

# **Generación de Economías Mediante la Aplicación de la Ingeniería de Superficies en la Industria de Celulosa y Papel**

Neil Solomon, M.Sc;P.E  
Foster-Wheeler Energy Services

John Streeter, M.Sc.  
Tecnosuiza Ingeniería de Superficies

## **Introducción:**

Corrosión intergranular, erosión-cavitación, fatiga térmica, fretting...

Estos “virus” industriales inherentes a los procesos productivos de la celulosa y papel, al igual que sus homólogos de la industria de la computación, son extremadamente peligrosos y generan graves perjuicios económicos en la forma de reposición de repuestos y/o tiempos improductivos.

La *ingeniería de superficie*, rama multidisciplinaria de la ingeniería, mediante un acabado análisis de los *fenómenos de desgaste* y de la *ciencia de materiales*, permite optimizar las superficies expuestas a desgaste de digestores, evaporadores, calderas recuperadoras, bombas de pulpa, partes y piezas mecánicas, etc., a objeto de prolongar significativamente su duración en servicio.

Con ello se logra no sólo un sustantivo aumento en la confiabilidad y disponibilidad de sistemas críticos sino que a la vez se reduce drásticamente la importación de repuestos. Los beneficios que reporta la aplicación de la *ingeniería de superficie* ha motivado a algunas empresas como el consorcio Mc.Millan/Bloedel (Canada) a crear un Grupo de Materiales, cuyo objetivo es aplicar globalmente esta tecnología para reducir los costos de sus operaciones.

## **Conceptos de Ingeniería de Superficie**

Los mecanismos de desgaste presentes en procesos industriales son los siguientes:

|                      |            |           |
|----------------------|------------|-----------|
| Abrasión             | Calor      | Corrosión |
| Fricción Metal-metal | Erosión    | Fretting  |
| Impacto              | Cavitación |           |

Generalmente, se produce una interacción de estos mecanismos y es así como en un sistema de succión podemos encontrar erosión y cavitación, calor (fatiga térmica) y erosión en los álabes de una turbina de vapor o abrasión y corrosión en un tornillo de bomba de pulpa afecta a iones Cl<sup>-</sup>.

La corrosión, en sí una compleja interacción de variables físico-químicas, requiere siempre de un riguroso análisis debido a las diferentes formas en las cuales se presenta, como ser corrosión bajo tensión, por aireación diferencial, vibro-corrosión, etc.

Una vez que el ingeniero especialista ha determinado (diagnosticado) el o los mecanismos de desgaste presentes en un equipo o componente, recurre a la ciencia de materiales para determinar que aleación o recubrimiento, ya sea metálico, polimérico, cerámico o una mezcla de ellos, permite prolongar su duración en servicio.

Efectuada la selección del recubrimiento resistente al desgaste, el ingeniero debe determinar además el procedimiento con el cual se aplicará la aleación o esquema resistente al desgaste.

Las tecnologías más empleadas en la protección y recuperación de equipos y componentes expuestos a desgaste son:

1.-Soldaduras Especiales, en donde la aleación metálica es fundida sobre la superficie.

Se deben tomar precauciones para controlar deformaciones y/o daños metalúrgicos a la pieza.

2.-Rociado Térmico, en donde la aleación, metálica o no metálica, es proyectada en la forma de partículas finamente divididas, a altas velocidades, sobre la superficie para formar el recubrimiento. Esta tecnología se destaca por su baja temperatura de aplicación.



Electrodeposición, en donde la aleación metálica es aplicada por transferencia electroquímica en espesores delgados, bajo los 0.25mm

Ejemplo introductorio:

Las válvulas de bola (esféricas) se emplean como elementos de control de flujo en varios procesos de la industria de la celulosa y el papel.

Estas válvulas están expuestas a desgaste por erosión, corrosión y fricción metal-metal. El costo de reposición de estos componentes es elevado y los tiempos de entrega para algunos repuestos pueden resultar excesivos, siendo necesario mantener los mismos en stock.

Una bola desgastada, manufacturada en acero inoxidable austenítico AISI 316L, puede ser recuperada dimensionalmente empleando idéntico material como aporte mediante un proceso apropiado de soldadura, mecanizando su superficie en una máquina de control computarizado. La duración en servicio de esta pieza restaurada será una fracción del tiempo de duración de una pieza nueva.

El proceso de ingeniería de superficie para este costoso repuesto es el siguiente:

- a.- restauración dimensional empleando material de aporte AWS E-316L
- b.- aplicación de recubrimiento antierosión de 70Rc de dureza en 0.3mm de espesor, seleccionado en función del ambiente de operación. Este recubrimiento en base a carburos complejos, se aplica mediante rociado térmico.
- c.- rectificado en sistema esférico, pulido y asentamiento

Una válvula de bola recuperada por este método puede durar un 300% a 500% más que una válvula original no recubierta.

**La Ingeniería de Superficies aplicada al Mantenimiento Industrial**

- Disponibilidad inmediata de repuestos.
- Disminución de costos de reparaciones.
- Prolongación de la Vida Útil de Partes y Piezas Críticas



De igual manera, mediante técnicas de ingeniería de superficie, se logran extraordinarios resultados y generación de ahorros en la recuperación de otros componentes como ser bombas de pulpa de doble tornillo en donde se recupera también en su interior la carcasa, válvulas dosificadoras de gran tamaño, bombas de vacío, bombas centrífugas manufacturadas en aceros inoxidables especiales, partes y piezas de titanio y un sinnúmero de otros elementos mecánicos inherentes a los procesos productivos de la industria.

Muñón de rodillo prensa (20 tons), industria de celulosa, recuperado con sistema SAW y aleación Fe Cr Mo



## Calderas recuperadoras, digestores y evaporadores

En una caldera recuperadora existen varias áreas de desgaste.

Tubos de pared y de suelo, tubos de arco-nariz y de sobrecalentadores, canaletas de vaciado de licor. Las zonas de transición entre tubos de acero al carbono y tubos bi-metálicos está también expuesta a desgaste.

Los mecanismos de desgaste están asociados a complejas reacciones hierro:compuestos de azufre producto de la quema del licor.

Mediante la aplicación de recubrimientos 50Ni/50Cr en los tubos se logra generar una barrera densa y resistente a la corrosión, la cual impide la formación de compuestos sulfurados de hierro y por ende evita la degradación de los tubos.

## Centrales Térmicas

- Aplicación recubrimiento contra el desgaste erosivo en tubos de pared de caldera recuperadora



La aplicación de recubrimientos antidesgaste en los tubos de una caldera recuperadora se efectúa ya sea durante el tiempo disponible dentro de una parada de planta, es decir in-situ, o bien si se han cambiado paneles de tubos, la aplicación se efectúa de forma automatizada en las instalaciones de la empresa especialista, instalándose los tubos nuevos con la debida protección.

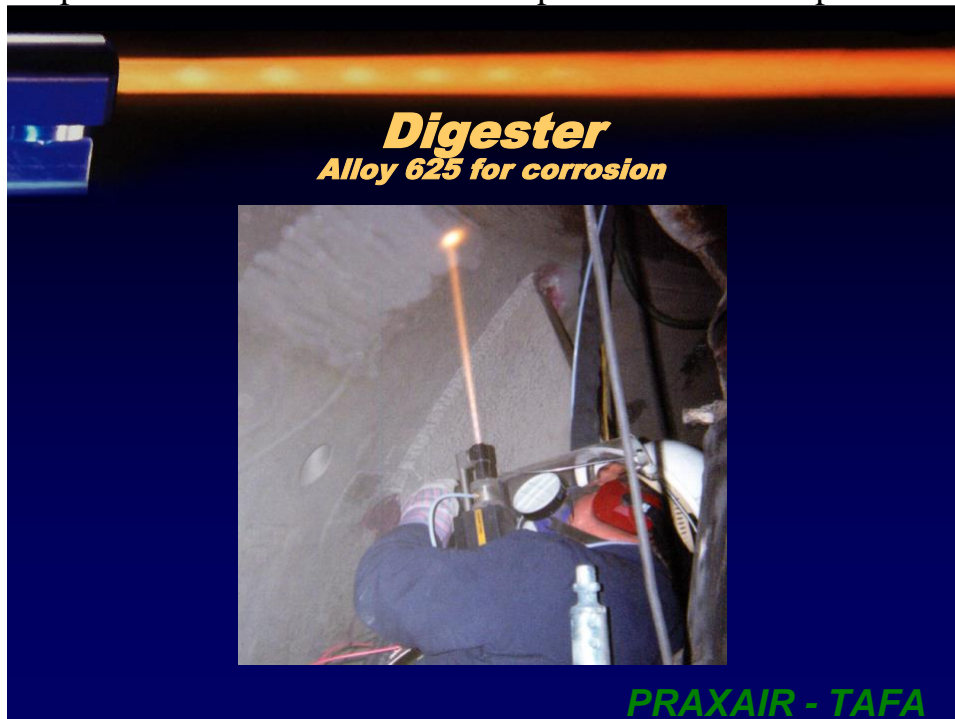
Las canaletas de evacuación de fundido, smelt spouts, pueden fabricarse íntegramente en el país, existiendo la tecnología para aplicar el mismo recubrimiento antidesgaste con el cual se revisten estos componentes en Europa.

Los digestores continuos están expuestos a desgaste por corrosión en la zona inferior pero también se ha constatado en algunos casos el fenómeno de adelgazamiento generalizado de pared en las zonas superiores.

La solución a este problema de desgaste se obtiene mediante la aplicación de un recubrimiento aportado mediante soldadura SAW( submerged arc welding). El depósito consiste en una aleación de acero inoxidable AWS 309L y se aplica en espesores de 3.0 a 5.0mm empleando mecanización para la traslación del sistema de soldadura.

Este procedimiento se ejecuta en períodos sucesivos anuales, durante paradas de mantención.

Existe en este proceso el problema de corrosión conocido como “fingernail corrosion” el cual se presenta en la zona de transición entre el depósito de soldadura AWS-309L y el casco adyacente de acero al carbono. Dicha corrosión puede ser controlada mediante la aplicación de un recubrimiento tipo Inconel 625 empleando rociado térmico.



Este recubrimiento, así como Níquel 99% son empleados para proteger los domos, parte superior, transición a pared vertical y zonas inferiores de los evaporadores.

El recubrimiento 625 es vastamente aplicado también para proteger adecuadamente digestores continuos, existiendo una aquilatada experiencia al respecto.

### **Resumen y Conclusiones**

La Ingeniería de Superficies, considerando los agresivos ambientes de operación existentes particularmente en plantas de celulosa pero también en la fabricación del papel, puede constituirse en una eficaz herramienta de reducción de costos.

Existe en Chile la tecnología como para efectuar las aplicaciones con un muy alto standard de calidad.

Es del todo factible sustituir efectivamente importaciones de costosos repuestos pero a la vez también esta tecnología permite ejecutar hoy en día en nuestro país reparaciones garantizadas que a la fecha se están enviando al exterior para ser refaccionadas.

### **Bibliografía**

Budinski,K “Surface Engineering for Wear Resístance”, 1985

Streeter, J “Introducción a la Terología y sus Aplicaciones”, 1987

AWS “Thermal Spraying”, 1992

ASM Intl “Metals Handbook, Corrosion”, 1998