Figura 19): Con esta máquina se realiza el corte en las esquinas llevando la ferrita a la medida final de la junta. Ella trabaja con presión de aire.

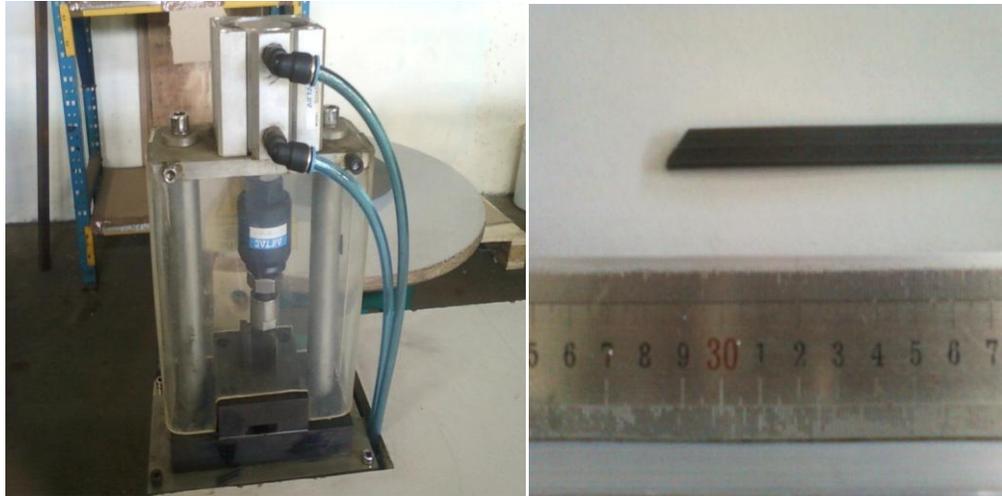


Figura 19: Vista de la máquina del corte de la ferrita

1.1.7. Medidas de seguridad para los operarios

Los troqueles que contienen los moldes al cerrar, pueden aprisionar la mano del operador, produciéndole daños considerables que pueden inutilizarlo de por vida. Para disminuir el riesgo de accidentes la máquina está provista con un dispositivo fotoeléctrico de seguridad que permite que si se pasara o se pusiera la mano en el área de peligro, la máquina se detenga llevando los troqueles y la resistencia a una posición segura. No se debe tocar el dispositivo fotoeléctrico de seguridad durante el funcionamiento del ciclo de trabajo. Cuando ambos lados del troquel (izquierdo y derecho) están cerrados el dispositivo se anula.

En casos extremos, cuando se termina el trabajo u ocurre una emergencia se empuja el botón de emergencia se detiene la máquina. Si se desea reiniciar las operaciones debe dársele un giro al botón de emergencia para desbloquearlo y se acciona el botón de “Empiece auxiliares” para poder comenzar a trabajar.

Las soldaduras se realizan en un ciclo de 11-14s. Si el juego de tiempos de las soldaduras (ciclo automático) no es correcto el sistema cancelará una o varias acciones durante el proceso automático de soldadura. Si es ajustado el tiempo de soldadura para que se mantenga en el ciclo de 11-14s entonces funcionará en condiciones normales.

Si el dispositivo fotoeléctrico de seguridad detecta algún objeto en el área del molde se inhabilita el trabajo de la máquina y evita de esta forma que se produzca un lamentable accidente que pueda dañar las manos del operario. En este caso será necesario retirar el objeto que bloquea el dispositivo para que la máquina pueda recuperar su normal funcionamiento [4].

Capítulo 2: Diagnóstico y reparación del equipo

En los lineamientos del Partido, específicamente en el No. 117 se plantea: "Constituirá la primera prioridad las actividades de mantenimiento tecnológico y constructivo en todas las esferas de la economía"[24], razón por lo cual es fundamental para el desarrollo del país que las industrias planifiquen un buen mantenimiento de las tecnologías ya existentes. Por eso, es necesario se realice permanente un adecuado diagnóstico del estado de las máquinas para el proceso productivo y garantizar así su óptima utilización que permita altos niveles de eficiencia y productividad.

Para hacer un correcto diagnóstico de la máquina se deben conocer sus partes fundamentales para poder diagnosticar las principales fallas que pueden ocurrir antes o durante su ciclo de trabajo para su puesta en marcha inmediata.

2.1. Descripción del equipo

Esta máquina posee una mesa de 2x2 m, que es el área de trabajo del operario (Figura 1). El calor necesario para la soldadura es producido por dos resistencias eléctricas, cuya temperatura es medida mediante 2 termopares y se verifica con un control eléctrico ajustable por el usuario. El tiempo de calentamiento de la junta en el molde se dispone en otro control ajustable de acuerdo al tipo de perfil de la junta. También posee una bomba de vacío que sirve para que la junta se pegue al molde y así lograr una mejor calidad en la soldadura. Todos los sistemas son accionados por presión de aire y son controladas las operaciones por un PLC marca OMRON que posee la máquina[2].

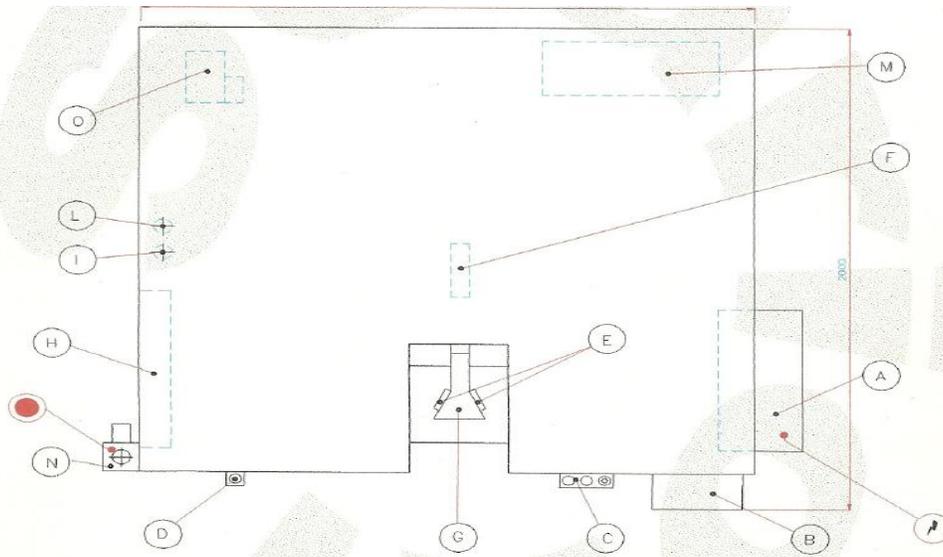


Figura 20: Estructura de la máquina [2]

Principales componentes de la máquina

La máquina MFT-2A (Figura 2) permite soldar juntas para refrigeradores cuenta de un cabezal de soldadura en el que se calientan los perfiles, acercándoles una resistencia eléctrica que le suministra calor hasta el punto de fusión del perfil. El cierre del molde ocurre mediante la activación de dos cilindros neumáticos (longitudinal y transversal), que permiten que las dos partes unidas se fundan en una unión permanente; dos agujas que posee el molde en su interior intervienen en el proceso e inyectan aire para el enfriamiento de la junta y luego hacen vacío en la cámara del molde para garantizar el despegue de la junta de las paredes del molde. Otras dos agujas metálicas ejecutan la extracción completa de la junta que se encuentra en el molde. El control de todas estas operaciones se encuentra estrictamente controlado eléctricamente por la unidad inteligente que constituye el PLC marca OMRON. Más adelante se especifican mejor las características y funciones del equipo.

Principales partes componentes de la máquina

En la estructura de la máquina se encuentran los siguientes elementos: (A) Panel de control general: (B) Panel de control: (C) Panel de control de operaciones (izquierda): (D) Panel de control de operaciones (derecha): (E) Microswitch de cierre del molde: (F) Pistón de cierre del molde: (G) Lámpara y extractor de gases; (H) Panel de control de válvulas: (I) Válvula de vacío 2: (L) Válvula de vacío 1: (M) Bomba de vacío: (N) Conexión de aire comprimido(Figura 20).

Panel de control general: El interruptor (1) se utiliza para dar la entrada de aire al molde, (2) es para el encendido y apagado de la resistencia, (3) es para el encendido y apagado de la luz que se encuentra ubicada encima del molde, (4) es el indicador de que se encuentra encendida o apagada la resistencia, (5) es el interruptor general de la máquina y (6) es el PLCOMRON que es el que controla eléctricamente todas las funciones de la máquina. (Figura 21).



Figura 21: Panel de control general

Panel de control (Figura 22): Los visualizadores (1 y 2) se utilizan para controlar la temperatura de la resistencia, el(3) es para controlar el tiempo de calor que se le da a la resistencia y el (4) es el selector de regímenes con el que se da el precalentamiento a la máquina o el ciclo de trabajo automático.



Figura 22: Panel de control:

Panel de control de operaciones (izquierdo) (C): Está compuesto por 3 botones: el botón de emergencia para la parada inmediata por cualquier problema ocurrido en la máquina, el de arrancada de la máquina (Empiece auxiliares), para puesta en marcha de todos los elementos para la soldadura de junta y uno de comienzo de ciclo (Empiece el ciclo), que sirve para comenzar el ciclo de soldadura de la junta.

Panel de control de operaciones (derecha) (D): Presenta un botón para el comienzo de ciclo (Empiece el ciclo), para la soldadura de la junta.

Nota: Estos 2 botones (Figura 23) Empiece el ciclo que se encuentran ubicados en los paneles de control C y D se ponen independientes para evitar que el operario pueda tener un accidente de trabajo por tener una mano dentro del molde.

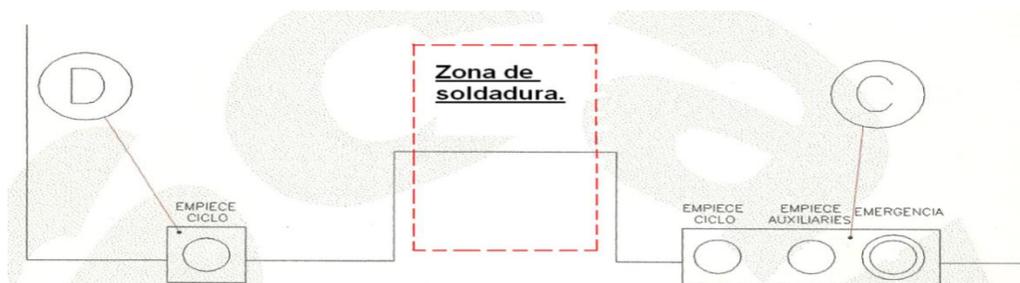


Figura 23: Representan los paneles de control de operaciones C y D. (C y D en la Figura 20).

Microswitch de cierre del molde (E): Permite el cierre del molde y la ejecución posterior del proceso de ajuste de las juntas. (Están señalados en la figura 24).

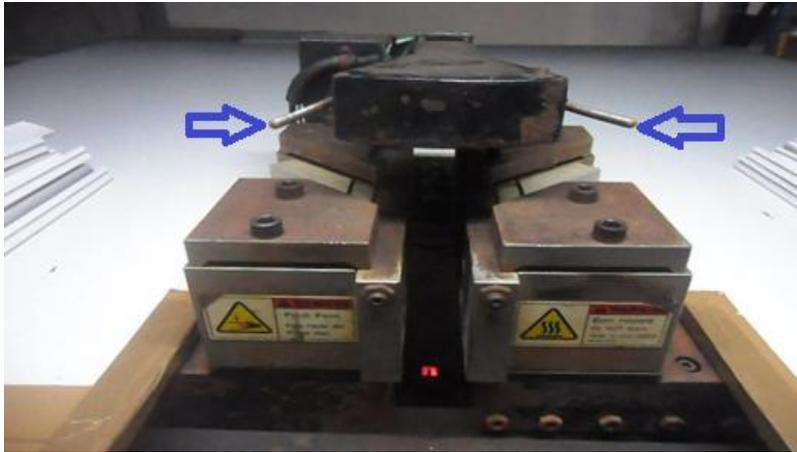


Figura 24: Vista del cabezal de soldadura

Pistón de cierre del molde (F): Este actuador neumático constituye el elemento que proporciona la fuerza necesaria para ejecutar el cierre transversal del molde y posteriormente el ajuste de las juntas.

Lámpara y extractor de gases (G): La función de la lámpara permite mejorar la visibilidad del operario en el área de trabajo y el extractor de gases, la extracción de los gases que provienen de la soldadura minimizando su efecto nocivo a la salud del operario. (Se encuentran ubicados entre los dos microswitch que cierran el molde parcialmente (Figura 24).

Panel de válvulas (H) (Figura 25): Está compuesto por válvulas que se relacionan con el funcionamiento de cada operación realizada en el molde. Las válvulas de vacío (1) sirve para regular la salida del vacío por la parte izquierda del molde, mientras que la válvula de vacío (2) sirve para regular la salida del vacío por la parte derecha del molde. La conexión de aire comprimido (3) regula la entrada del aire comprimido que tiene la máquina.

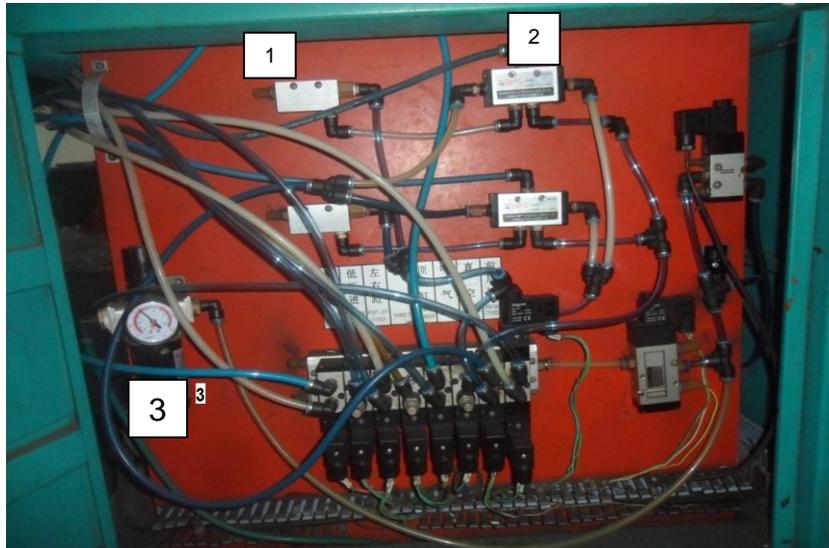


Figura 25: Panel de válvulas (H).

Por su parte la bomba de vacío (1) (Figura 26) realiza el vacío necesario en el molde para la soldadura de la junta y se encarga de hacer la extracción de los gases que provienen de la soldadura hacia el exterior de la máquina.



Figura 26: Bomba de extracción de gases

Cabezal de soldadura

La soldadura de la junta se produce en un cabezal que permite orientar y posesionar la junta para su calentamiento por el tiempo necesario para que se fundan los extremos del material a unir. El cabezal (Figura 27) está integrado por los siguientes componentes: (1) Base roscada para los topes de los moldes delanteros: (1-1; 1-2; 1-3; 1-4) Soporte de los moldes para la soldadura de la junta: (1-6) Orificios de vacío y enfriado de la soldadura de la junta, estos se encuentran insertados en el molde. Vista A-A: (1-7) Topes delantero límite para el ajuste de los moldes. Vista A-A: (2) Ejes de sujeción de las agujas extractoras de la junta del molde: (2-1) Orificio para las agujas extractoras en el molde de sujeción de la máquina: (2-2) Placa de soporte de las agujas extractoras de las juntas: (3) Pistones para el accionamiento del mecanismo de las agujas: (4) Junta a soldar: (5) Molde o soporte para la junta: (6) Pistón longitudinal y (7) el pistón transversal.

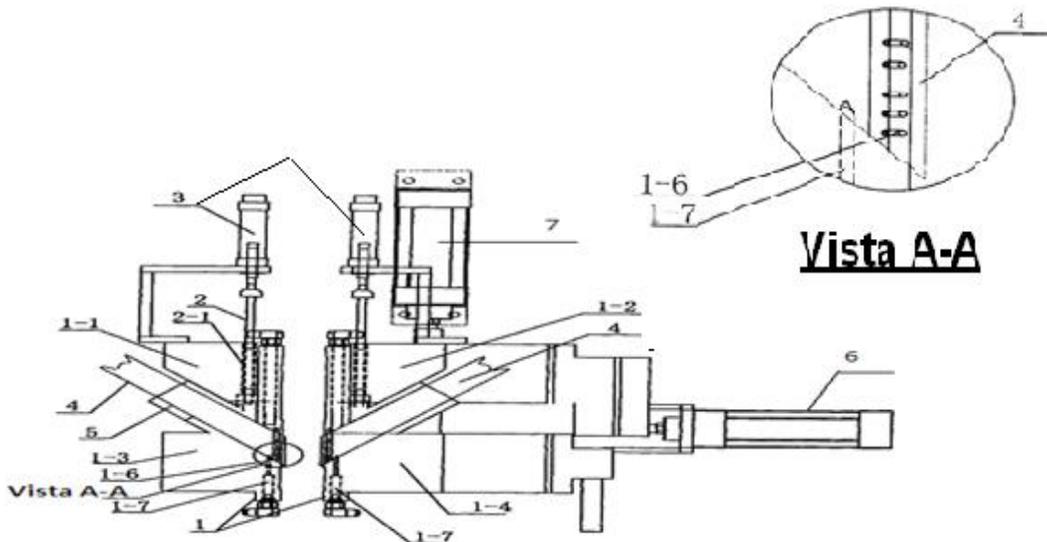


Figura 27: Cabezal de soldadura de la junta

Partes principales de la máquina MTF-2A

Las partes principales de la máquina(MTF-2A) son: el molde, área de soldadura, el sistema de control eléctrico donde se comandan mediante un PLC todas las operaciones que realiza la máquina, el sistema de válvulas que es el que alimenta el aire a los cilindros neumáticos que realizan todas las operaciones mecánicas de la máquina.

Secuencia de trabajo

La operación de soldadura se basa en el cumplimiento de una secuencia muy bien definida: (1).Comienza con la inserción de los perfiles en el molde por parte del operador ajustándolos a la distancia de 1-2mm fuera de los bordes del molde; (2).Se accionan los botones de comenzar el ciclo (Figura 23); (3).La resistencia se levanta, funde los extremos de las juntas y retorna a su posición inicial;(4).Se cierran totalmente los moldes. (5). Salen las agujas que tiene el molde en su interior introduciéndose en las juntas e inyectando el aire para el enfriamiento de la soldadura y luego a través de ellas se hace un vacío que permite extraer la junta soldada sin distorsión de su estructura (en esta fase se produce la soldadura de los bordes de la junta); (6). Actúa el cilindro transversal abriendo la sección transversal del molde. (7). Salen las agujas extractoras y sacan la junta del molde. (8). Se abre la sección longitudinal del molde y el operador puede tomar la junta. Durante la extracción debe mover los dos microswitch (Figura 24) para que accione el cierre a lo largo de los moldes. Ahora el operador puede insertar los nuevos perfiles y puede empezar un nuevo ciclo.

2.2. Diagnóstico de fallas

La máquina MFT-2A ha presentado fallas en el proceso de soldadura de las juntas para equipos de refrigeración que dificultan o imposibilitan su empleo, lo cual provoca interrupciones en el proceso de producción y no permite lograr un ritmo adecuado y una eficiencia que responda a las exigencias del proceso productivo.

En el presente epígrafe se especifican las principales fallas presentadas por el equipo, así como las posibles soluciones que permitan mantener de alta este equipamiento. A partir de la experiencia adquirida en la explotación de la máquina y teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante, se brindan además un grupo de medidas necesarias para confeccionar el plan de mantenimiento. Dentro de las fallas detectadas se encuentran las que imposibilitan la operación de la máquina y otras que pueden disminuir sus prestaciones afectando la productividad: Estas serán clasificadas en fallas neumáticas y eléctricas.

Procedimiento de diagnóstico de fallas

Para diagnosticar las fallas se comienza por dar presión de aire a la máquina, se verifica el nivel de presión presente en el manómetro de entrada. Si este tiene baja presión y no es capaz de mantenerla, se revisa cada elemento del sistema neumático para encontrar el desperfecto. En la parte eléctrica se energiza la máquina y se revisa cada elemento de la máquina comenzando por la resistencia y cada uno de los elementos.

Fallas detectadas en el sistema neumático

1) Se dañan los conectores de los tubos de aire y vacío: Esto ocurre por la acción mecánica de la presión neumática durante el uso de los conectores en condiciones de alta temperatura. Principalmente los conectores que se encuentran acoplados al molde se comienzan a desgastar y provocan diferentes tipos de ruptura que provocan escapes y pérdidas de presión.

2) Escapes en conductos: Esta máquina utiliza conductos de polipropileno que después de un tiempo de uso, comienzan a endurecerse perdiendo flexibilidad y resistencia, como consecuencia de los movimientos de sus partes y la acción mecánica del aire a presión que circula por ellas, comienzan a fracturarse provocando la pérdida de presión del sistema. (Figura 28)

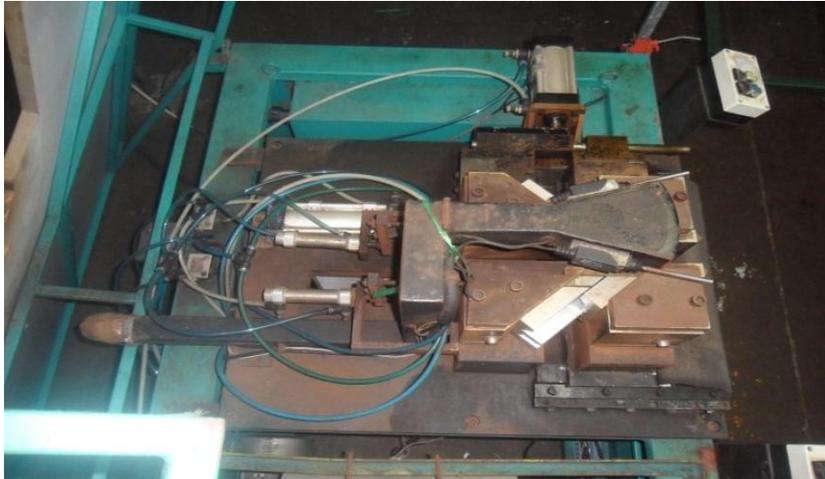


Figura 28: Conectores de aire del cabezal de soldadura

3) Inacción de una electroválvula activada eléctricamente: Ocurre cuando la válvula presenta un desperfecto mecánico en su interior que le impide actuar cuando se le envía la activación eléctrica. La máquina se paraliza, aún teniendo presión de aire y corriente lo cual afecta el ciclo de trabajo

Fallas de control (Eléctricas)

1) Deficiente control del tiempo de soldadura. (Tiempo de calefacción demasiado largo o corto): El tiempo de calefacción óptimo varía con el tipo de materia prima empleado, por lo que se requiere que el operador ajuste manualmente el temporizador y la temperatura de la resistencia (Figura 22).

2) Resistencia abierta: Generalmente esta falla impide el calentamiento de la junta y por tanto su adecuada soldadura. Se produce cuando la resistencia eléctrica se abre a causa del desgaste producido por la intensa operación y el normal degradación por envejecimiento de la misma y deja de conducir corriente eléctrica. Esta resistencia debe cumplir con los parámetros establecidos por el fabricante.

3) Deficiente control de la temperatura de la resistencia: El control de temperatura es esencial para aportar la cantidad de calor exacta que requiere el proceso y que es necesario mantener controlado la temperatura en el bloque de las resistencias por medio de termopares y circuitos electrónicos que controlan el

voltaje a suministrar a la resistencia eléctrica y así su temperatura. Esto conlleva a que cuando hay un cambio de perfil duro a uno más blando se provoca la quemadura de la junta por exceso de calor o el despegue de la soldadura de la junta por falta de calor.

4) Demora en la terminación del ciclo de soldadura: Los ciclos de soldadura deben estar temporizados mediante el PLC, por lo que si alguno de ellos falla o se demora, se afecta la producción total del equipo. El último paso de la soldadura presenta demoras que perjudican el proceso productivo.

5) Falta de regularidad en el voltaje de la resistencia: Pérdida de calidad en la soldadura por descontrol del voltaje que alimenta a la resistencia

2.3. Reparación del equipo

Una vez determinadas las fallas presentadas se trazaron estrategias para resolver los problemas que impedían el normal funcionamiento del equipo y así poder solucionar los más críticos, estableciendo un orden de prioridad.

Sustitución de la resistencia

Sin la resistencia es imposible calentar los perfiles, por lo que el primer paso en la reparación será precisamente el que nos permita encontrar una solución para sustituir la resistencia que posee este equipamiento de fábrica.

Por falta de disponibilidad e información sobre las resistencias suministradas por los fabricantes y por no disponer de la posibilidad de adquirir resistencias de repuesto; se hizo necesario encontrar una solución factible a partir de los recursos presentes en la fábrica. Se comprobó que las resistencias utilizadas en las hornillas eléctricas de fabricación china eran capaces de suministrar la potencia calorífica necesaria para el proceso. La tarea fundamental sería adaptar mecánica y eléctricamente las resistencias al equipo, de forma que no se interrumpiera el normal funcionamiento del equipo y la calidad del proceso.

Para esta adaptación se requirió de una innovación que consistió en crear un soporte capaz de acoplarse mecánicamente a la base original del equipo, una vez eliminadas las resistencias de fábrica. El soporte (Figura 29) se realizó con barras cuadradas de acero de bajo contenido de carbono CT3 de 8mm, acopladas a cada resistencia mediante discos de soporte maquinados en torno del mismo acero a la medida de la resistencia (Figura 30). De estos dos soportes uno posee un orificio central pasante sin rosca por el que penetra un tornillo de 8mm que se enrosca en el orificio roscado del soporte de la segunda resistencia.

Tecnología de soldadura del soporte

La soldadura de las piezas que componen el soporte se realizó con el proceso de soldadura manual con electrodo revestido (SMAW) utilizando un electrodo E6013 alimentado con una fuente de corriente directa y una corriente de soldadura de 160A. El cordón o punto de soldadura abarca el ancho de la barra de acero CT3 de bajo contenido de carbono y se realiza a ambos lados de la unión y en todas las divisiones que posee dicho dispositivo. Los puntos que van pegados al soporte con la base son los más reforzados. Estos deben ser de 8mm ya que son los que van a soportar el peso de los discos y las resistencias

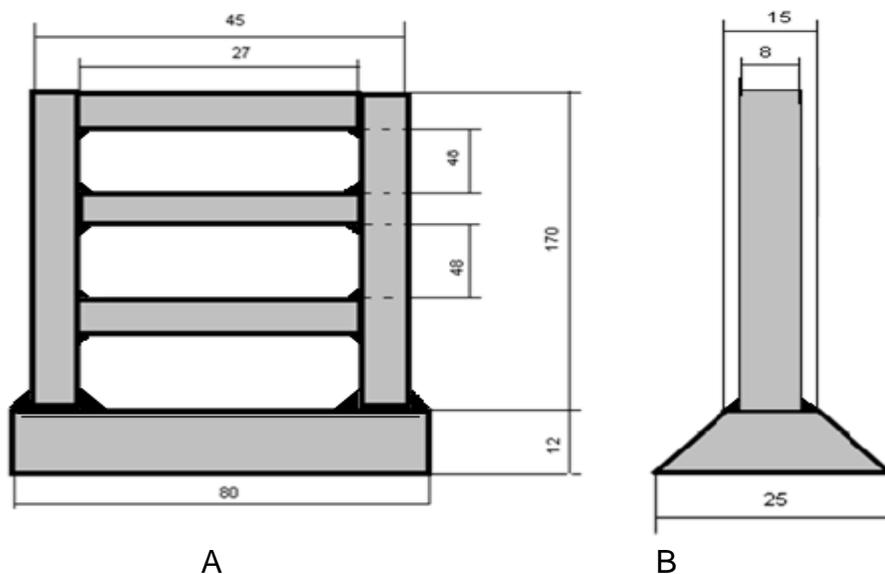


Figura 29: Soporte para la resistencia A: vista frontal; B: vista lateral



Figura 30: Discos de soporte y resistencias

Con esta solución se recuperó la fuente de calor indispensable para realizar la soldadura de las juntas y se sustituyeron las resistencias dañadas.

Control de temperatura

Para controlar la temperatura la máquina original utilizaba un circuito electrónico que permitía regular con gran precisión el voltaje de alimentación de la resistencia, controlando así la temperatura de la misma. Este circuito tomaba como referencia el valor de voltaje de la salida de los termopares proporcional a la temperatura de las resistencias. La temperatura necesaria para soldar podía ser fijada por el operario y automáticamente el circuito garantizaba un control preciso de la misma. Sobre los termopares utilizados no se tiene información que permita sustituirlos por lo que será necesario investigar sobre sus propiedades y características para poder resolver eficientemente este problema, siempre y cuando los Relay de control de voltaje de las resistencias, se encuentren en óptimas condiciones.

Producto de la carencia de los termopares adecuados, para encontrar una solución al control de la temperatura hubo que adaptar un transformador con diferentes derivaciones de voltaje (Figura 31) para transformar el voltaje que entra a la máquina, al voltaje necesario para garantizar la temperatura adecuada en la resistencia de acuerdo con las especificaciones del fabricante.



Figura 31: Transformador adaptado

En mediciones realizadas en las resistencias se determinó que la temperatura de las mismas oscila entre 180 y 260 °C por lo que sería posible instalar un termopar del tipo Cobre Constantán (T) y recuperar las funciones originales de la máquina.

Demora de la apertura total del molde.

Desde la adquisición de la máquina, la misma presenta una alteración importante del tiempo de terminación del ciclo automático de soldadura que afecta la productividad del proceso. Normalmente el tiempo de soldadura debe estar entre 11 y 14s según datos del fabricante. Actualmente este ciclo en el modo automático se extiende hasta más de 40s puesto que en este modo la señal de apertura del bloque longitudinal del molde demora unos 30s. Para reparar esta falla se realizó un estudio y se comprobó que los elementos activadores del cilindro se encontraban en buen estado y que la señal del PLC no llegaba para activar la electroválvula. Sin embargo, cuando se conmuta el interruptor entre los modos manual y automático se resetea la unidad inteligente e inmediatamente se abre el bloque longitudinal del molde permitiendo terminar el ciclo de soldadura.

La causa de este problema es que el programa interno del PLC, está configurado de manera tal que el ciclo de soldadura es mucho más extenso; posiblemente porque haya sido programado para la soldadura de otros tipos de perfiles que por sus características necesiten aún más tiempo. Para resolver este problema es necesario comunicarse con el PLC por medio de su consola de programación

CQM1-PRO01-E, utilizando el cable de conexión C200H-CN222. En el manual se muestran todas las operaciones de programación de la consola [25] por lo que será posible modificar el programa y resolver el problema cuando se disponga de tales tecnologías.

Reparación del sistema neumático

Los conectores de los tubos de aire y vacío necesitan ser cambiados, para lo cual se requiere desenergizar la máquina para ser reparados. Para esto debe ser apagada la resistencia y esperar a que transcurra el tiempo para su enfriamiento para poder efectuar los cambios de tales conectores. Los conductos neumáticos dañados deben ser también sustituidos siempre con cuidado de no dañar los conectores a los que van sujetos.

Cuando alguna de las electroválvulas presenta problemas mecánicos que impiden su actuación se produce la interrupción del ciclo de trabajo deteniéndose temporalmente la producción. Para solucionar este defecto es necesario localizar la electroválvula dañada mediante pruebas del sistema y una vez identificado el componente dañado se procede a su extracción y reparación. Esta reparación se realiza retirando las tapas superior e inferior de la electroválvula y reparando el sello de goma del pistón que generalmente se desgasta por la fricción, siendo necesario sustituirlo.

Control de temperatura

La mayor parte de los problemas de medición y errores con los termopares se deben a la falta de conocimientos del funcionamiento de los termopares. A continuación, un breve listado de los problemas más comunes que deben tenerse en cuenta.

Problemas de conexión

La mayoría de los errores de medición son causados por uniones no intencionales del termopar. Se debe tener en cuenta que cualquier contacto entre dos metales distintos creará una unión. Si lo que se desea es aumentar la longitud de las guías, se debe usar el tipo correcto del cable de extensión. Así por ejemplo, el cable de extensión T corresponde al termopar T. Al usar otro tipo se introducirá una unión termopar. Cualquiera que sea el conector empleado debe estar hecho del material termopar correcto y su polaridad debe ser la adecuada. Lo más correcto es emplear conectores comerciales del mismo tipo que el termopar para evitar problemas.

2.4. Tareas de mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema, directa o indirectamente, que afectan los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible. Además, estas tareas de mantenimiento, tienen como fin conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo, la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal.

El mantenimiento que se emplea en nuestra fábrica es el correctivo ya que se realiza el mantenimiento después del fallo. En nuestra empresa no se encuentra establecido el mantenimiento preventivo que serviría para mayor provecho y beneficio de todos.

Para el mantenimiento de la máquina debe planificarse un cronograma de mantenimiento y ejecutarse correctamente. En la tabla 2 se describirá este cronograma y como debe ejecutarse.

Tabla 2: Cronograma de mantenimiento.

Tareas	Mes del año											
	En ero	Febr ero	Ma rzo	Ab ril	Ma yo	Ju nio	Ju lio	Ago sto	Septie mbre	Octu bre	Novie mbre	Dicie mbre
A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D	X		X		X		X		X		X	
E			X			X			X			X
F			X			X			X			X
G			X			X			X			X
H						X						X
I							X					

Nota: El significado de las letras A, B, C....I, están definidas a continuación

- A. Chequeo y limpieza de las guías de los moldes.
- B. Chequeo de las conexiones eléctricas y neumáticas.
- C. Limpieza del manómetro de entrada del aire.
- D. Mantenimiento del molde.
- E. Mantenimiento a las válvulas y electro válvulas
- F. Mantenimiento a la bomba de vacío.
- G. Mantenimiento general a la máquina.
- H. Mantenimiento a los sistemas neumáticos.
- I. Comprobación del sistema operativo (chequeo del PLC)

Los componentes más expuestos a daños en su funcionamiento, son los que deben ser más chequeados o seguidos y debe dársele un mayor mantenimiento en el año.

Información general sobre el mantenimiento

Aparte de las medidas planificadas en la Tabla 2, para el buen trabajo de la máquina, es necesario ejecutar un chequeo periódico de todas las partes sujetas al trabajo y uso.

El mantenimiento extraordinario (debido al descanso, problemas y uso excesivo, etc.) en los casos no descritos, requiere la solicitud de ayuda obligada y previa consulta con el fabricante.

El mantenimiento ordinario y extraordinario debe ejecutarse sólo por personal calificado y experto.

El mantenimiento ordinario

Para ejecutar este mantenimiento debe desconectar los funcionamientos como la tensión eléctrica y la presión neumática[2].

El mantenimiento general

-Chequear periódicamente los componentes sujetos al uso, cuando los elementos móviles se apoyan a las guías de los moldes.

-Estar seguro que todos los componentes se lubrican con la grasa apropiada.

-Estar seguro que el molde se encuentra sin suciedad en todos los conductos que posee internamente.

-Verificar el uso de los componentes eléctricos periódicamente.

-Verificar que se encuentra limpio de polvo y de oxidación eventual dentro del panel de control.

-Vaciar los filtros por lo menos cada 15 días.

-Lubricar de grasa las guía del molde cada 30 días.

Lubricación de la máquina

La máquina está provista con boquillas para la lubricación por presión lineal precisa para lubricar. La lubricación de la máquina es muy importante. En la máquina debe usarse la lubricación de alta temperatura. El requisito de la lubricación es como sigue:

1) El molde lateral y longitudinal debe lubricarse todos los meses y antes de operar la máquina.

2) La parte del movimiento de la resistencia y la conexión de aire de la máquina, debe ser lubricado todos los meses.

3) El sistema neumático debe verificarse para asegurar que el aceite del filtro regulador esté nivelada, es requisito cada cambio antes de operar. El requisito de esa operación es que el lubricante se inyecte directamente con el cilindro de grasa después que haya sido desconectada la conexión del molde, para asegurar el sistema neumático y posteriormente sea conectada para un trabajo normal.

Seguridad: precauciones y puesta en mantenimiento

Cada función de mantenimiento debe ejecutarse después de haber apagado la tensión de la pizarra eléctrica o de la máquina en su totalidad.

Se recomienda a todas las personas que trabajan con la máquina (operador, ingeniero de mantenimiento) usar la ropa proteccionista, ropa pegada al cuerpo y los guantes para la prevención del accidente.

Será tarea de la persona encargada de la seguridad en el lugar de trabajo, garantizar el respeto a las reglas de seguridad reglamentadas [2].

Capítulo 3: Puesta a punto y pruebas del equipo

En este capítulo se explicarán las pruebas de los subsistemas reparados validando la solución propuesta y comprobando finalmente el funcionamiento general del equipo, mediante pruebas en soldaduras reales de juntas para la total inserción de la máquina en el proceso productivo. Finalmente se realiza una evaluación económica preliminar del trabajo realizado.

3.1. Prueba neumática

Después de arreglar la falla neumática, sea en los cilindros, en las electroválvulas o en los conductos de aire comprimido se realiza una prueba de fiabilidad dándole entrada a la presión de aire en la máquina, comprobando que se mantiene estable y es regulable la presión de aire en el manómetro. Esto garantiza la hermeticidad del sistema neumático, por lo que solo queda ejecutar el ciclo de precalentamiento que chequea todas las operaciones neumáticas, excepto la operación de cerrar y abrir el molde. De haberse solucionado la falla se continúa con el trabajo.

3.2. Prueba eléctrica

Una vez determinada y corregida la falla eléctrica del sistema se comprueba la recuperación de la función alimentando la máquina y chequeando que el equipo se encuentra energizado totalmente y sin riesgos de posible accidente. Posteriormente se realiza la prueba con el ciclo de precalentamiento y de haberse solucionado la falla se continúa con el trabajo.

3.3. Pruebas de Soldadura

El funcionamiento completo de la máquina se probó mediante experimentación directa en la soldadura de juntas. Para esto se planificó un diseño experimental de tipo factorial (Tabla 3) en el que las variables independientes serán el voltaje y el tiempo. Por cada valor de voltaje se realizan tres cambios en la variable tiempo. La variable dependiente o respuesta será la calidad visible de la junta en tres clasificaciones: 1. Mala calidad (falta de calor) (-5); 2. Buena calidad (0); 3. Mala calidad (exceso de calor).

Tiempo (s)	Voltaje (V)		
	120	190	230
6	E1	E4	E7
12	E2	E5	E8
18	E3	E6	E9

Tabla 3: Diseño experimental

Durante la realización de los experimentos se utilizó un voltímetro para medir el valor de voltaje suministrado a las resistencias, las cuales están conectadas en serie. El tiempo fue controlado mediante un temporizador regulable por el operario de adecuada exactitud. Los resultados se muestran a continuación (Tabla 4)

Tiempo (s)	Voltaje (V)		
	120	190	230
6	-5	-5	0
12	-5	0	+5
18	-5	+5	+5

Tabla 4: Resultados experimentales

Como puede apreciarse (Tabla 4) los resultados óptimos se obtuvieron en dos condiciones fundamentales. Las fotografías (E5 y E7) muestran el aspecto de las uniones obtenidas experimentalmente.

Análisis de resultados

La primera corrida experimental se realiza fijando un voltaje de 120V para la resistencia; variando el tiempo de soldadura (tiempo que permanece la resistencia dándole calor a los perfiles en el molde) en tres niveles (Tabla 3)

En la (Figura 32) (E1, E2, E3) se aprecia que a este voltaje no se garantiza suficiente calor para soldar la junta en ninguno de los tiempos. Esto ocurre porque para ese voltaje la energía disipada en forma de calor por la resistencia no es suficiente para fundir el perfil.

Como se aprecia en la Figura 32 (E4, E5, E6) cuando se suelda con un voltaje de 190V se aprecian los tres resultados (-5, 0 y +5), lo cual indica que la diferencia de tiempo de suministro de calor a la junta, es la que determina la calidad de la

misma para este voltaje. Apreciándose que se obtuvo una buena calidad en la terminación de la soldadura con un tiempo de soldadura de 12 s y un voltaje de 190V.

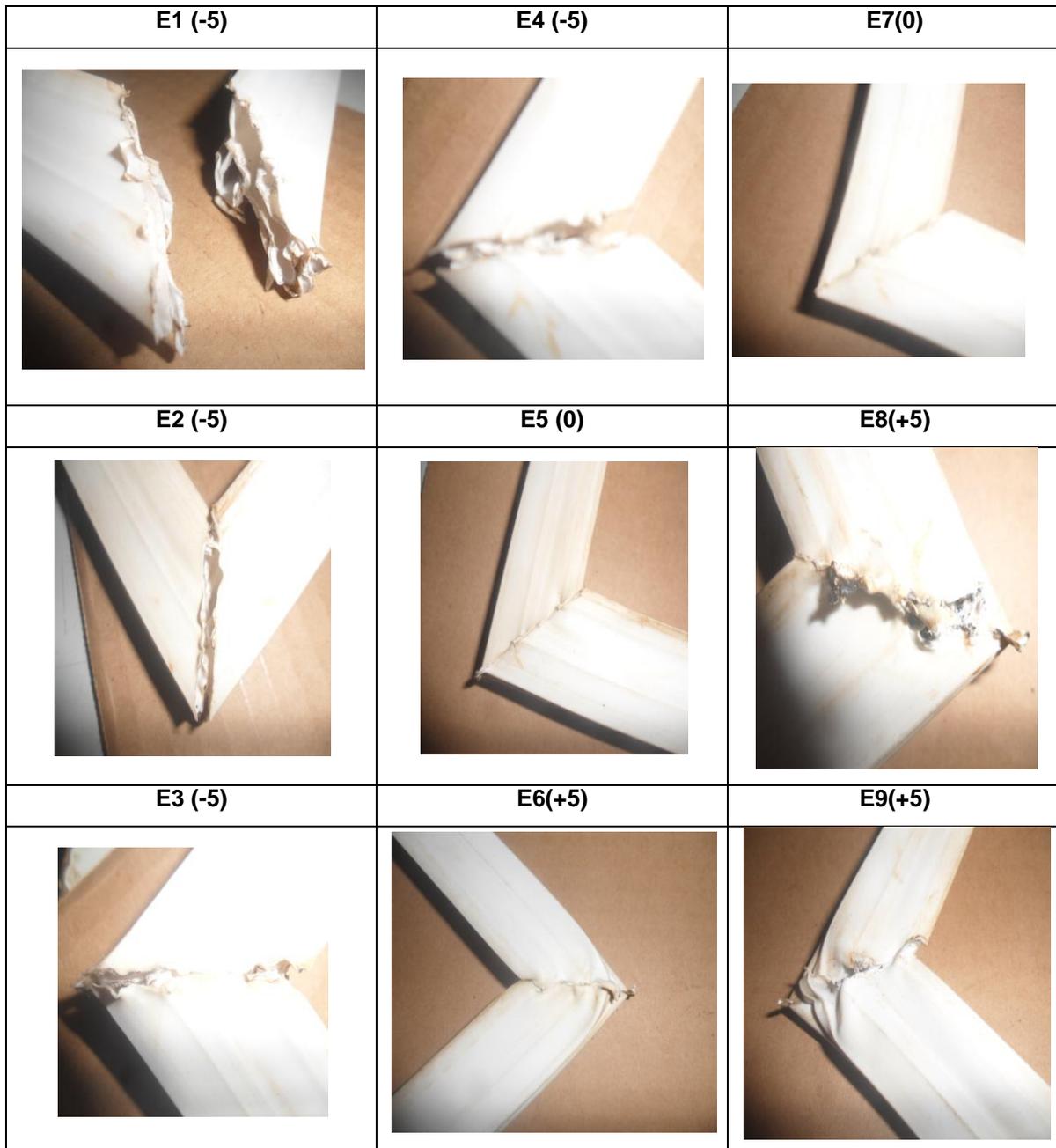


Figura 32: Fotografía de las uniones soldadas

Donde: E1(120V,6s); E2(120V,12s);E3(120V,18s);

E4(190V,6s);E5(190V,12s);E6(190V,18s);E7(230V,6s);E8(230V,12s);E9(230V,18s

)

Durante la experimentación con el último nivel de voltaje (Tabla 3, 4 y Figura 32) se aprecia que se tuvo el suficiente calor para terminar de soldar la junta y una buena calidad en la terminación de la soldadura con un tiempo de soldadura de 6 segundos y un voltaje de 230V. Sin embargo, para tiempos mayores la energía fue demasiado grande y se provocaron quemaduras de la junta.

Dos combinaciones de voltaje y tiempo brindaron una unión excelente. Una de ellas con 190V y 12s, y la otra con 230V y 6s. En el primer caso teniendo en cuenta que la potencia consumida es $P=U^2/R$, donde U es el voltaje aplicado a la resistencia y R es la resistencia del conjunto en serie y que la energía consumida es $E= P.t$, se puede calcular $P=1504.16W$ y por lo tanto $E=18050J$. Para el segundo caso $P=2204.16W$ y la energía $E=13225J$, de donde se infiere que el caso E7 es más económico y se obtiene una junta de similar calidad al caso comparado. El suministro de un voltaje de 230V a la pareja de resistencias en serie impone un voltaje 115V a cada una, llevándolas al límite especificado por el fabricante y así la corriente que circula por ellas será mayor, lo cual las somete a un régimen de trabajo mucho más intenso que atenta contra la extensión de su vida útil. Una relación, entre duración de la resistencia y ahorro de energía, es requerida para seleccionar la combinación óptima de las variables de entrada. Existe un 26.73% de diferencia del consumo de energía y el límite superior de voltaje para el uso de estas resistencias. El fabricante especifica el consumo (120V) lo que posibilita seleccionar el régimen de 230V y 6s, que será el recomendado para la realización de las producciones con este tipo de material.

3.4. Análisis económico

El precio actual de una máquina de ciclo automático modelo MTF-2A oscila entre los 7000-30000 USD en el mercado internacional. Este equipo después de haber llegado al taller y haber sido utilizado por un tiempo, presentó un fallo catastrófico que impidió su empleo en la producción de juntas soldadas.

3.4.1. Costo por la parada del equipo

Para la realización de un análisis económico preliminar sería importante el cálculo del daño económico que se presentaría en el taller por rotura de la máquina si estuviera parada por un día, por una semana, por un mes y por un año en la producción basado en la producción realizada en el año 2012 (que fue de un valor de 44 680.0 CUC y de 590 870.0 MN) tomada como referencia al comenzar este trabajo.

Costo en divisa

Al evaluar los costos en pérdidas por rotura en la máquina en la producción de la brigada con un solo turno de trabajo en días laborables (lunes a viernes), el valor de cada junta producida de 1,59 CUCy con un promedio en la producción de unas 98 juntas diarias se dejarían de ingresar 155.14CUC en un día, en una semana sería 775.7CUC y en un mes (24 días) 3 723.36CUC.

Costo en moneda nacional

Para evaluar los costos en pérdida por rotura de la máquina en la misma producción en la brigada con un solo turno de trabajo en días laborables (lunes a viernes), el valor cada junta producida de 23.27 CUP se dejaría de ingresar 2 051.63CUP en un día, 10 258.15CUP en una semana y en un mes (24 días) 49 239.17 CUP.

Costo de la parada por el control de la temperatura

El motivo que inutilizó a la máquina fue la ruptura de las resistencias originales de fábrica debiéndose eliminar los termopares que estaban conectados al Relay para el control de la temperatura de la máquina. Al efectuar este cambio se extrajeron los termopares que estaban conectados a los Relay de control del voltaje de alimentación de las resistencias, inhabilitando el control de la temperatura en la misma y sin posibilidades de recuperar la información del tipo de termopar a emplear. Para poder resolver dicho problema se adaptó un transformador para la regulación del voltaje y controlar la temperatura en la resistencia. Esta reparación

tuvo un costo de 781.93 CUP en la modificación para poder reutilizar este equipo ya que sin esta innovación no se podría utilizar y conllevaría a grandes pérdidas para la economía.

La adaptación de nuevas resistencias a la máquina costó teniendo en cuenta el salario del personal implicado y el de las resistencias aproximadamente 500 CUP.

A esto se le debe adicionar un costo de 300 CUP para el pago de búsquedas de información en la oficina nacional de patentes OCPI, y otros gastos propios del autor del presente trabajo en transporte, alimentación en funciones de trabajo. La suma total del costo de la reparación es de aproximadamente 1600 CUP.

Teniendo todo esto en cuenta se demuestra que el costo de la reparación realizada en un mes (1600) es muy inferior al gasto en que se incurre cuando el equipo deja de producir en el mismo período de tiempo (49 239 CUP y 3723.36 CUC).

Respecto al costo del equipo nuevo (7000 a 30 000 USD), estos gastos son insignificantes, por lo que se demuestra la factibilidad económica del trabajo realizado en la presente investigación.

Conclusiones

1. Una vez realizado este estudio la máquina MTF-2A ha sido instalada cumpliendo las normas establecidas para su correcto uso, atendiendo a las medidas de seguridad e higiene del trabajo y explotación referida por los fabricantes.
2. Las fallas relacionadas con el cabezal de soldadura han podido resolverse con la adaptación de dos resistencias de hornillas eléctricas en serie y la instalación de un transformador de voltaje para el control de la temperatura de las resistencias; demostrándose experimentalmente que ha sido posible recuperar la calidad original de las juntas soldadas, cumpliendo con el objetivo definido en el presente trabajo.
3. Las medidas de mantenimiento que se especifican pueden ser llevadas a cabo en las condiciones actuales, garantizándose la preservación del equipo y recuperando las capacidades perdidas, evidenciadas en la ocurrencia de fallas que pudieron ser resueltas con la realización del presente trabajo.
4. El análisis de factibilidad económica de la reparación de la máquina arroja que es perfectamente posible recuperar este tipo de equipamiento cuando se tiene la información necesaria y un mínimo de recursos para acometer la recuperación de piezas y componentes de la misma; ya que siempre será mucho más económico realizar este trabajo que adquirir una nueva máquina en el mercado mundial.

Recomendaciones

1. Continuar los estudios sobre este tipo de máquinas con vistas a obtener cada vez mejores soluciones en la recuperación de las funciones originales de las mismas.
2. Es necesario adaptar termopares del tipo Cobre-Constantán (T) a las resistencias sustituidas y reconectarlos a los Relay de control para recuperar así la función del control de temperatura eliminando el transformador adaptado.
3. Para corregir el funcionamiento de la unidad inteligente PLC, regulando el tiempo de apertura final que puede haber sido programado para la soldadura de materiales que requerían más calor se necesita reprogramar el PLC, mediante el acople del mismo a su consola de programación CQM1-PRO01-E mediante el empleo de una interface de comunicación C200H-CN222.

Referencias Bibliográficas

- [1] Ernesto Guevara De La Serna (Che). Discurso de inauguración de la INPUD. (1964)
- [2] **Manual de la máquina Italiana.** Magnetic gaskets welding machine. Scarioni Srl vía per Castelletto 19/21 Albairate (MI) Italia. e@mail:scarioni@netsys.it
- [3] Plan de producción 2012 para la junta del taller Electrodoméstico.
- [4] **Manual de la máquina China.** Qingdao Hengjun Equipment Manufacturing [HTTP//www.qdhengjun.com](http://www.qdhengjun.com) E-MAIL: qdhengjun@163.com. Limited Company. No.1 JiAn Road Si Fang District Qingdao.
- [5] Machinery e.s. URL: [HTTP//www.Machinery/n.e.s.com](http://www.Machinery/n.e.s.com). Consultado el 25 de Mayo del 2014.
- [6] Manual para moldes y tratamiento térmicos. F.RAMADA AÇOS E INDUSTRIAS S.A.
- [7] Refrigerator door gasket mould design and manufacture.htm en: <http://www.commodity-mould.com> Consultado el 6 de Marzo del 2014.
- [8] Manual de pistones SXPC SHANGAI XINGYICK PNEUMATIC
- [9] Manual de control de válvulas de dirección SXPC SHANGAI XINGYICK PNEUMATIC
- [10] Manual de operación para controles programables CPM1- A
- [11] Alibaba: URL [HTTP//www.qdjigan.en.alibaba.com](http://www.qdjigan.en.alibaba.com)
- [12]. Extraído de los apuntes de {Material INPUD}
- [13] Qingdao Hengjun Equipment Manufacturing [URL HTTP//www.qdzhenxiong.en.alibaba.com](http://www.qdzhenxiong.en.alibaba.com). Consultado el 20 de Mayo 2014.
- [14] *Semiconductors Thermoelements and Thermoelectric Cooling*, de A. F. Ioffe. Infosearch Ltd. (1956).
- [15] John Wiley and Sons. *Thermoelectricity*, de P.H. Egli. (1960).
- [16] Abraham Ioffe. *Semiconductor Thermo-elements*, Akademia Nauk (1960).
- [17] D. Pountinen. *Thermoelectricity and Thermoelectric Power Generation*, de Solid States Electronics (1968).

- [18] J. Keizer. Springer-Verlag. *Statistical Thermodynamics of Nonequilibrium Processes*(1987).
- [19] J. M. Redondo U.P.C. *Enfriamiento y Conversión de Energía Mediante Elementos Termoeléctricos*(1992).
- [20] D.M. Rowe. *CRC Handbook of Thermoelectrics*. Press (1995).
- [21] Anatyshuk y Lukian. *Physics of Thermoelectricity*, Institute of Thermoelectricity (1998).
- [22] Yuri Gurevich y Antonio Ortiz *Fuerza termoelectromotriz en semiconductores bipolares: nuevo punto de vista*". *Revista Mexicana de Física*. Vol. 49, págs. 115-122 (2003).
- [23] International Committee on Composite Materials. Asociación Argentina de Materiales. Society for the Advancement of Material and Process Engineering <http://www.quadrantplastics.com>
- [24] Documento del Partido Comunista de Cuba.
- [25] Manual de programación del PLC