

## **SELECCIÓN DE RECUBRIMIENTOS DUROS APLICADOS A PIEZAS INDUSTRIALES**

Edgardo Tabuchi Matsumoto (\*)

### **Resumen**

En toda operación industrial, un problema importante del mantenimiento de herramientas, equipos y maquinarias, es el de minimizar el desgaste o recuperar las piezas desgastadas, cuyo costo es menor que el de cambio de las mismas, para lo cual es importante reconocer el problema y la forma de recuperarlas, que por lo general, implica la aplicación de un recubrimiento metálico por soldadura y un maquinado para su acabado. Pero ello no lo es todo, lo más importante es conocer el cómo y con qué material reprocesar la pieza; para ello es necesario saber seleccionar la el tipo adecuado de recubrimiento y el proceso de aplicación de éste. El presente trabajo tiene por finalidad, lograr seleccionar el recubrimiento más adecuado para el metal base de la pieza desgastada.

(\*) Docente del Departamento Académico de Ingeniería Metalúrgica-UNMSM

### **I.-INTRODUCCION**

Los recubrimientos duros de piezas de máquinas y equipos sometidos a desgaste son procedimientos, que datan de unos 70 años atrás. Con el advenimiento de los procesos de soldadura, se intentó restaurar las superficies desgastadas de las piezas de acero, algunas veces con éxito y otras insatisfactoriamente, situación que obligó a experimentar con metales y aleaciones que producían recubrimientos duros. La industria petrolera, minera y de construcción civil fueron los primeros en utilizar estos procesos. El éxito alcanzado motivo a una utilización cada vez más creciente en otros campos.

El recubrimiento duro para controlar el desgaste varía ampliamente, desde el desgaste por abrasión tal como la rotura y pulverización de rocas, hasta aplicaciones que requieren que el desgaste metal-metal sea el mínimo posible. De tal manera que el recubrimiento duro ha llegado a ser uno de los más importantes factores de mantenimiento en la industria.

### **II.- CONSIDERACIONES TEORICAS**

#### **2.1 DESGASTE**

El desgaste no viene a ser sino la remoción de partículas de la superficie de una pieza metálica por acción de fuerzas de fricción, combinada algunas veces con fuerzas de impacto y/o corrosión.

Los problemas de desgaste existen en cualquier parte donde haya movimiento, casi todas las industrias encuentran problemas de desgaste. Excesivos desgastes causan grandes pérdidas anualmente debido a:

- Paradas de producción no planificadas.
- Reemplazos repetitivos de partes costosas.
- Costos elevados por mantenimiento no-planificados.
- Pérdidas de eficiencia producción.
- Pérdidas de ventas por pobres rendimientos de productos.

### **2.1.1 Principales factores de Desgaste**

Entre los principales factores de desgaste podemos considerar a la abrasión, erosión, impacto, corrosión, y calor. Otros factores no menos importantes, pero menos comunes son el rozamiento metal-metal, la cavitación e impacto-fatiga. Lo cual nos ocuparemos de los factores que se presentan más comúnmente:

## **2.2 ABRASIÓN**

Originada por la acción de partículas abrasivas duras que bajo acción de cargas se mueven en la superficie de la pieza, creando surcos o canales por remoción de material más blando. El proceso de remoción se efectúa por uno de los siguientes mecanismos:

- Cortante: ocurre en materiales dúctiles, cuando partículas con bordes agudos actúan formando virutas de metal.
- Desconchado: cuando la superficie es dura y frágil, las partículas duras fracturan y desprenden el material en forma de astillas.
- Labrado: se produce cuando partículas redondeadas actúan sobre superficies dúctiles produciendo deformación plástica y deposición de material en los bordes.
- Erosión: causada por impactos de partículas sólidas a alta velocidad y determinado ángulo de incidencia.

## **2.3 EROSIÓN**

Se produce por la acción cortante de partículas suspendidas en un medio fluido con alta energía cinética actuando bajo un determinado ángulo de impacto, cuyo daño al material puede verse acelerado por calor y corrosión.

## **2.4 IMPACTO**

Se traduce en la colisión de partículas sobre la superficie metálica que origina un debilitamiento de sus propiedades mecánicas, por alteración de la estructura cristalina superficial.

## **2.5 CORROSIÓN**

Este mecanismo ocurre cuando se produce una reacción química o Electroquímica. Y podemos considerar dos situaciones diferentes, el ataque químico directo en el cual los electrones abandonan el metal convirtiéndolos en cationes metálicos de un compuesto; y la corrosión electroquímica por acción de un electrolito y de otro metal que produzca una acción catódica, convirtiendo a la pieza metálica en parte anódica.

## **2.6 CALOR**

Este no es un factor que cause un desgaste directo, más bien es un factor coadyuvante a los otros mecanismos, que actúa acelerando la acción de los otros factores antes mencionados.

## **III.- SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS DUROS**

Para una buena aplicación de un recubrimiento duro se debe tomar en cuenta algunas consideraciones básicas, en parte común a todo proceso de soldadura como viene a ser el metal base, características físicas de la pieza, forma y composición de la aleación para el recubrimiento, y el proceso de soldadura; tanto como la habilidad del soldador y el costo de operación.

### **3.1 PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA**

Los procesos de soldadura que se emplean, en orden de frecuencia con que se usan, los podemos clasificar en la forma siguiente:

1. Manual: por oxiacetileno o por arco eléctrico.
2. Semiautomático: con arco abierto, arco sumergido, o arco metálico con protección gaseosa.

3. Automático: con arco abierto o sumergido.

4. Por rociado de polvo.

En los cuadros N° 1 y 2 se resumen algunas características de los procesos de soldadura y recubrimiento.

### **3.2 SELECCIÓN DE PROCESO DE SOLDADURA**

La mayoría de los procesos de recubrimiento y relleno involucran fusión por soldadura, donde el metal de relleno y la superficie del metal base funden juntos y solidifican y luego se solidifican.

- Los procesos oxiacetilénicos producen calentamiento y enfriamientos lentos, lo cual requiere tener un buen control del trabajo a realizar. Los equipos son muy portables y menos costosos que los de arco eléctrico.

- Los procesos de arco eléctrico, por otro lado, son más rápidos y más baratos en total si ha de realizarse una gran cantidad de trabajo y no requiere una habilidad especial para realizarlos, tal como los procesos de soldadura por gas. Los ciclos de calentamiento y enfriamiento son más rápidos por arco eléctrico, esto significa que las tensiones térmicas sobre el metal base y el recubrimiento son mucho mayores, por lo tanto son más susceptibles a fisuramiento.

Para trabajos pequeños y uso en el campo la elección suele ser entre procesos oxiacetilénicos o electrodos por arco eléctrico. Para usos en plantas de producción es preferible utilizar procesos automáticos o semiautomáticos como MIGIMAG (Metal gas inerte/Metal gas activo) o proceso por arco sumergido.

### **3.3 SELECCIÓN DE ELECTRODOS PARA ARCO ELÉCTRICO**

La soldadura por arco eléctrico con electrodos, suele ser el proceso más extensivamente usado, por lo tanto para alternativas de selección podemos utilizar una variedad de normas, pero nos remitiremos al uso de las normas más conocidas en nuestro medio, como son las normas AWS y a su clasificación A.5.21, titulada "ESPECIFICACIONES DE VARILLAS Y ELECTRODOS PARA RECUBRIMIENTOS", que nos especifican los cuatro grupos más importantes de metales de relleno y recubrimiento, ver Tabla N° 1

**Tabla N° 1: ESPECIFICACIONES DE VARILLAS Y ELECTRODOS PARA RECUBRIMIENTOS**

<b>MATERIAL</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Varillas y Electrodo para aceros rápidos	RFe5-A, RFe5-B, EFe5-A, EFe5-B, EFe5-C	Aleaciones de elevada dureza para aceros de herramientas.
Electrodos para aceros austeníticos al manganeso	EFeMn-A, EFeMn-B	Aleaciones resistentes a abrasión de endurecimiento por trabajado.
Varillas y electrodos austeníticos de alto cromo	FFeCr-A1, EFeCr-A1	Aceros stainless steel de bajo carbono resistentes a corrosión.
Varillas y electrodos de carburo de tungsteno	EWC-XX, EWC-XX	Existiendo 13 grados de carburos de W, dependiendo de su granulometría.

### **3.4 APLICACIONES Y CONDICIONES DE SERVICIO**

Los recubrimientos duros y rellenos pueden ser divididos en aproximadamente cinco clases de condiciones de servicio, que nos permitirán elegir las mejores aleaciones para el trabajo. Estas condiciones de servicio son las siguientes:

Clase I: Impacto severo.

Clase II: Abrasión muy severa.

Clase III: Corrosión, a menudo con abrasión, y frecuentemente a altas temperaturas de trabajo.

Clase IV: Abrasión severa con impacto moderado.

Clase V: Abrasión con impacto moderado a severo.

### **IV.-CONCLUSIONES**

De todo lo expuesto, podemos sacar algunas conclusiones útiles, en razón a nuestro medio industrial. En lo referente a los procedimientos de soldadura por lo general son del tipo manual prefiriéndose la soldadura por arco eléctrico (muy común en la mayoría de talleres), con referencia al tipo de electrodo la selección más adecuada deberá hacerse en referencia al material de la pieza a recuperar y a las condiciones de servicio, no habiendo un producto general para todo uso, que podamos indicar, pudiéndose elegir electrodos de metal base Ni o Fe que tengan aporte de carburo de tungsteno.

## V.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.-Welding - Skill and Technology de Dave Smith.
- 2.-Welding Handbook de la American Welding Society.
- 3.-Metalurgia de la Soldadura de Daniel Seferian.
- 4.-Catálogo de Soldaduras Especiales de EXSA - Oerlikon.

## ANEXOS

CUADRO Nº 1-PROCESOS DE SOLDADURA RECUBRIMIENTO DURO ENMANTEQUILLADO Y RELLENO						
PROCESO	MODO DE APLICACIÓN	FORMA DEL METAL DE APLICACIÓN	METALES APLICABLES	FORMA DEL METAL DE APLICACIÓN	METALES APLICABLES	OBSERVACIONES
OXIACETILÉNICO	Manual y Automático	Varilla fundida o varilla tubular	Base Co, Ni y Fe; compuestos de Carburo de W	----	----	----
	Manual	Polvo	Base Co, Ni y Fe; compuestos de Carburo de W	----	----	----
ARCO ELÉCTRICO CON METAL DESNUDO	Manual y semiautomático	Alambre desnudo o alambre tubular	Arcos austeníticos al manganeso	----	----	Uso limitado
ARCO ELÉCTRICO PROTEGIDO	Manual	Varilla fundida o alambre o varilla tubular revestida	Base Co, Ni y Fe; compuestos de Carburo de W	Alambre revestido	Aceros Stainless Steel, base Ni, Cu y Fe	----
ARCO ABIERTO (AUTOPROTEGIDO)	Semiautomático	Alambre tubular	Base Fe	Alambre tubular	Aceros Stailenss Steel, base Fe	----
	Automático	Alambre tubular	Base Fe	Alambre tubular	Aceros Stailenss Steel, base Fe	----
TIG (tungsteno GAS INERTE)	Manual	Varilla fundida o varilla tubular	Base Co, Ni, y Fe; compuestos de Carburo de W	Alambre desnudo o varilla	Aceros Stainless Steel, base Ni, Cu y Fe	----
	Automático	Alambre tubular, varilla	Base Co, Ni, y Fe;	Alambre desnudo	Aceros Stainless	----

		fundida extra larga; polvo de Carburo de W con alambre desnudo	compuestos de Carburo de W		Steel, base Ni, Cu y Fe	
MAG (metal GAS ACTIVO)	Semiautomático, automático	----	----	Alambre desnudo	Aceros Stainless Steel, base Ni, Cu y Fe	----
ARCO SUMERGIDO: ALAMBRE MONOELECTRODO	Semiautomático	Alambre sólido o alambre tubular	Base Fe	----	----	Uso limitado
MULTIELECTRODO	Automático	Alambre sólido o alambre tubular	Base Fe	Alambre desnudo o alambre tubular	Aceros Stainless Steel, base Ni, Cu y Fe	Uso limitado con aleaciones base Cu
ARCOS EN SERIE	Automático	Alambre sólido o tubular	Base Fe	Alambre desnudo o tubular	Aceros Stainless Steel, base Ni, Cu y Fe	Uso limitado con aleaciones base Cu
ELECTRODO DESNUDO	Automático	Alambre sólido	Base Fe	Alambre desnudo	Aceros Stainless Steel, base Ni	Usado principalmente para relleno de grandes embarcaciones
ELECTRODO AUXILIAR DE CINTA	Automático	----	----	Banda metálica	Aceros Stainless Steel, base Ni	Usado principalmente para relleno de grandes embarcaciones
ELECTRODO DE POLVO AUXILIAR	Automático	Alambre sólido o alambre con polvo metálico	Base Fe y Co	Alambre sólido con polvo metálico	Aceros Stainless Steel, base Ni	----
ARCO PLASMA (arco transferido): POLVO	Automático	Polvo con o sin Carburo de W granulado	Base Fe, Ni, Co; carburo de W compuesto	Polvo	Aceros Stainless Steel, base Cu y Ni	Usado primariamente para producir recubrimiento duro
ALAMBRE PRECALENTADO	Automático	Alambre sólido o alambre tubular	Base Fe	Alambre sólido o alambre tubular	Aceros Stainless Steel, base Cu, Ni y Fe	Usado primariamente para relleno de grandes embarcaciones y componentes relacionados
ELECTROESCORIA	Automático	----	----	Platina o almbre	Aceros Stainless Steel, base Ni y Fe	Usado solamente en grandes secciones