

ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TIEMPOS EN SOLDADURAS A CAUTINES Y OXIACETILENICA DE SIERRAS DE CINTA

Por: Alfredo Gaviria Guedes (*)

RESUMEN

El presente trabajo realiza un análisis de las soldaduras a cautines y oxiacetilénicas para sierras de cinta, explicando detalladamente ambos métodos y ofreciendo resultados en términos de costos y tiempos empleados.

Se concluye con la recomendación de la adopción de la soldadura oxiacetilénica por las ventajas que presenta sobre la soldadura a cautines.

SUMMARY

This work makes an analysis of brazing welding and oxyacetylene welding for band-saws, explaining in detail both methods and offering results in terms of costs and time consumed.

It is recommended, as a conclusion, the adoption of the oxyacetylene welding, due to its advantages over the brazing welding.

INTRODUCCIÓN

En general, la soldadura es una técnica a la que se debe recurrir con frecuencia en el aserradero para realizar la reparación de grietas, la unión de los extremos de la cinta, y la reparación o reemplazo de los dientes.

Además, la soldadura es la primera operación que se realiza en una sierra de cinta nueva, y tiene la finalidad de obtener la longitud correcta de la misma.

Según las informaciones estadísticas oficiales, operan en el país alrededor de 130 aserraderos de cinta, y aunque existen varios métodos para soldar sierras de cinta, en nuestro medio se utiliza casi exclusivamente la soldadura a cautines y en menor escala, la soldadura oxiacetilénica.

La Unidad de Capacitación y Servicio en Mantenimiento de Sierras del CENFOR-Pucallpa tiene como uno de sus objetivos, realizar algunas investigaciones básicas que contribuyan al mejor desarrollo de la industria de aserrío. Dentro de este marco, el presente estudio pretende ofrecer algunos lineamientos a la industria para elegir el tipo de soldadura más conveniente, haciendo comparaciones en función de tiempos y costos entre la soldadura a cautines y la soldadura oxiacetilénica.

REVISIÓN DE LITERATURA

Una operación que es determinante para la duración y buen servicio de la sierra de cinta es la unión o ensamble, por lo que resulta de suma importancia la elección del tipo de soldadura que se empleará (2). Sin una correcta y perfecta unión de los extremos, la sierra no debería ser usada en el proceso de aserrío, debido a los problemas técnicos que se presentan y al peligro que existe al quebrarse la sierra durante el corte (3).

* Jefe Dpto. Transformación Mecánica de la Madera - CENFOR XII - Pucallpa. INFOR.

El problema de la rotura de cintas es muy complejo: en una sola literatura se pueden encontrar hasta 27 motivos diferentes que pueden ocasionar grietas, rajaduras o roturas en las cintas (16). Sin embargo, entre los principales factores que ocasionan estos daños, podemos mencionar los siguientes (5):

- En el momento del afilado hay que tener mucho cuidado de usar un grano de piedra no muy duro y quitar el material gradualmente. Si se afila demasiado rápido se quema el fondo del diente, lo cual puede ser causa de una rotura.
- El mal estado del volante: un volante que no está bien suspendido no puede absorber una tensión suplementaria en la hoja. Muchos operadores consideran que hay que acuñar la palanca del sistema de contrapeso para levantar la horquilla lo más posible; esto bloquea el volante superior y le impide reaccionar adecuadamente cuando se presentan sobre tensiones. Lo mismo puede ocurrir por falta de lubricación. En ambos casos, el sistema mecánico no permite una libre rotación y es la hoja la que debe absorber las sobre tensiones, que terminan por romperla.
- Mala distribución de la tensión en general.
- Un calibre inadecuado de la sierra. El espesor de la cinta no debe sobrepasar 1 mm. por cada metro de diámetro del volante.
- Un bombeo defectuoso del volante. La rectificación se debe hacer con mucho cuidado y según las prescripciones del fabricante.
- La uniformidad del recalcado. Al terminar la preparación de una cinta es necesario rectificar el ancho de los dientes recalcando con mucha exactitud. Un recalcado que sobrepase constituye muchas veces el origen de una rajadura.

Las roturas en las soldaduras se deben generalmente a que la zona de empalme quedó demasiado gruesa o demasiado débil respecto al espesor de la cinta. También pueden ser causadas por deficiencias en la soldadura (excesivamente dura, poco material, torcida, etc.) (6).

Existen varios métodos de unir sierras de cinta, siendo la soldadura a cautines, la soldadura oxiacetilénica y la soldadura de tope o eléctrica las más empleadas por la industria de aserrío (3).

Soldadura a cautines

Llamada también soldadura por empalme, es el método más empleado en el Perú (3) aunque a nivel mundial ha sido desplazado por la soldadura eléctrica y la oxiacetilénica (1) (5), debido a que requiere bastante habilidad, utiliza un material caro (plata) y forma una zona cuyo espesor es mayor que el de la hoja, lo que causa un golpe rítmico durante el trabajo del corte, a menos que sea limado con mucho cuidado.

Su desventaja principal radica en la imposibilidad de usarla para soldar grietas (2) (3), (5), lo cual es importante en el mantenimiento de la sierra.

Para su uso es necesario hacer un chaflán en cada extremo de la cinta de tal manera que forman un empalme entre el cual se coloca una delgada lámina de soldadura de plata y algún fundante (2). La composición química de la soldadura de acuerdo a las normas A.S.T.M., B260-SGT lo componen un 72% de plata, 24 % de cadmio y el resto de otros metales como zinc y cobre, siendo su punto de fusión de aproximadamente 700° C (1). El fundente, que evita la oxidación y contribuye a una

distribución más uniforme de la soldadura, se comercializa normalmente en forma de pasta a base de bórax. También puede usarse ácido clorhídrico diluido en agua o una solución saturada de cloruro de zinc (3).

Soldadura oxiacetilánica

También se le conoce como soldadura autógena (3). Esta técnica presenta evidentes ventajas en comparación con la soldadura por empalme o a cautines, sin embargo no es de uso generalizado. La razón principal es el desconocimiento que se tiene sobre esta técnica y además, que para obtener buenos resultados, se requiere gran experiencia y habilidad (2). Por tal razón es preciso que los aserraderos de cinta que proyectan emplear este sistema, capaciten a los futuros soldadores con la debida anticipación.

El hecho que no se requiera un biselado previo en sus extremos y la excelente resistencia a la tracción y flexión, hacen de ésta, una técnica muy apropiada en sierras de ancho apreciable (1).

Por otro lado, permite reparar grietas o fisuras y hacer que la hoja tenga una vida de mayor duración (5). También es posible soldar dientes quebradizos, ya sea el mismo diente o preparando el pedazo faltante (1) (3).

La excelente resistencia de la soldadura, dando seguridad en el corte y mayor vida de la sierra, se explica por el uso de un material de características mecánicas similares al acero en que está fabricada la sierra y por el hecho de fundirse ambas entregando continuidad y homogeneidad en esa zona (1).

Soldadura eléctrica.

Llamada también soldadura a tope (3), es un moderno sistema para hacer uniones en forma muy rápida. Sus ventajas radican en la facilidad de preparar la hoja y manejar la máquina soldadora, así como para la obtención de una unión metalúrgica pura de alta resistencia. Su única pero importante desventaja respecto a la soldadura oxiacetilánica es su imposibilidad de soldar grietas sin tener que cortar la hoja (3).

El sistema más antiguo de este método consiste en el pasaje de una corriente alterna de baja tensión y elevada intensidad a través de las mordazas que afirman las partes de la cinta a soldar; la resistencia del acero y el material de aporte (soldadura de plata) hacen elevar la temperatura como para lograr la unión. Dispositivos modernos obtienen la soldadura bajo atmósfera gaseosa. El proceso TIG (tungsten inert gaz) utiliza un arco no fundente de tungsteno en una atmósfera inerte de argón o de helio o de una mezcla de ambos. El proceso MIG (metal inert gaz), usa un arco de metal fundente en una atmósfera de los mismos gases ya citados (6).

Existen máquinas para soldar sierras hasta de 10 pulgadas de ancho. Sin embargo, en muchos países se emplea la soldadura eléctrica casi exclusivamente para soldar sierras angostas, llamadas comúnmente sierras carpinteras (2) (3).

MATERIALES Y MÉTODOS

Técnica para la obtención de datos

Para el análisis de tiempos se utilizó un cronómetro HEUER, midiéndose el tiempo que demoraba realizar cada paso de las diferentes soldaduras.

Para el estimado de los costos se tomó en cuenta una depreciación lineal con valor residual igual al 10% del valor inicial de las máquinas y equipos.

El cálculo del interés sobre la inversión media anual se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$IIMA = \frac{(I - R) (N - 1)}{2N} + R_i$$

IIMA = interés sobre la inversión media anual.

I = inversión inicial

R = valor de reventa

N = número de años de vida útil

i = tasa de interés anual

El costo de la mano de obra se obtuvo en base a su costo horario, incluyendo beneficios sociales.

El costo de los insumos se encontró en base a las cantidades utilizadas- para cada actividad.

En el rubro "gastos generales" se consideró el 10% del total de los otros costos por concepto de gastos administrativos y de mantenimiento y repuestos.

Las evaluaciones se llevaron a cabo en la Unidad de Capacitación y Servicio en Mantenimiento de Sierras del CENFOR – Pucallpa (Km. 4,500 carretera Federico Basadre) en la última semana de febrero 1983, realizándose las soldaduras con la operatividad lograda por la experiencia propia del taller. Los datos se refieren a sierras de 8" de ancho, debido a que es el ancho más común que presentan las sierras de cinta en la zona.

Soldadura a cautines

Materiales:

- 1 guillotina de accionamiento manual.
- 1 fragua con ventilador eléctrico.
- 1 prensa con un tornillo central de presión, cuatro tornillos laterales de sujeción y una cuña.
- 2 cautines.
- Soldadura de plata.
- Fundente a base de bórax.
- Carbón
- 1 cronómetro.
- Huaype, petróleo, lima, lija, tijeras, pinzas, escuadra, punta de marcar, calibrador, destornillador y martillo.

Método:

El procedimiento empieza con la limpieza de la zona de empalme y el trazado de la línea de corte. El corte se realiza manteniendo la distancia exacta del paso de diente, lo cual se logra cortando la sierra a una distancia igual a la mitad del paso más cinco veces el espesor de la punta del diente anterior a la soldadura.

Una vez realizado el corte se procede a biselar con lima los dos extremos hasta que el ancho del bisel sea 10 veces mayor que el espesor de la cinta, y el espesor del bisel sea un décimo del espesor de la sierra, asegurándose que la posición del traslape quede en dirección del corte de la sierra.

Se lleva la cinta a la prensa colocando los dientes hacia el operador y el dorso contra el reborde trasero de la prensa asegurando una correcta alineación de la cinta, se controla el paso, se coloca el bisel en el centro de la prensa y se sujeta la cinta con los tornillos laterales.

Se corta un pedazo de soldadura de plata ligeramente mayor que el ancho y largo del bisel, se limpia cuidadosamente con una lija y se le aplica bórax, al igual que a todas las superficies de la unión. Enseguida se coloca la soldadura de plata en el lugar preciso. En este momento los cautines están presentando un color rojo claro (800° C-900° C).

Con la ayuda de la cuña, se coloca el caudín inferior hasta que apenas toque la unión, rápidamente se coloca el caudín superior, se aprieta la prensa y se aflojan los tornillos laterales.

Se deja el conjunto hasta que los cautines hayan retomado su color natural, y se les retira. Se deja enfriar la cinta, y por último se aplana y se lima la zona de empalme hasta obtener un espesor homogéneo e igual al resto de la sierra.

Soldadura oxiacetilénica

Materiales:

- 1 guillotina de accionamiento manual.
- 1 cilindro de oxígeno y otro de acetileno, con sus respectivos manómetros, reguladores, mangueras, soplete, boquilla y chispero.
- 1 yunque ajustable en altura y una prensa.
- 1 lijadora (se trata de un taladro eléctrico al que se acopla un esmeril).
- Gafas de soldador.
- 1 martillo y una llave inglesa.
- 1 listón de madera de 2" x 3" x 2".
- Soldadura en varilla.
- 1 cronómetro.
- Huaype, petróleo, lima, lija, escuadra, punta de marcar y calibrador.

Método:

El procedimiento comienza también con la limpieza de la zona de empalme y el trazado de la línea de corte. El corte se realiza en el centro del diente y perfectamente en ángulo recto con el dorso.

Se monta la cinta en el banco soldador y se lima el recalque de los dientes adyacentes a la zona de unión. Acto seguido se procede a calentar el yunque y el martillo, luego se fija la sierra en posición para soldarla dejando una distancia entre los extremos igual al diámetro de la varilla de soldadura.

Se regula la llama del soplete con una presión de 10 libras / pulg.² para el oxígeno y de 5 lb. / pulg.² para el acetileno y se inicia la soldadura poniendo un punto de material en el centro de la cinta, se lleva la soldadura a rojo brillante; en ese momento debe elevarse el yunque y martillar con golpes cortos y secos hasta que se nivele con la superficie de la cinta.

Los sucesivos puntos se colocan en forma intercalada desde el centro hacia afuera, procurando superponer estos puntos algunos milímetros sobre el anterior. Se coloca una cantidad adicional de soldadura en los dos extremos de la unión, martillando hacia los bordes de la sierra.

Terminado el proceso de soldar, se aplica un recalentamiento de toda la unión hasta obtener un color rojo opaco (aproximadamente 400° C), operación que toma el nombre de revenido. Luego se coloca un pequeño listón de madera cubriendo la soldadura para evitar que se enfríe muy bruscamente.

Una vez fría, se saca la cinta, se aplanar y se pule la unión hasta que tenga el espesor exacto de la sierra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de tiempos demostraron que realizar una soldadura a cautines demanda 2.23 veces más tiempo que hacer una soldadura oxiacetilénica.

La operación que demora más en la soldadura a cautines es la formación del chaflán (120'); si bien es cierto que existen máquinas biseladoras para tal efecto, son excepcionales los aserraderos que cuentan con ésta, y además, siempre se tiene que terminar el trabajo manualmente. En la soldadura oxiacetilénica, es la operación misma de soldar la que demora más (30'), tiempo que es casi el mismo que toman los cautines para calentarse y ser empleados en una soldadura por empalme (27').

A continuación se presenta el análisis de tiempos para efectuar una soldadura de cinta de 8 pulgadas de ancho, según los dos métodos estudiados.

Soldadura a cautines:

1. buscar herramientas.	3'00"
2. limpieza de la zona de unión, trazado de la línea de corte, colocar la sierra en la guillotina, cortar y retirar la sierra.	8'00"
3. montar la sierra en el banco y realizar chaflán.	120'00"
4. colocar el carbón y los cautines en la fragua, encender y calentar los cautines.	27'00"
5. colocar la cinta en posición de soldar, aplicar bórax, limpiar y colocar la soldadura.	15'00"*
6. colocar los cautines, ajustar la prensa, desaflojar los tornillos laterales y esperar la fundición.	3'00"
7. dejar enfriar la unión.	7'00"
8. aplanar la zona de empalme.	1'00"
9. limar la zona de empalme.	25'00"
TIEMPO TOTAL.	194'00"

(*) Esta operación se realiza mientras los cautines están calentándose.

Soldadura oxiacetilénica:

1. buscar herramientas.	3'00"
2. limpieza de la zona de unión, trazado de la línea de corte, colocar la sierra en la guillotina, cortar y retirar la sierra.	6'30"
3. colocar la sierra en el banco soldador y limar el recalque de los dientes adyacentes.	6'00"
4. calentar el yunque y el martillo.	4'30"
5. fijar la sierra en posición de soldar.	3'30"
6. encender la llama para soldar.	1'00"
7. realizar la soldadura.	30'00"
8. efectuar el revenido.	2'30"
9. dejar enfriar la zona de unión.	11'30"
10. sacar la cinta y colocarla en la mesa para pulirla.	3'00"
11. aplanar la zona de unión.	1'00"

12. pulir la zona de unión. 14'30"
 TIEMPO TOTAL. 87'00"

El análisis de los costos se presenta en dólares (1 dólar USA - 1, 119 soles oro fines de febrero 1983-) y muestra como resultado más importante que el costo de la soldadura a cautines es 2.2 veces mayor que el costo de la soldadura oxiacetilénica.

El cuadro 1 muestra la composición de los costos para ambos tipos de soldadura:

Cuadro No. 1
Composición de costos por tipo de soldadura. Pucallpa 1983 (En USA dólares)

Rubro	Soldadura a cautines		Soldadura oxiacetilénica	
	Costo (\$)	%	Costo (\$)	%
Depreciación	0.16	2.19	0.07	2.11
I.I.M.A.	0.09	1.23	0.02	0.60
Mano de obra	1.94	26.62	0.87	26.29
Insumos varios	4.44	60.91	2.05	61.94
Gastos generales	0.66	9.05	0.30	9.06
TOTAL	7.29	100	3.31	100.00

La depreciación es el costo que refleja la pérdida del valor de la inversión debido al uso o al transcurso del tiempo, con el objeto de que al término de la vida útil se pueda reponer nuevamente la inversión. En ambos casos los costos, de depreciación son algo superiores al 2% del costo total.

El interés sobre la inversión media anual (I.I.M.A.) corresponde a los intereses del capital promedio invertido por año, calculado en base a la vida útil del equipo. Se trabajó con una tasa de interés anual de 0.11 y para fines prácticos se llevó hasta costo horario. Estos costos prácticamente no son significativos.

Los costos de mano de obra representan en ambos casos aproximadamente la cuarta parte del costo total, y son mayores en la soldadura a cautines por el simple hecho que ésta demora más tiempo que la soldadura oxiacetilénica.

En cuanto a los insumos utilizados, los resultados fueron los siguientes:

a) - Para la soldadura a cautines:

- 20.82 cm. de soldadura de plata.....	\$4.08
- 2.67 gr. de fundente a base de bórax.....	\$0.18
- 1 Kg. De carbón.....	\$0.18
TOTAL.....	\$4.44

En este caso, el costo del carbón puede disminuir en aquellos aserraderos que lo producen como actividad secundaria.

Es interesante hacer notar que solamente el costo de la soldadura de plata es mayor que el costo total de la soldadura oxiacetilénica.

b) - Para la soldadura oxiacetilénica.

- 1/50 de balón de oxígeno y acetileno.....	\$1.70
- 7.07 gr. de soldadura.....	\$0.17
- 0.13 cm. de esmeril 200 x 12 x 20 Rand C	\$0.18
TOTAL.....	\$2.05

La estimación del gasto de oxígeno y acetileno se hizo en base a los registros del taller. La varilla de soldadura puede ser reemplazada por algún pedazo de cinta en desuso.

El esmeril que se utiliza para el pulido es resultado del descarte de la máquina afiladora, sin embargo también se ha considerado ese costo.

Para ambas soldaduras, los costos de los insumos representa la mayor parte de los gastos (poco más del 60%).

Por último, los gastos generales fueron calculados en base al 10% del total de los otros costos, por concepto de gastos administrativos y de mantenimiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La operación que más demora en la soldadura a cautines es la formación del chaflán (120') mientras que en la soldadura oxiacetilénica lo es la soldadura misma (30') que demora casi el mismo tiempo que el calentamiento de los cautines que se emplean en la soldadura por empalme (27').
- La contribución porcentual de los costos en ambas soldaduras son similares, siendo en orden prioritario los costos de insumos, mano de obra, gastos administrativos, depreciación y los intereses sobre la inversión media anual. Hay que recalcar que sólo la soldadura de plata es más costosa que todo el proceso de la soldadura oxiacetilénica.
- La soldadura oxiacetilénica presenta grandes ventajas con respecto a la soldadura a cautines. En términos generales, se puede decir que toma la mitad del tiempo y demanda la mitad del gasto que una soldadura a cautines. Además, tiene la ventaja intrínseca de poder reparar grietas y rajaduras sin tener que acortar el largo total de la sierra, lo que hace que las diferencias en tiempos y costos sean aún mayores cuando se realizan este tipo de reparaciones.

Por lo tanto, se recomienda a los aserraderos que se implementen con el equipo de soldadura oxiacetilénica. Para la adopción de este método es precisa la capacitación del personal encargado.

BIBLIOGRAFIA,

1. CHILE FORESTAL. Suplemento Agosto 1982. La Madera y su Proceso de Corte, Mantención y Acondicionamiento de Sierras Huinchas. II parte. Santiago. Chile, 8 Pág.
2. COHDEFOR. 1975. Acondicionamiento y Mantenimiento de Sierras de Banda. Tegucigalpa. Honduras. 77 Pág.
3. FAO. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/ 002 "Fortalecimiento de los Programas de Desarrollo Forestal en Selva Central". 1982. Nota Técnica No. 3. La Unión de Sierras de Cinta. Lima. Perú, 14 Pág.
4. KAYE, A., 1981. Técnica de los Costos. Lima, Perú, 335 páginas.
5. TECNOFOREST' 79. 1979. Libro de soluciones. Lima. Perú. Paginación variada.
6. TUSET, R y DURAN, F. 1975. Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización. Montevideo. Uruguay. 688 Pág.