RESUMEN

En el presente trabajo profesional se expone como resolvió un problema de una industria dedicada a la trefilación de alambrón de cobre para la fabricación de cables y cobre revestido usados como conductores de energía eléctrica.

En primer lugar, se describe por medio de documentos fotográficos el tipo de fallas superficiales que constituían una no conformidad del producto, luego se tomaron datos en planta de los parámetros relacionados con el sistema de producción existente, que tenían que ver con: la materia prima, agua de enfriamiento, los aceites lubricantes y las emulsiones, para sistematizarlos en un diagrama de proceso con sus entradas y salidas, que después de analizarlos fueron modificados y se eliminaron las fallas superficiales convirtiendo el producto aceptable en el mercado internacional.

La causa principal para inducir las fallas en el producto estaban relacionadas con las deficiencias del uso del aceite lubricante, sin poder realizar o efectuar prueba alguna en la máquina trefiladora, se utilizó una laminadora de laboratorio para simular el proceso de trefilación, ensayando cambios en los parámetros de laminación para encontrar la causa que promovía las

manchas, posteriormente se ensayaron tipos de lavado luego de la laminación y se tuvieron probetas planas de aspecto impecable.

Por último se recomendó un nuevo esquema de producción basados en la utilización de una caja de lavado, ubicada entre la trefiladora y el horno de recocido que como se demostró en los ensayos de laminación la deficiencia fue eliminada y también se recomendó utilizar las técnicas de laboratorio que ha desarrollado la Empresa Intramet, donde se realizó la Investigación.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN…….. II

ÍNDICE GENERAL……..……. IV

ABREVIATURAS……... VI

ÍNDICE DE FIGURAS……..... VII

ÍNDICE DE TABLAS……. X

INTRODUCCIÓN…… 1

CAPÍTULO I.

EVALUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA.

1.1. Proceso de trefilación de alambrón de cobre…….. 3

1.2. Parámetros de entrada y salida del sistema de producción……. 11

1.3. Calidad superficial del producto trefilado…… 14

1.4. Evaluación de la calidad de la materia prima y materiales……. 23

1.5. Debilidades del sistema de producción……. 37

CAPÍTULO II.

MODIFICACIÓN DEL SISTEMA PARA MEJORAMIENTO DEL PRODUCTO.

2.1 Simulación del proceso de trefilación por laminación del alambrón…… 41

2.2 Ensayos de laminación para reproducir defecto superficial cambiando parámetros……..…… 46

2.3 Evaluación de los resultados…….. 55

2.4 Cambios que deben realizarse al sistema para mejoramiento…. 57

CAPÍTULO III.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA MEJORA DEL SISTEMA

3.1 Costos por readecuación de intercambiadores de calor……. 78

3.2 Costos por readecuación de sistemas de tratamientos de agua… 88

3.3 Costos por control de calidad de los fluidos empleados en el sistema……. 91

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……. 96

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍAS

ABREVIATURAS.

ºC	Grados centígrados
cm	Centímetros
mm	Milímetros
m	Metros
ppm	Partes por millón

m/s	Metros por segundo
GPM	Galones por minuto
T	Temperatura
mg/l	Miligramos por litro

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Esquema de una línea de producción continua de cobre……... 4

Figura 1.2 Esquema de la trefilación de alambres ……..…. 5

Figura 1.3 Dado de trefilación…….…….. 7

Figura 1.4 Dado de trefilación y cajonera…… 9

Figura 1.5. Parámetros del sistema de producción……... 13

Figura 1.6. Bobina de cobre de alambrón de 8 mm…… 12

Figura 1.7. Micrografía correspondiente a la fusta 1.1…….. 15

Figura 1.8. Micrografía correspondiente a la fusta 1.2……. 16

Figura 1.9 Micrografía correspondiente a la fusta 1.23……. 16

Figura 1.10. Micrografía correspondiente a la fusta 1.3…….. 17

Figura 1.11. Alambre y Micrografía de muestra recocida……. 18

Figura 1.12. Alambre y Micrografía de muestra agria……. 18

Figura 1.13. Alambre y Micrografía de muestra almacenada…… 19

Figura 1.14. Probeta 1 de cobre trefilada hasta la fusta 1.23 mm de diámetro…… 20

Figura 1.15. Probeta 2 de cobre trefilada hasta la fusta 1.25 en estado agrio……... 20

Figura 1.16. Probeta 3 correspondiente a la bobina 1.23 al final de la línea de producción……..... 21

Figura 1.17 Micrografía correspondiente a la probeta 1 donde se observa la fase de grafito en la matriz del cobre…… 22

Figura 1.18 Micrografía correspondiente a la probeta 2 donde se aprecia la cantidad de grafito……. 22

Figura 1.19 Micrografía correspondiente a la probeta 3 donde se aprecian las partículas de grafito en la microestructura…… 23

Figura 1.20. Fotografía de las probetas ensayadas en máquina de rayos X…..……... 24

Figura 1.21. Probetas sin pulir……. 27

Figura 1.22. Micrografía correspondiente al alambrón de Ø 8mm de cobre en la que se aprecia la fase de cobre y la fase de grafito…….. 28

Figura 1.23. Micrografía correspondiente al alambrón Ø 4.21mm de cobre en donde se aprecia las variaciones de distribución de grafito en la matriz……..... 28

Figura 2.1. Aspecto superficial después de las 24 y 144 horas después del ensayo de laminación de la Prueba 3…… 54

Figura 2.2. Conjunto: recipiente de presión, manguera, manómetro y pistola…….. 70

Figura 2.3. Aplicación del vapor mediante rociador……... 70

Figura 2.4. Prueba 9.1, limpieza de la lámina de cobre con dos pases de vapor…… 72

Figura 2.5. Prueba 9.2, limpieza de la lámina de cobre con cuatro pase de vapor…….…… 73

Figura 2.6. Prueba 9.3, limpieza de la lámina de cobre con seis pases de vapor…… 73

Figura 2.7. Prueba 9.4, limpieza de la lámina de cobre con ocho pases de vapor…… 74

Figura 2.8. Cambios para mejorar el sistema…… 77

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

TABLA 1. Análisis Químico Vía Rayos X…… 25

TABLA 2. Corrosión del cobre …….. 26

TABLA 3. Conductividad eléctrica y STD…….. 30

TABLA 4. Dureza del agua……... 31

TABLA 5. ANÁLISIS #1 DE AGUAS DE POZO Y OSMOSIS…….. 32

TABLA 6. ANÁLISIS # 2 DE AGUAS DE RESERVORIO Y OSMOSIS….. 33

TABLA 7. RESIDUO DE COBRE EN MUESTRAS DE EMULSIÓN…… 34

TABLA 8. ANÁLISIS DEL LUBRICANTE: LUBRICOOL 22G……... 36

TABLA 9. Reducción de área por pase…… 46

Tabla 10. Condiciones para reproducir defecto superficial por laminación.. 48

TABLA 11. Prueba 1 de ensayos de laminación para reproducir falla…… 50

TABLA 12. Prueba 2 de ensayos de laminación para reproducir falla…… 51

TABLA 13. Prueba 3 de ensayos de laminación para reproducir falla…… 53

TABLA 14. Evaluación de resultados en ensayos de reproducción de defectos …….. 55

TABLA 15. Variación de parámetros para ensayos de laminación……... 58

TABLA 16. Prueba 4 de ensayos de laminación con temperatura variable

en la emulsión…….…… 59

TABLA 17. Prueba 5 de ensayos de laminación con temperatura variable en la emulsión de la planta y lavado previo al recocido …… 62

TABLA 18. Prueba 6 de ensayos de laminación con temperatura variable en la emulsión, lavado previo y emulsión nueva al 10%..... 64

TABLA 19. Prueba 7 de ensayos de laminación con temperatura variable en la emulsión, lavado previo con agua y emulsión nueva al 12%..... 66

TABLA 20. Prueba 8 de ensayos de laminación con temperatura variable en la emulsión, lavado previo con detergente y emulsión nueva al 12%.. 67

TABLA 21. Prueba 9 de ensayos de laminación con emulsión nueva al 12%, temperatura de emulsión a 27 ºC y lavados con vapor variables….. 71

TABLA 22. Datos del sistema de enfriamiento y emulsión de Lubricool

22G…….. 80

TABLA 23. Condiciones recomendadas para emulsión de Lubricool…….. 83

TABLA 24. Datos del sistema de enfriamiento y emulsión de Q. A. 4HI….. 85

TABLA 25. Condiciones recomendadas para emulsión de Q. A. 4HI……. 86

TABLA 26. Costos por limpieza química de los intercambiadores de

Calor…… 87

TABLA 27. Costos por reposición de resinas en ablandadores de agua

de proceso ……..… 89

TABLA 28. Costo de ablandador para agua de enfriamiento……... 90

TABLA 29. Costos para control de aguas de proceso por semana…….. 92

TABLA 30.Costos para control de emulsiones por mes…… 93

TABLA 31. Costos de inversión en equipos……. 94

TABLA 32. Costos anuales para mejoras…… 95