

Experiencias para el incremento de la vida útil de los martillos de los desmeduladores de bagazo de caña.

F. Diez Torres, J. Dulón Gómez.

* ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar).

Vía Blanca 804 y carr. Central, S.M.P. 11000, Ciudad Habana, Cuba.

PO Box: 4026. Email: fdiez@icidca.edu.cu

**Dpto. Tecnología de Construcción de Maquinarias, Facultad Ing. Mecánica, CUPJAE, La Habana, Cuba.

(Recibido el 15 de Octubre de 2003, aprobado el 12 de Enero de 2004)).

Resumen.

El presente trabajo describe las experiencias llevadas a cabo por la División de Desarrollo del ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la caña de Azúcar), con el objetivo de incrementar la vida útil de los martillos de los desmeduladores de bagazo, cuyo desgaste afecta la eficiencia en separación de médula de dichos equipos, utilizando el método de recargue duro por soldadura por arco eléctrico. Se explican además los mecanismos de desgaste que tienen lugar, los métodos utilizados para la evaluación del desgaste en los recubrimientos ensayados, los resultados obtenidos y se brindan soluciones concretas para atenuar éste fenómeno.

Palabras claves: Desgaste, recuperación, industria azucarera, soldadura.

1. Introducción.

El desgaste de los elementos de máquinas es uno de los mayores problemas que históricamente ha afectado el desarrollo industrial. Este desgaste puede ser mecánico o químico aunque generalmente se presenta como una combinación de ambos. Desde épocas tempranas del desarrollo industrial el hombre ha venido trabajando con el objetivo de disminuir o eliminar los grandes daños que éste fenómeno produce sobre la economía.

La industria azucarera y la creciente industria de los derivados de la caña no están exentas de éstos problemas, razón por la cuál se trabaja para incrementar la vida útil de las máquinas, equipos e instalaciones.

El presente trabajo describe las experiencias alcanzadas por la División de Desarrollo del ICIDCA con el objetivo de incrementar la vida útil de los martillos de los desmeduladores de bagazo.

Una eficiente separación de médula al bagazo de la caña de azúcar es de gran importancia para la industria del papel y los productos aglomerados, pues la presencia de ésta disminuye drásticamente las propiedades mecánicas de ambos productos y aumenta los costos de producción por aumento en el consumo de compuestos químicos de proceso (productos de blanqueo en el papel, resinas aglomerantes en la producción de madera artificial, etc.), lo que se debe a la alta capacidad de

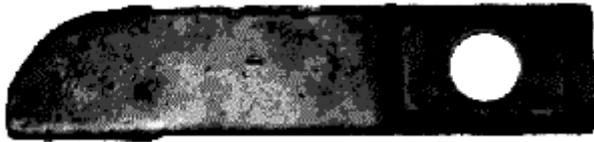
absorción de éste tejido (hasta 20 veces su propio peso en medio líquido).

El desgaste de los martillos de los desmeduladores de bagazo afecta la eficiencia de separación de médula de éstos equipos aumentando el contenido de esta en el bagazo desmedulado y afectando las producciones antes expuestas, razón por la cuál se reduce el tiempo entre mantenimientos aumentando sus costos, a lo que se le adicionan las pérdidas por paradas, etc.

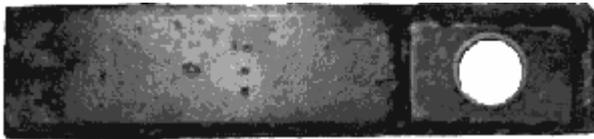
De todo lo anteriormente expuesto, se deduce la importancia que reviste el incremento de la resistencia al desgaste y por tanto de la vida útil de los martillos de los desmeduladores de bagazo para disminuir los costos por mantenimiento, consumo de materias primas y pérdidas de la calidad de productos.

2. Desgaste de los martillos de los desmeduladores de bagazo. Causas y consecuencias.

Los martillos de los desmeduladores de bagazo se desgastan rápidamente. En las condiciones de Cuba (tipo de suelo y de métodos de recolección de la caña), así como con el tipo de construcción utilizado en éstas piezas, el promedio de duración de las mismas es de aproximadamente 20 a 25 días de trabajo continuo. La Figura 1 muestra una comparación entre un martillo con 20 días de trabajo y otro recuperado.



Martillo desgastado después de 20 días de operación.



Martillo recuperado listo para la operación de recargue por soldadura.

Fig. No.1. Martillo desgastado y recuperado.

Del análisis y estudio previo del desgaste producido en los martillos, se concluye que:

1. La abrasividad del bagazo depende en lo fundamental de su contenido de sílice y partículas metálicas, que dependen de factores como los métodos de corte y recolección de la caña, características de los suelos y desgaste de las cuchillas repicadoras de caña, mazas de molinos y otras piezas[8].

2. El desgaste de los martillos de los desmeduladores es provocado por el choque entre éstos y el bagazo.

La actual generación de desmeduladores, son molinos verticales doble cámara, compuestos por un rotor al cual van acoplados los martillos y una carcaza dividida concéntricamente en dos partes o cámaras por un canasto cilíndrico perforado. El rotor con sus martillos queda alojado en la cámara interior, por la que sale la fibra a uno de los dos conductos (en forma de pantalones). La médula por su parte es despedida por entre los agujeros del canasto hacia la cámara exterior y es recogida por el otro conducto[2, 3 4]. (ver Figura 2)

El principio de funcionamiento se basa en el golpe y centrifugado continuo martillo a martillo (mientras se produce la caída del bagazo por el interior del equipo).

El golpe de los martillos al bagazo provoca la apertura de los haces de fibra y la salida de la médula (que se encuentra atrapada entre ellos) y la acción de la fuerza centrífuga y la presión de aire gracias a la velocidad del rotor, producen la expulsión de ésta hacia la cámara exterior por entre los agujeros del canasto) [1, 2, 3, 8].

3. El impacto de las partículas abrasivas que acompañan al bagazo se produce con diferentes ángulos de incidencia sobre las caras laterales y frontal de los martillos. (Ver Figura 3)[3].

4. El proceso de desgaste que se produce, no es mas que erosión de partículas abrasivas sobre los perfiles de trabajo de los martillos. Los factores que influyen sobre éste desgaste son [2, 3, 9]:

- Energía cinética del impacto partículas-martillos
- Morfología y dureza de las partículas
- Angulo de incidencia de las partículas

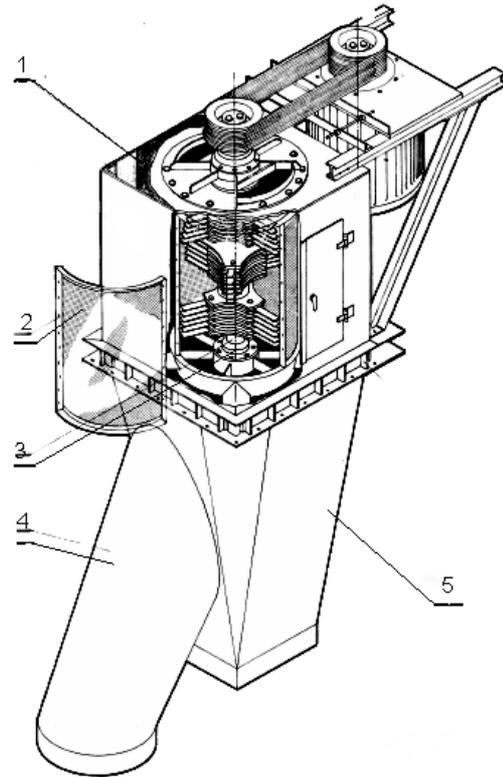


Figura 2. Equipo desmedulador de bagazo de caña de azúcar.

1. Cámara exterior. A ésta cámara pasa la médula por la acción de la fuerza centrífuga después de haber sido separada.
2. Canasto perforado. A través de éste pasa la médula luego de ser separada por el constante golpe de los martillos y la fuerza centrífuga que ésta acción provoca.
3. Rotor con martillos. Este se encuentra en la cámara interior por donde cae el bagazo desmedulado.
4. Pantalón de descarga de bagazo desmedulado. Este se acopla directamente al canasto perforado por dentro del pantalón de descarga de médula.
5. Pantalón de descarga de médula.

5. Los mecanismos de desgaste son: microfracturas y pérdidas de partículas metálicas por impacto frontal ($\sim 90^\circ$) de las partículas abrasivas sobre la cara lateral y maquinado por rayado con la consiguiente pérdida de partículas metálicas en la cara frontal de los martillos por impacto de las partículas abrasivas con ángulos de incidencia pequeños [2,3].

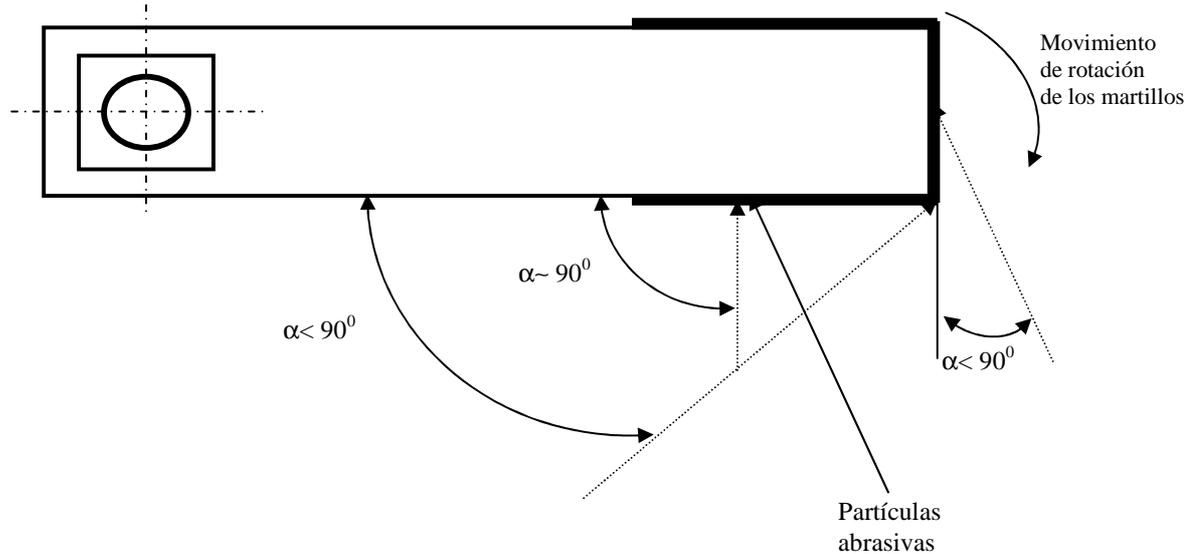


Fig. No.3. Esquema de un martillo con sus perfiles de trabajo y los ángulos de incidencia de las partículas abrasivas

6. Para resistir el desgaste por rayado (en la cara frontal) la estructura metalográfica del metal deberá ser de alta dureza, por ejemplo martensítica [4, 9, 10].

7. El trabajo provocado por el impacto frontal de las partículas abrasivas sobre el metal, no es suficiente para endurecer las estructuras austeníticas de manganeso (que se endurecen con el trabajo mecánico de impacto). Por esta razón la estructura metalográfica óptima para estos casos deberá ser austenítica con una red de carburos o una estructura intermedia, por ejemplo trostítico-sorbítica o sorbítico-trostítica [4].

Además del impacto de las partículas abrasivas, los martillos pueden sufrir impactos mayores producidos por objetos metálicos que no son separados por los separadores magnéticos o por piedras, como parte de las materias extrañas que acompañan a la caña y otras causas.

Estos impactos severos provocan grandes deformaciones en los martillos, en sus caras o perfiles de trabajo, produciendo un cambio en los mecanismos de desgaste para los cuáles se preparó ese sector de la pieza, o provocan por si mismo la rotura total del martillo o la pérdida de partes de los mismos. Nótese que a mayor resistencia de una superficie metálica a la abrasión o erosión de partículas, menor resistencia al impacto tendrá la misma y viceversa [5, 6, 7].

3. Desarrollo de las experiencias.

Los martillos de los desmeduladores de bagazo pueden construirse de diferentes maneras:

- Insertos de metales resistentes a la erosión, sujetos mecánicamente a aceros resistentes al impacto.

- Martillos fundidos de aleaciones resistentes a la erosión.
- Martillos construidos de acero estructurales de bajo carbono con recargue duro por soldadura sobre los diferentes perfiles en la zona de trabajo.

La tercera variante es la de más fácil construcción y menor costo, permitiendo además varios ciclos de recuperación.

Por esta razón, los martillos para las experiencias realizadas se construyeron de acero ferrítico de bajo carbono (0,03%), el cuál presenta una aceptable resistencia al impacto y bajo costo.

La primera experiencia sirvió para verificar la hipótesis. Los ensayos de campo se realizaron en dos partes utilizando tres tipos de electrodos de recargue duro, según la composición química, estructura metalográfica y dureza del metal depositado.

A partir de los resultados obtenidos, se preparó un nuevo grupo de martillos que trabajaron durante toda una campaña azucarera (120 días). Se construyeron 11 martillos por cada uno de los 8 electrodos seleccionados (88 en total).

Se tomaron muestras del metal depositado por cada electrodo seleccionado con los mismos parámetros de soldadura utilizados en los martillos para analizar composición química, estructura metalográfica y dureza en cada caso.

La evaluación se realizó según los criterios de pérdida de peso e inspección visual de cada martillo durante 45 días de trabajo continuo. Para el procesamiento estadístico de los datos se le asignó un nivel a cada recubrimiento y se realizó un test de Duncan.

En la Tabla No. 1 se muestran los niveles asignados a cada recubrimiento, así como la composición química, estructura metalográfica y dureza de cada uno sobre acero de bajo carbono.

Tabla 1. Composición química, estructura metalográfica y dureza de los recubrimientos.

Nivel	comp. química	Estructura	Dureza (HRC)
7	C, Si, Cr	Matriz austenítica. Carburos eutécticos dendríticos formando una red en bordes de grano. Precipitaciones en algunos puntos.	58 - 60
6	C, Si, Cr, Mn	Matriz Austenítica. Carburos eutécticos interdendríticos. En toda la matriz formando una red.	~ 60
4	C, Mn, Si, Cr	Sorbítica	~ 36
5	C, Cr, Mo, Mn, Fe	Matriz Austenítica. Carburos dispersos en bordes de grano.	~ 42-52
2	C, Mn, Si, Ni	Troostítico-Sorbítica	40- 45

4. Discusión de los resultados.

En las Tablas No. 2 y No. 3 se exponen las pérdidas de peso promedio de cada recubrimiento en por ciento y los resultados del Test de Duncan respectivamente [4].

Tabla 2. Promedio de las pérdidas de peso con respecto al peso inicial (dp 1).

NIVEL	DP 1 (%)
1	3,93
2	4,62
3	3,48
4	2,25
5	2,30
6	1,74
7	1,73
8	3,45

Tabla 3. Test de Duncan.

NIVEL	1	3	8	5	4	6	7
X	3,93	3,48	3,45	2,30	2,25	1,73	1,72
2	4,62	0,69	1,14	1,17	2,32	2,37	2,89
1			0,45	0,48	1,63	1,68	2,2
3				0,03	1,18	1,23	1,75
8					1,15	1,20	1,72
5						0,05	0,57
4							0,52
6							0,01

$$C_1 = \{1, 3, 8\} = \{3,93 - 3,48 - 3,45\}$$

$$C_2 = \{5, 4, 6, 7\} = \{2,30 - 2,25 - 1,73 - 1,72\}$$

De los resultados de ésta prueba se puede resumir:

1. El recubrimiento al cual se le asignó el nivel 2 tiene diferencias significativas con todos los demás.
2. El resto de los recubrimientos se dividen claramente (con sus niveles asignados) en dos grupos con diferencias significativas entre ellos, mientras que los niveles que componen cada uno no presentan diferencias entre ellos.
 - Grupo 1.- niveles 1, 3 y 8
 - Grupo 2.- niveles 4,5,6 y 7
3. El grupo que presenta mayor resistencia al desgaste es el 2 y dentro de éste, en orden decreciente, los niveles 7,6,5 y 4.

Del análisis de los resultados se confirma que:

1. La matriz austenítica con carburos eutécticos formando una red dendrítica tuvo los mejores resultados (niveles 7 y 6). Ambos recubrimientos tienen carburos de cromo y similar dureza. (Ver Fig. N° 4 y 5)

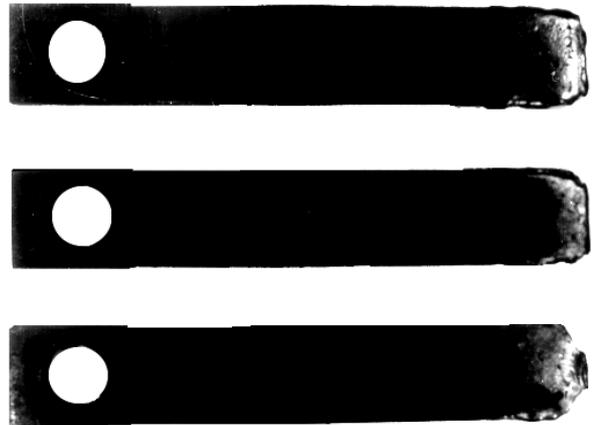


Fig. No. 4 Recubrimiento con UTP-711 (Carburos de Cromo Formando Redes)

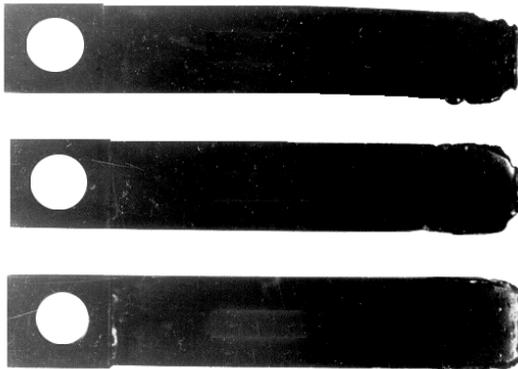


Fig. No. 5 Recubrimiento con CORNACROM
(Carburos de Cromo Formando Redes)

2. Entre los dos tipos de recubrimientos anteriores, el correspondiente al nivel 7 presenta mayor resistencia a los impactos severos que el correspondiente al nivel 6 el cual se fractura (Ver Fig. No. 6). Esto se debe a que el primero presenta la red de carburos en borde de grano mientras el segundo lo tiene en toda la estructura. Sin embargo los martillos del nivel 6 presentan mayor resistencia al desgaste combinado que se produce en las puntas de éstos, producto del ataque de las partículas con un amplio rango de ángulos de incidencia.



Fig. No. 6 Cara lateral de un martillo recubierto con
"CORNACROM 1400"

3. Los otros dos recubrimientos de mayor resistencia fueron los correspondientes a los niveles 4 y 5 en ese orden. En éste caso, la mayor resistencia se observa en la estructura sorbítica, debido a que la estructura austenítica del nivel 5 presenta un pobre contenido de carburos en borde de grano, y no formando una red continua. Independientemente de que ésta estructura presenta una dureza promedio mayor que la sorbítica, el desgaste en los bordes y cara frontal (rayado) se comportó prácticamente igual en ambos casos. En cuanto a impactos severos, el recubrimiento correspondiente al nivel 4, presenta aplastamiento. (Ver Figura 7)



Fig. No.7 Cara lateral de un martillo recubierto con
"HARD FACING 350"

4. El recubrimiento correspondiente al nivel 2, con estructura trostítico-sorbítica, tuvo la menor resistencia total, con el mayor desgaste de la cara frontal y puntas del martillo, que ocurre por rayado. El impacto de partículas en las caras laterales, con ángulo de incidencia de 90° causó mucho menor desgaste.

5. Conclusiones.

1. De los resultados obtenidos se infiere que es recomendable recubrir los martillos con diferentes materiales en la cara frontal y lateral.
2. El recubrimiento de mayor resistencia para las caras laterales son aquellos que presentan estructura austenítica con carburos eutécticos formando una red dendrítica en borde de grano o estructura trostítico-sorbítica.
3. El mejor recubrimiento para las esquinas y la cara frontal de los martillos son aquellos que presentan estructura austenítica con carburos formando una red dendrítica en toda la matriz o recubrimientos muy duros con estructura martensítica (aún cuando no fueron ensayados).
4. Es necesario colocar, además de los separadores magnéticos, trampas para objetos pesados en los conductores de bagazo antes de los desmeduladores, en aquellos casos que sea posible. Donde no sea posible, será necesario aumentar la resistencia al impacto de los martillos y los recubrimientos, para ello han sido probados electrodos que producen recubrimientos de colchón y que brindan alta resistencia al impacto. Esto aumenta los costos de mantenimiento pues para lograr las características óptimas de los diferentes recubrimientos sobre el recubrimiento de colchón serán necesarios más de un cordón a depositar.

5. Con el uso de los recubrimientos ensayados, la vida útil de los martillos de los desmeduladores de bagazo se incrementa hasta 120-140 días, cambiando el sentido de giro del motor y utilizando cada cara lateral por alrededor de 60-70 días, tiempo en el que comenzará a decaer la eficiencia en separación de médula, amén de que ocurran impactos de mayor magnitud que provoquen grandes pérdidas de metal o deformaciones del perfil de trabajo con el consiguiente cambio en los mecanismos de desgaste ocurrientes.

6. Bibliografía.

1. Diez Torres, F.; Evaluación Tecnológica de los Desmeduladores de Media Capacidad "SM Caribe 800". Reporte Técnico. ICIDCA, Habana, Cuba. 1986.
2. Diez Torres, F.; Evaluación Tecnológica de los Desmeduladores de Gran Capacidad "SM Caribe 1150". Reporte Técnico. ICIDCA, Habana, Cuba. 1988.
3. Diez Torres, F.; Primeras experiencias para el incremento de la resistencia al desgaste de los martillos de los desmeduladores de bagazo. Recomendaciones. Reporte Técnico. ICIDCA, Habana, Cuba. 1988.
4. Diez Torres, F., Dulón, J., Torres, A.; Experiencias acerca de la resistencia al desgaste de los martillos de los desmeduladores de bagazo. 1^{ra} Conferencia Internacional sobre Azúcar y Derivados. La Habana, Cuba. 1988.
5. GEPLACEA (Colección GEPLACEA); Ensayos no destructivos y nuevos materiales para la Industria Azucarera. México. 1984.
6. GEPLACEA (Colección GEPLACEA);
7. Instituto Eutectic-Castollin; Aleaciones especiales en soldadura de mantenimiento. Conferencia sobre mantenimiento en la Industria Azucarera. San José de Costa Rica. 1985.
8. Lois Correa, J., Diez Torres, F.; Desarrollo de Desmeduladores Cubanos. VII Seminario Científico, ICIDCA. 1986.
9. Martínez, F.; Aspectos Físico – Químicos del desgaste abrasivo. Revista Construcción de Maquinarias. ISPJAE, La Habana, Cuba. 1981.
10. Martínez, F.: Desgaste abrasivo en suelos. Monografía. ISPJAE, La Habana, Cuba. 1983.

Experiences for the increment of useful life of hammers for cane trash depither.

Abstract.

This paper describes the experiences obtained in the Development Division of ICIDCA (Cuban Research Institute for Sugar Cane Derivatives), to increase the useful life of bagasse depither hammers using arc welding hard surfacing method. The wear of these hammers affects the efficiency directly in the pith separation in these equipment. Besides, we explain the wear mechanisms which take place, the methods used to evaluate the wear in the tested coatings and the obtained results. Concrete solutions to diminish this phenomenon are given.

Key words: Wear, recovery, sugar industry, welding.