



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL POR MEDIO DE RESINAS
EPÓXICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA EN
GENERAL**

Daniel Eduardo Yat Batún

Asesorado por el Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz

Guatemala, abril de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL POR MEDIO DE RESINAS
EPÓXICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA EN
GENERAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

DANIEL EDUARDO YAT BATÚN

ASESORADO POR EL ING. HUGO LEONEL RAMÍREZ ORTIZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Cesar Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR:	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR:	Ing. Oscar Mauricio Herrera
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL POR MEDIO DE RESINAS EPÓXICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA EN GENERAL,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 14 de noviembre de 2005.

Daniel Eduardo Yat Batún.

Guatemala, 14 de enero de 2008

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Señor Director:

De acuerdo con la disposición de esa dirección, me dirijo a usted para presentarle el trabajo de graduación **"RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL POR MEDIO DE RESINAS EPOXICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA EN GENERAL"**, elaborado por el estudiante Daniel Eduardo Yat Batún, dándose por aprobado.

Con base a lo anterior ruego a usted se sirva dar el visto bueno para que el presente trabajo sea presentado ante las máximas autoridades de la facultad, para que emitan el dictamen correspondiente, si así lo consideran extender el título correspondiente al estudiante mencionado.

Agradeciendo su atención a la presente, me es grato suscribirme.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a vertical line, positioned above the typed name.

Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
Colegiado 5545

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL POR MEDIO DE RESINAS EPÓXICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA EN GENERAL**, presentado por el estudiante universitario **Daniel Eduardo Yat Batún**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Renaldo Giron Alvarado
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO NO. 5977

Ing. Renaldo Giron Alvarado
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala marzo de 2008

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL POR MEDIO DE RESINAS EPÓXICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA EN GENERAL**, presentado por el estudiante universitario **Daniel Eduardo Yat Batún**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Francisco Gómez Rivera



Guatemala, abril de 2008.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL POR MEDIO DE RESINAS EPÓXICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA EN GENERAL**, presentado por el estudiante universitario **Daniel Eduardo Yat Batún**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, abril de 2008.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** La gloria siempre sea para Él.
Porque de Él viene la sabiduría y de su boca
la inteligencia y el conocimiento.
Y soy quien soy, por Él.
- MIS PADRES:** Manuel Yat y Ángela Judith Batún
Por darme la oportunidad de estudiar, la mejor
herencia del mundo.
Además de tantos sacrificios que pasaron
para que llegara a suceder este día.
- MIS HERMANOS:** Manuel Luís y Mariangela Kristina, porque sin
el apoyo de ellos nunca lo hubiera logrado.
- MIS ABUELITOS:** Luís Beltrán Batún (D.E.P), Ángela Caal,
Manuel Yat (D.E.P), Por enseñarme tantas
cosas, sin compartir mucho con ellos.
- MIS FAMILIARES:** Tíos, tías, primos y demás familia, que sé que
cada uno de ellos, directa o indirectamente me
apoyo en mi caminar.
- REPINCA:** Al Gerente General, Alexander Fuentes, por
permitirme realizar mi trabajo de graduación.
- MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:** Por compartir tantos momentos gratos e
inolvidables.

AGRADECIMIENTOS:

A LA FAMILIA:

Del Cid Jongezoon.

AL INGENIERO:

Hugo Leonel Ramírez.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. CONCEPTOS GENERALES	
1.1 Conceptos básicos sobre los compuestos	1
1.2 Descripción de la acción de los compuestos	2
1.3 Materiales utilizados	3
1.3.1 Propiedades	4
1.3.2 Estructura de los compuestos	5
2. DAÑOS SUPERFICIALES MÁS COMUNES QUE SE ENCUENTRAN EN LA INDUSTRIA	
2.1 Daños superficiales más comunes	9
2.1.1 Desgaste	10
2.1.1.1 Corrosión	10
2.1.1.2 Abrasión	11
2.1.1.3 Ataque químico	11
2.1.1.4 Corrosión atmosférica	12
2.2 Tipo de maquinaria más común que sufre daños superficiales	13

2.3 Consecuencias que surgen debido a daños superficiales en la industria	14
2.3.1 Bajo rendimiento de la maquinaria	14
2.3.2 Exceso en el consumo de suministros	15

3. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE A RESTAURAR

3.1 Verificación del material que se va a reparar	17
3.2 Aplicación de sandblast	19
3.2.1 Criterios de aplicación	21
3.2.1.1 Tamaño	21
3.2.1.2 Forma	22
3.2.1.3 Densidad	22
3.2.1.4 Dureza	22
3.2.1.5 Fragilidad	23
3.2.2 Manera de aplicación	29

4. APLICACIÓN DEL MÉTODO

4.1 Descripción del proceso	31
4.1.1 Compuestos resistentes a la corrosión	32
4.1.2 Compuestos resistentes a la erosión	34
4.2 Herramientas	35
4.2.1 Tipos de herramientas que se utilizan	35
4.2.2 Criterios de selección de herramientas	36
4.3 Aplicación	37
4.3.1 Mezcla de materiales	39
4.3.2 Manera de aplicación	40

4.4 Moldeo de la aplicación	42
5. RESULTADOS OBTENIDOS	
5.1 Evaluación de la aplicación	47
5.2 Comparación	49
5.2.1 Anterior	49
5.2.2 Actual	50
5.3 Defectos y causas posibles	51
6. MONITOREO CONTINUO	
6.1 Observaciones finales	53
6.2 Inspecciones para determinar la efectiva aplicación	53
6.3 Recomendaciones de operación	55
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1.	Estructura de los compuestos	5
2.	Estructura básica de las resinas epóxicas	6
3.	Compresor	18
4.	Sistema de presurizado	20
5.	Equipos de aplicación de sandblast	20
6.	Presión de la boquilla vrs. Eficiencia	30
7.	Herramientas para la aplicación de resina	36

TABLAS

I	Tabla de rendimiento de abrasivos	28
II	Angulo para la remoción de superficies	29

LISTA DE SÍMBOLOS

bar	Medida de presión
°C	Grados Centígrados
cm	Centímetros
mm	Milímetros
m. Pa*s.	Micro Pascal por Segundo.
mts	Metros
pH	Cantidad Ion Hidrógeno

GLOSARIO

Abrasión	Desgaste por fricción.
Alabes	Paleta de rueda hidráulica.
Bar	Unidad de medida de la presión atmosférica.
Corrosión	Desgaste o destrucción lenta y paulatina.
Curado	Endurecido, seco, fortalecido o curtido.
Distorsión térmica	Deformación durante su propagación, debido a la temperatura.
Ductos	Conducto, canal, tubería.
Epóxico	Se dice de un tipo de resina sintética, dura y resistente.
Erosión	Desgaste de una superficie producido por fricción o roce.
Halogenados	Se aplica a los elementos químicos electronegativos capaces de formar sales haloideas al combinarse con un metal.

Homogenización	Proceso relativo a contraer las mismas características del otro.
Impregnabilidad	Capacidad que tiene un cuerpo de hacer que penetren las partículas de un cuerpo en las de otro, fijándose por afinidades mecánicas o fisicoquímicas
Rebabas	Porción de materia sobrante que se acumula en los bordes o en la superficie de un objeto cualquiera.
Recubrir	Volver a cubrir.
Restaurar	Volver a poner una cosa en el estado o circunstancia en el cual se encontraba antes.
Sandblasteo	Sistema de chorro a presión de abrasivos.
Volutas	Estuche metálico en forma de espiral.

RESUMEN

Durante los últimos años se han producido nuevas tecnologías, las cuales producen un gran aporte en el campo de rendimiento de maquinaria, ya que estas novedades se encaminan a promover y facilitar el mejoramiento de las mismas tomadas desde un punto de vista tecnológico, en el cual este método de recubrimiento es una de ellas.

Este tipo de recubrimiento es un método que consiste en recubrir, restaurar y proteger superficies metálicas sujetas a la abrasión, corrosión y erosión solucionando así problemas de una manera más rápida y eficaz además de un rendimiento comprobado.

Asimismo crea una superficie uniforme y durable que se adhiere firmemente al metal base y son fáciles de mantener y reconstruir mejorando los recubrimientos de caucho y las losetas de cerámica. El método es especialmente desarrollado para proteger los equipos contra los costosos problemas causados por los agentes desgastantes, ahorrando así consumo de suministros para las empresas y mejorando el rendimiento de las mismas.

OBJETIVOS

General

Mejorar el rendimiento de la maquinaria industrial más común, revistiéndola de una manera tal que permita reducir la aplicación de suministros de la misma.

Específicos

1. Determinar y conocer las aplicaciones y principio de selección de materiales para la mejor aplicación del mismo.
2. Evaluar los problemas técnicos que pudieran tenerse para la realización de proyecto.
3. Aumento de la efectividad de las actividades realizadas por la maquinaria
4. Aplicación del método efectivo.
5. Disminución en la utilización de los recursos requeridos por la maquinaria
6. Mejorar la eficiencia de la industria

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo contiene toda la información necesaria para realizar proyectos de recubrimientos en una industria donde se requiera mantenimiento a la maquinaria que está sometida a un ambiente de desgaste o de corrosión. Dicha información abarca desde la definición de las resinas epóxicas, hasta la forma de realizar la aplicación de las mismas.

Se hace necesario que el estudiante tenga a su alcance un manual que facilite la ejecución y comprensión de las mismas. También poseerán un instrumento para la adecuación del equipo a la particular práctica que se desee realizar.

El trabajo se encuentra dividido en seis capítulos. El primer capítulo contiene la definición de resina, las propiedades y la estructura de las mismas. El segundo capítulo trata de los daños superficiales más comunes que se pueden encontrar dentro de una industria además de las consecuencias que surgen debido a los daños como el bajo rendimiento de las mismas y el exceso del consumo de los suministros. El tercer capítulo presenta como preparar la superficie antes de aplicársele el recubrimiento. El cuarto capítulo presenta la aplicación del método en descripción de los procesos paso a paso así como las herramientas a utilizar. En el quinto capítulo se evalúan los resultados obtenidos y en el sexto y último capítulo las observaciones finales y recomendaciones de operación.

1. CONCEPTOS GENERALES

1.1 Conceptos básicos sobre los compuestos

Las resinas epóxicas fueron descubiertas en Estados Unidos en 1947. Provocaron un impulso continuo en cuanto al desarrollo de materiales y procesos tanto de fabricación como de aplicación de pintura en polvo. Gracias a ello en el transcurso de los años, las resinas epóxicas han venido demostrando un desarrollo significativo, contándose hoy en día con una variedad de productos cuya característica principal es un excelente desempeño químico-mecánico, superior a la mayoría de los recubrimientos industriales tradicionales.

Debido a este excelente desempeño, las pinturas epóxicas encuentran amplios campos de aplicación en lo que se refiere a protección industrial, es decir, en aquellos donde se exige al recubrimiento una alta resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, humedad y agentes químicos agresivos tales como ácidos, bases y disolventes orgánicos.

Puede decirse que el nacimiento de la pintura en polvo tiene su origen en el desarrollo de las resinas epóxicas sólidas y de su aditivo de entrecruzamiento. Los buenos resultados alcanzados en estas primeras aplicaciones estimularon la investigación para el desarrollo de la tecnología.

El fundamento de esta tecnología es una micro estructura para lograr resinas consistentes, por tanto se preocupan en diseminar el efecto de adherencia sobre una superficie. Las fibras, además, suelen tener otro efecto

beneficioso, complementario, debido a que recubren y restauran superficies metálicas.

Interesan generalmente para aplicaciones en las cuales deban concurrir simultáneamente en un mismo material la ligereza, la resistencia a alta temperatura y una estable tenacidad.

Al conjunto de componentes se le llama formulación, sus principales objetivos son abaratar el costo, mejorar las características mecánicas, resistencia a la abrasión, además da la consistencia necesaria para su aplicación. Pigmentos minerales y orgánicos, tienen la función de mejorar el aspecto de los acabados dándoles el color. Los diluyentes, mejoran la facilidad de aplicación y permiten el aumento de carga. Los diluyentes convencionales, sólo se usan en casos de protección de superficies libres.

1.2 Descripción de acción de los compuestos

Los compuestos combinan las propiedades de alta dureza y gran resistencia al desgaste con una matriz de polímeros lo que proporciona excelente resistencia a la erosión y abrasión. Estos tipos de desgaste normalmente se obtienen en los equipos que manejan sólidos abrasivos, polvos secos y fluidos con flujo turbulento. En estas condiciones, los compuestos han durado y proporcionado mejor comportamiento que las soldaduras, recubrimientos de hule, losetas cerámicas y los epóxicos con relleno de cerámica convencional. Estos forman enlaces cruzados lo que hace que su peso molecular sea elevado. Las propiedades de humectación y de adherencia son excelentes. Tienen buenas propiedades eléctricas y resisten el choque mecánico, también la humedad, fluidos corrosivos y calor.

Los laboratorios de investigación de este tipo de compuestos han adaptado la tecnología de compuestos reforzados avanzados para crear superficies de ingeniería que de forma consistente superan el comportamiento de todas las otras tecnologías de materiales. Esta tecnología única ha llevado a la protección superficial a comportarse dramáticamente mejor que la tecnología de capa tradicional. La fiabilidad incomparable de estos compuestos, hacen de los mismos una opción adecuada en exposición a química severa.

1.3 Materiales utilizados

Los materiales que se utilizan resultan ser también, la gran mayoría, materiales compuestos; los compuestos, micrográficamente, presentan habitualmente matriz cerámica y en ella se hallan dispersos otros constituyentes también cerámicos. Estos compuestos suelen denominarse *SCC structural ceramic composites* que significa cerámicas reforzadas con fibras; que pueden ser dispersas o multidireccionales. Las fibras tienen por objeto mejorar la resistencia mecánica, la rigidez, o la tenacidad de la matriz, manteniendo el buen comportamiento del material a alta temperatura. Por eso será más propio hablar de resinas epóxicas que de materiales compuestos de matriz cerámica aunque, tanto en la práctica como en la teoría estos términos sean análogos.

Además, estos materiales corresponden a una variedad de resinas industriales de alto peso epóxico equivalente, las que derivan del avances controlado de una resina epóxica líquida base. Se suministran disueltas en un solvente orgánico con el objetivo de facilitar su manejo. Estas resinas epóxicas son y se utilizan ampliamente en la fabricación de revestimientos resistentes a la corrosión, revestimientos metálicos para metales, y son usadas principalmente en recubrimientos y superficies de acabado.

1.3.1 Propiedades

Dentro de las propiedades más importantes de las resinas epóxicas se encuentran: alta resistencia a temperaturas hasta 500°C, elevada adherencia a superficies metálicas, excelente resistencia a los productos químicos, son termoestables, químicamente inertes, no se encogen, y tienen buenas propiedades eléctricas. Además, se puede combinar con otros plásticos para obtener compuestos con nuevas características.

La estructura química de la resina epóxica hace posible un gran número de usos y aplicaciones. Por sus características, se han utilizado en diversas aplicaciones en empresas de mantenimiento de maquinaria, revestimientos, en juntas de dilatación y estructuras de concreto, empaques, industria gráfica, pinturas de barcos y plataformas, adhesivos estructurales; en la industria electrónica y muchas otras. Esto demuestra la gran versatilidad de estas resinas, con excelentes resultados sumados a costos adecuados y una óptima calidad del revestimiento final. Además estas resinas presentan excelentes propiedades químicas, tienen propiedades mecánicas, sobre todo a temperaturas moderadamente elevadas.

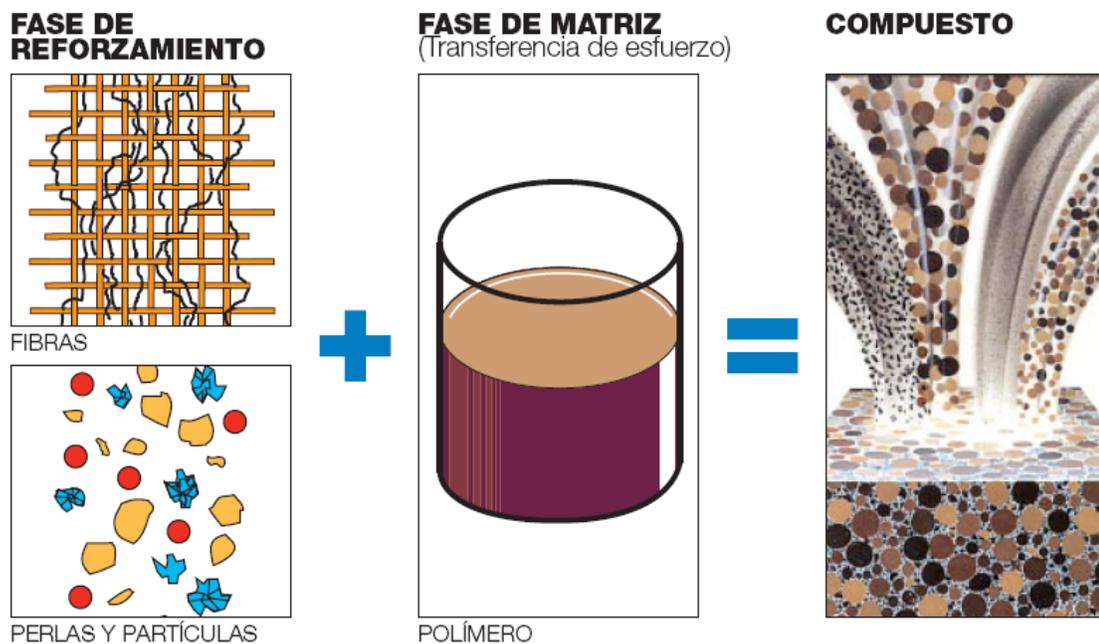
Tratando de buscar soluciones a los problemas de la industria, la investigación se ha desarrollado en los últimos años algunas resinas epóxicas. Este tipo de resinas representa características bastante interesantes en lo que se refiere a su interacción química con otras resinas termoendurecibles, pues genera productos finales con muy buenas propiedades de resistencia a la abrasión química, dieléctrica, flexibilidad y adherencia. Estos materiales se caracterizan por tener

cadenas poliméricas entrecruzadas, formando una resina con una estructura tridimensional que no se funde.

1.3.2 Estructura de los compuestos

Casi todas las resinas epóxicas comerciales se hacen a partir del bisfenol A (obtenido a partir del fenol y la acetona), y la epiclohidrina (producida a partir del alcohol alílico).

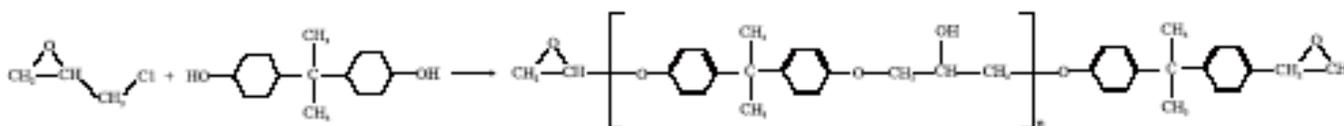
Figura 1. Estructura de los Compuestos



Fuente: STEVEN Jonh, **Arc Composites Technologies**, Pág. 18

El resultado de esta reacción es un polímero de cadena larga con grupos epóxicos en sus extremos, como puede verse en la figura 1.

Figura 2. Estructura básica de las resinas epóxicas



Fuente: Burns Roberto, **Recubrimientos protectores de los metales**, Pág. 21

Es posible obtener una variedad muy amplia de resinas con viscosidades que van desde líquidas hasta sólidas, variando su peso molecular. Además se polimerizan irreversiblemente bajo calor o presión formando una masa rígida y dura. Las uniones cruzadas se pueden obtener mediante agentes que las provoquen.

La matriz se logra mediante procesos sofisticados, no exentos de dificultades, por deposición del carbono sobre la superficie de las fibras y el interior de sus poros, desde fase vapor (a partir de hidrocarburos gaseosos); o mediante un proceso de impregnación de las fibras con líquidos orgánicos de adecuada viscosidad, densidad e impregnabilidad, al que sigue la carbonización. Se oxidan a velocidades tanto menores cuanto mayor es su pureza y la perfección de su estructura cristalina.

En las resinas, los enlaces ocurren a lo largo de toda la cadena molecular, volviéndolas menos susceptibles al ataque químico, sobretodo por oxidación, los dobles enlaces se sitúan en el extremo de la cadena molecular y reaccionan completamente en la polimerización, dándole mayor resistencia química a la estructura. No se da la absorción, y por ello, no afecta el endurecimiento. Dado que los dobles enlaces carbono-carbono son extraordinariamente activos. En consecuencia, las resinas endurecen de

manera rápida y consistente, brindando una rápida resistencia mecánica inicial y una superior resistencia a la deformación plástica. Los cuales son los factores responsables de la mayor resistencia con resina endurecida, sólo tienen enlaces cruzados terminales, toda la longitud de la cadena molecular se encuentra libre para estirarse cuando se ve sometida a esfuerzos y para absorber el choque mecánico o térmico. El resultado altamente resistente a las fisuras superficiales o en todo su espesor durante la aplicación, y la vida útil de las mismas.

2. DAÑOS SUPERFICIALES MÁS COMUNES QUE SE ENCUENTRAN EN LA INDUSTRIA

2.1 Daños superficiales más comunes

Toda la industria y cada planta tienen requisitos únicos de protección y recubrimientos. Los diseños variados de superficies y el amplio rango de productos puede minimizar tiempos muertos y maximizar sus inversiones protegiéndolas de: abrasión, erosión, corrosión, ataque químico y corrosión atmosférica.

Las ventajas para el usuario final en equipos y recubrimientos hechos de resinas resultan en un producto final con innumerables ventajas sobre los que se hacen con metales convencionales. Entre las ventajas se mencionan:

- Insuperable resistencia a la corrosión en los más variados ambientes químicos, inclusive a los ácidos, bases y solventes orgánicos.
- En temperatura ambiente o en temperaturas elevadas.
- Alta resistencia al impacto.
- Alta resistencia a la fatiga.
- Alta resistencia mecánica, aliada a un bajo peso.
- Excelentes propiedades de aislamiento térmico y eléctrico.

Las superficies cubiertas con resinas permiten facilidades adicionales en su aplicación y requieren un mínimo de mantenimiento durante un largo período de utilización y servicio. Ofrecen la ventaja significativa de costos durante la utilización y del uso continuo.

Estos productos pueden ofrecer:

- La posibilidad de curado a temperatura ambiente.
- No es necesario aplicar presión para la transformación y moldeo.
- Obtención de gran número de diferentes formas.
- Posibilidad de moldeo de piezas grandes y complejas a precios competitivos a pequeñas y medias escalas de producción.

Además de las siguientes características:

- Excelente estabilidad dimensional.
- Excelente resistencia a ambientes químicamente agresivos
- Excelentes propiedades mecánicas.
- Excelentes propiedades eléctricas.

2.1.1 Desgaste

Se define como desgaste como una desintegración progresiva de un sólido debido al impacto y rozamiento de un cuerpo de mayor dureza sobre la superficie de éste, entre estas tenemos corrosión, abrasión, ataque químico y corrosión atmosférica.

2.1.1.1 Corrosión

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. Corrosión es un ataque de un metal por reacción en su medio ambiente. El término corrosión se aplica a la acción gradual de agentes naturales, como el aire o el agua salada sobre los metales. Las resinas han sido diseñadas y fabricadas para satisfacer los requisitos críticos por su excepcional

resistencia a la corrosión, las resinas son especialmente indicadas para usos industriales bajo las más severas condiciones.

2.1.1.2 Abrasión

Se denomina abrasión a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material. Para ambientes abrasivos severos, los materiales compuestos se han vuelto el método preferido para reconstruir y actualizar equipos. Los equipos que se exponen a las partículas abrasivas pueden ser recubiertos con estos ya que son ideales para las reparaciones y mejoras de los equipos.

2.1.1.3 Ataque químico

Al exponerse una superficie metálica limpia a la acción del oxígeno, el metal comenzará a reaccionar con éste y formará óxidos. Según la temperatura y la concentración de oxidantes se observarán diferentes comportamientos. A mayor concentración y temperatura del oxidante se forma una película de óxido, cuyo espesor varía según las condiciones. Es usual diferenciar las películas delgadas de las gruesas, para estudiar el crecimiento de los óxidos. Hasta no hace mucho tiempo se creía que las películas delgadas crecían en forma continua a partir de la capa adsorbida, se suponía también que el espesor de la película era uniforme. Se demostró más tarde que la oxidación como en la sulfuración de metales, durante el crecimiento de la película forma óxidos y sulfuros respectivamente. Su existencia define propiedades importantes tales como textura, estructura y de los óxidos más gruesos.

Se pueden proteger del ataque químico aquellas superficies a las cuales pueden ser dañados por ácidos agresivos, condensación de vapores y alcalinos fuertes. Los compuestos se usan para máxima protección superficial.

2.1.1.4 Corrosión atmosférica

Sin tomar en cuenta medios muy agresivos, si no considerando solamente la atmósfera se encuentra que la mayoría de los metales en contacto con el medio ambiente forman un sistema termodinámicamente inestable con la única excepción de unos pocos metales llamados nobles (oro, platino, etc.) todos los demás metales en contacto con el aire deberían reaccionar rápidamente y transformándose en óxidos.

Dentro de la denominación corrosión han de considerarse los efectos de las acciones externas, siendo las principales las debidas a la atmósfera. Por la acción conjunta del agua, sea esta líquida, humedad del aire o agua condensada y precipitada de aire mas o menos saturado con ella, y los gases del aire y sales se producen ataques que acortan extraordinariamente la vida de los metales. Estos gases o sales determinan fundamentalmente el pH del agua. En el caso de ataque por agua pura, sin embargo, hay que considerar también la temperatura, pues el pH puede variar con la misma. Para equipos que están a la intemperie, los productos son formulados para minimizar en gran medida la corrosión y la pérdida gradual en productividad.

2.2 Tipo de maquinaria más común que sufre daños superficiales

En la industria en general se pueden ilustrar diversidad de casos de excelentes resultados de aplicaciones de resinas epóxicas en ambientes altamente corrosivos y expuestos a altas temperaturas.

Entre los usos más comunes en donde se ha visto un rendimiento comprobado es en la maquinaria que a continuación se describe:

- **Usos comunes:**
 - Tanques de almacenamiento de químicos.
 - Condensadores.
 - Impulsores.
 - Carcasas de Bombas.
 - Acero estructural.
 - Ventiladores y cajas.
 - Intercambiador de calor.
 - Reactores.
 - Bombas de Vacío.
 - Volutas
 - Bombas
 - Válvulas
 - Lavadoras de botellas
 - Enfriadores
 - Carcasas de motores
 - Recipientes para reacción
 - Chimeneas
 - Planchas de tubos

2.3 Consecuencias que surgen debido a daños superficiales en al industria

El tema tiene gran interés práctico, ya que se ha comprobado en numerosos países que los perjuicios ocasionados por la corrosión y daños superficiales en la maquinaria industrial representan el 1.5% y 3.5% del producto bruto nacional. Del total de aceros fabricados al año en los países latinoamericanos, se dice que un 10% se pierde en forma directa por corrosión y otro 10% por concepto de daños mecánicos, fallas de instalaciones y otros fenómenos.

2.3.1 Bajo rendimiento de la maquinaria y otras consecuencias

El bajo rendimiento de la maquinaria depende de varios factores en cuanto a esta sección hace mención de los equipos a los cuales no se les da un adecuado mantenimiento, a los cuales están expuestos a los diferentes tipos de desgaste. Si la exposición es intermitente, se puede lograr buen desempeño en temperaturas considerablemente más alta que las indicadas anteriormente. Al especificar una resina para un equipo o para un ambiente en particular, otros factores, más allá de la máxima temperatura de servicio, son igualmente importantes.

Entre ellos:

- Proyecto adecuado.
- Tipo de refuerzo.
- Secuencia y tipo de fabricación.
- Tipo de endurecimiento.
- Tipo y cantidad de impurezas. Presente en el producto químico o en el ambiente

2.3.2 Exceso en el consumo de suministros

Las empresas de acuerdo a las exigencias de precio por la competencia de mercado deben de buscar de minimizar sus costos optimizando sus procesos productivos procesos en línea, orden, limpieza, invirtiendo en herramientas de mayor eficiencia y menor consumo de energía neumática y sobre todo energía eléctrica, ahorrando el consumo de suministros dentro de las escalas de calidad permisibles. Evitando la utilización de materiales baratos y de menor calidad que perjudican las propiedades de estos materiales.

La capacitación constante de los aspectos técnicos y de dirección es importante, esto a través de los proveedores, que proporcionen y garanticen la calidad y satisfacción plena de los consumidores finales en este caso la industria.

Es por ello que las resinas epóxicas son una fuente importante para disminuir los suministros de una empresa, además que demuestran un alto grado de resistencia al los cambios térmicos, como se puede ver por las medidas de resistencia a la flexión, de resistencia eléctrica, de pérdida de masa, de estabilidad dimensional y de absorción de agua luego de largos períodos de exposición de 160 a 240 grados Celsius.

Las resinas representan una alternativa de material y producto terminado de grandes bondades y ventajas comparativas con otros materiales, tanto en términos técnicos mecánicas flexión, tracción, compresión, torsión, elasticidad, térmicas y aspectos económicos bajo costo de producción, diseños fáciles y económicos de desarrollar, materias primas de stock local, lo que le da una gran ventaja comparativa con otros materiales, es importante para las empresas

de difundir en mayor proporción estas bondades y poder obtener mejores oportunidades de negocio.

Es importante resaltar el uso de las resinas que en términos económicos y técnicos representa una gran alternativa para los tratamientos anticorrosivos, sobre todo en donde se requieren altas exigencias de resistencia química de gran concentración y temperatura de trabajo alto, es importante la difusión de este tipo de resina tanto en la industria minera y otras industrias donde su conocimiento todavía es poco desarrollado y aprovechando en mayor escala estos materiales.

3. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE A RESTAURAR

3.1 Verificación del material que se va a reparar

Los factores críticos que se deben tomar en cuenta para una aplicación exitosa son los siguientes:

- Apropiaada selección de productos para remover
- Condiciones de diseño estructural
- Que tipo de superficie se va a remover
- Ambiente (humedad, temperatura)
- Métodos de finalización

Ya que el propósito de la preparación de la superficie es asegurar el éxito de adhesión de la resina al metal. Es por eso que es bien importante la preparación de la superficie. Dependiendo lo que se requiera limpiar de la superficie que se va a restaurar o proteger, se hará una selección adecuada del abrasivo.

La aplicación con arena a presión de las superficies es la más eficiente ya que se usa con el propósito de limpiar o preparar una variedad de superficies, usando varios tipos de materiales abrasivos.

Esta limpieza se hace por medio de presión, que remueve oxido, y otras partículas extrañas que se adhieren a los metales además de que es bien confiable también por el tamaño de las superficies, la dureza, la densidad, y la figura de las mismas.

Esta aplicación de arena a presión proviene de la palabra en inglés proviene de los vocablos *Sand*: arena, *Blast*: presión (arena a presión), sin embargo este sistema no emplea necesariamente arena para su funcionamiento, por lo que lo definiremos como un sistema de sopleteo con chorro de abrasivos a presión.

Este sistema consiste en la limpieza de una superficie por la acción de un abrasivo granulado expulsado por aire comprimido a través de una boquilla. La limpieza con *sandblast* es ampliamente usada para remover óxido, escama de laminación y cualquier tipo de recubrimiento de las superficies preparándolas para la aplicación de un recubrimiento. Este equipo de chorro de abrasivo a presión, ahorra tiempo, trabajo y dinero en la limpieza de partes, siendo realmente el mejor método para remover óxido, recubrimientos y proporcionar acabados.

Se debe contar o seleccionar un compresor de aire capaz de producir un volumen de aire suficiente para mantener la presión en el equipo y así lograr un suministro continuo de aire.

Figura 3. **Compresor**



Fuente: Equipo de recubrimiento, **Catálogo de presentación**, Pág. 2

No todos los equipos para *sandblast* son iguales, por lo que se deben tomar en cuenta los siguientes factores antes de elegir alguno de ellos, de esta manera podrá obtener mayor eficiencia.

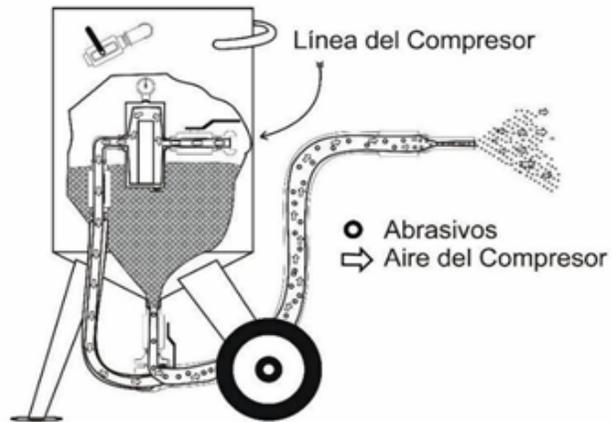
- Tomar en cuenta qué tipo de superficie va a limpiar.
- Seleccionar el abrasivo indicado para ese tipo de trabajo.
- Contar con un espacio para realizar la limpieza de las piezas.
- El volumen de trabajo a realizar.
- El acabado deseado.

3.2 Aplicación de sandblast

Sandblast es una maquina que aplica arena u otras partículas abrasivas manejado por un motor de reacción de aire comprimido o agua o por la fuerza centrífuga contra una superficie para limpiarla o desgastarla. Cuando la fuerza centrífuga se usa, los abrasivos giran en un dispositivo rápidamente rodando antes de que se dirija contra la superficie.

Los equipos presurizados son la opción más portátil para el manejo de la limpieza con chorro de abrasivos. La operación de los equipos presurizados es muy sencilla, Se vierte el abrasivo en la parte superior del tanque y una vez cargado éste se inyecta aire a presión dentro del mismo. El fluiría hacia la parte baja en donde se combina con el flujo de aire a presión que acelera la velocidad del abrasivo para expulsarlo por medio de la boquilla y así limpiar las superficies.

Figura 4. Sistema presurizado



Fuente: Recubrimiento de los metales, **Molera Solá**, Pág. 22

El aire del compresor le da poder, la olla de abrasivo lo almacena y lo distribuye, la manguera lo transporta y la boquilla acelera su velocidad. Todo es importante, pero el abrasivo es el que hace el trabajo.

Figura 5. Equipos de aplicación de sandblast



Fuente: Equipo de recubrimiento, **Catalogo de presentación**, Pág. 3

3.2.1 Criterios de aplicación

El tipo de abrasivo que usted utilice determinará el costo y la efectividad de la limpieza con chorro de abrasivo. Entre los factores relacionados con el abrasivo que afectan el desempeño de su equipo encontramos:

- El tamaño apropiado y tipo de abrasivo son importantes. Arena de sílice es el tipo más universal de abrasivo.
- Los factores mas importantes que se tienen que tomar en cuenta son los siguientes:

3.2.1.1 Tamaño

El tamaño de las partículas del abrasivo es sumamente importante para lograr un patrón de textura consistente al aplicar el chorro de abrasivo en la superficie. Los fabricantes de abrasivo utilizan varias nomenclaturas y numeraciones para definir el tamaño de sus productos. La medida uniforme entre todas las partículas de abrasivo se convierte en un parámetro de mucha importancia cuando el fabricante de recubrimientos especifica un perfil determinado para la superficie. Partículas más grandes cortarían demasiado profundo, dejando puntas muy marcadas que probablemente sobresaldrán del recubrimiento, esto favorecería a la oxidación. Para compensar dicha diferencia entre las cavidades más profundas y las puntas más altas, se tendría que aplicar varias capas de recubrimiento, lo que incrementaría el tiempo de trabajo y el costo total.

Partículas grandes remueven múltiples capas de pintura, corrosión pesada o lechada de concreto y dejan perfiles profundos en las superficies. Los abrasivos tamaño mediano remueven óxido ligero, pintura floja, y escamas de

acero delgadas. Las partículas pequeñas dejan perfiles superficiales y son ideales para el chorreado de abrasivo de metales de poco calibre, madera, plástico, cerámica y otras superficies semidelicadas, además son muy recomendables para marcar las superficies con algún logotipo que requiere de precisión en el corte del abrasivo.

3.2.1.2 Forma.

Las diferentes formas en los abrasivos ofrecerán diferentes perfiles en la superficie siendo las dos principales configuraciones de los abrasivos la angular y la esférica. Los abrasivos angulares trabajan mejor cuando se trata de desprender capas pesadas de pintura y corrosión. El abrasivo esférico en cambio, es mejor para remover escamas de fabricación y contaminación ligera

3.2.1.3. Densidad

Es el peso del abrasivo por volumen. Esta es la característica menos determinante que se tiene que tomar en cuenta para realizar un trabajo de *sandblast*, a menos que la diferencia de densidades sea muy amplia entre los distintos materiales. En la medida en que el material sea más denso, será mayor la energía con que se impacte contra la superficie.

3.2.1.4 Dureza.

La dureza del abrasivo determinará su efecto sobre la superficie que va a ser sandblastada. Si el abrasivo es más duro que el sustrato, dejará un perfil sobre la superficie. Si es más suave que la superficie, pero más dura que el recubrimiento, solamente removerá el recubrimiento. Si es más suave que el

recubrimiento, solamente limpiará la contaminación de la superficie sin remover el recubrimiento.

3.2.1.5 Fragilidad

Con fragilidad nos referimos a la tendencia del abrasivo a fragmentarse en partículas más pequeñas como consecuencia del impacto, mientras más frágil sea el abrasivo, menos veces puede ser reutilizado y más polvo generará. La arena sílica es extremadamente frágil debido a su composición de cuarzo y nunca debe ser reutilizada. En el primer uso, más del 70% de la arena se convierte en polvo desprendiendo peligrosas partículas de sílice, la gente expuesta al polvo de sílice, puede contraer una enfermedad llamada silicosis. La mayoría de los abrasivos fabricados y derivados de un producto, pueden ser reciclados varias veces, al igual que algunos abrasivos naturales como el granate y el pedernal. La escoria de cobre y níquel se fractura en partículas más pequeñas que pueden ser reutilizadas. La granalla de acero puede ser efectivamente reciclada unas 200 veces o más.

A continuación se presenta algunas aplicaciones y cualidades más características para los abrasivos más comunes:

- **Arena sílica**

Este abrasivo de bajo costo, se utiliza principalmente cuando se realizan trabajos en exteriores, ya que su precio es más económico y su uso no puede ser mayor a dos veces; su avance es mediano y le proporciona un buen acabado, es importante considerar que su fragilidad es muy alta por lo que es uno de los abrasivos que más polvo genera. Este abrasivo tiene un alto contenido de sílice por lo que puede presentar riesgos a la salud de los

trabajadores y debe de utilizarse bajo medidas de seguridad y siempre con el equipo de protección para el operador ya que puede producirle daños severos.

- **Escoria de cobre**

Este abrasivo también conocido como abrasivo negro o abrasivo ecológico se obtienen principalmente de 2 fuentes: la fundición de metal (cobre y níquel) y las calderas para generar poder eléctrico (carbón). La escoria de cobre ha aumentado su demanda debido a su capacidad de limpieza, disponibilidad, bajo contenido de sílice (menos del 1%), gran rango de medidas y su relativo bajo costo. Sus partículas duras y angulares le otorgan gran velocidad y capacidad de corte, haciéndola perfecta para una gran cantidad de usos. En algunas aplicaciones, quizá sea necesario reducir la presión del aire para evitar que las partículas de la escoria de cobre se inserten en el acero. La principal desventaja al usar escoria de cobre es su alta fragilidad, debido a la cual genera gran cantidad de polvo y limita su rehúso, además de que la escoria debe ser revisada de estar libre de contaminantes antes de comenzar a usarla.

- **Óxido de aluminio**

Este abrasivo angular es uno de los más populares debido a su rapidez en la limpieza, óptima profundidad en su corte y aceptable tasa de reutilización. Su principal característica es la velocidad de limpieza y/o preparación de superficies para aplicar recubrimientos, además, proporciona un excelente anclaje en las superficies lo cual es un requisito en la aplicación de recubrimientos. Con una adecuada regulación de la presión y elección del tamaño de grano se pueden obtener diferentes resultados, que van desde la limpieza de materiales fuertemente adheridos a las superficies, hasta el

grabado en vidrio, cerámica, resinas y otros materiales. La generación de polvo del óxido de aluminio es baja y es ampliamente recomendable para cabinas y sistemas presurizados en cuarto ya que puede llegar a tener una reutilización de 10 hasta 25 ocasiones. Al ser una partícula angular con un alto nivel de abrasión, su avance en la acción de corte es notablemente rápido dejando un buen acabado. La duración de una boquilla con inserto de carburo de tungsteno con un abrasivo de estas características disminuye considerablemente ya que se encuentra alrededor de 20 a 40 horas de trabajo.

- **Granalla de acero**

Este abrasivo se encuentra en dos presentaciones: angular y esférica; la esférica se usa regularmente en las máquinas granalladoras y tiene un ataque menos violento sobre la superficie, la aplicación de la granalla esférica sobre estructuras metálicas, ayuda a mejorar la resistencia a la fatiga de las piezas, este proceso es conocido como martilleo. La granalla angular la encontramos más frecuentemente en los equipos de *sandblast* y debido a su peso y dureza (Es el abrasivo más pesado), es magnífico para realizar preparación de superficies en aplicación de recubrimientos ya que deja un anclaje muy profundo. Es importante contemplar que si se trabaja con granalla de acero angular sobre materiales que no vayan a ser recubierto, algunas partículas pueden incrustarse sobre la superficie lo cual generará brotes de oxidación en el futuro. La granalla de acero es el segundo abrasivo que más se utiliza para hacer limpiezas para preparación de superficie ya que otra ventaja del gran peso de su partícula es la baja generación de polvo y como ya se ha mencionado su anclaje profundo es ideal para la aplicación de recubrimientos de alta tecnología Puede ser reutilizada 40 y en algunos casos hasta 200 veces.

- **Perla de vidrio**

Este abrasivo esférico también conocido como microesfera de vidrio es particularmente útil para proporcionar acabado sobre superficies metálicas como aluminio y acero inoxidable dejando un acabado satinado. Cuando los requerimientos de mantenimiento exijan la limpieza de las piezas sin atacar violentamente la superficie, se recomienda emplear perla de vidrio ya que el impacto de la microesfera sobre la superficie no desgasta significativamente el material, cualidad que la hace inadecuada si se va a pintar la pieza posteriormente.

La perla de vidrio es empleada en cabinas y cuartos con sistemas de succión o presurizados para procesos de limpieza de moldes, remoción de rebabas, detección de defectos de soldadura en superficies metálicas y limpieza de superficies con materiales ligeros como carbón o residuos en las superficies de pistones y válvulas, entre otros usos. La generación de polvo es baja, al igual que su velocidad de limpieza y puede reciclarse de 10 a 15 veces.

- **Media plástica**

Este abrasivo de bajo impacto está fabricado de resinas plásticas que pueden reciclado o manufacturado específicamente para la aplicación de abrasivos, hecho originalmente para la remoción de recubrimientos en armazones de aviones y componentes de naves espaciales tiene la particularidad de remover cualquier recubrimiento de casi cualquier producto ya que la partícula de plástico es mas dura que el recubrimiento pero mas suave que las superficies y puede limpiar sin dañar superficies delicadas como aluminio, latón, cobre, magnesio, acero delgado y titanio. Sus principales aplicaciones son en la limpieza de maquinaria industrial, troqueles, moldes

exteriores de aluminio, acero, fibra de vidrio, equipo de apoyo especial, sistemas de armas, paneles plásticos, cascos de embarcaciones marinas, etc. Puede ser usada para quitar, pintura, poliuretano, químicos resistentes adheridos a superficies, contaminantes y hasta carbón acumulado.

- **Bicarbonato de sodio (soda blast)**

El bicarbonato de sodio se convierte en una excelente opción cuando se requiere limpiar recubrimientos, pinturas, contaminación, grasa, oxidación, graffiti, etc. en superficies de ladrillo, concreto, mármol, cantera, madera, polímeros, fibra de vidrio, aluminio, acero, etc. Este abrasivo es sumamente útil para las empresas dedicadas al mantenimiento de edificios históricos, monumentos, esculturas de mármol ya que el daño sobre la superficie es casi inexistente y el desecho es soluble al agua. Este abrasivo permite inclusive remover pintura de vidrio sin esmerilarlo y puede llegar a remover oxidación y algunos recubrimientos de tecnología.

Su uso se recomienda básicamente en equipos especialmente diseñados para manejo de bicarbonato de sodio ya que se requieren condiciones especiales para el correcto flujo del abrasivo. También puede utilizarse en sistemas secos, sin embargo, esto no es muy recomendable ya que al ser una partícula tan fina genera demasiado polvo por lo que su uso está prácticamente sujeto a equipos con sistemas de sopleteo húmedo que eliminan el 100% de la generación de polvo

Al ser un abrasivo soluble, biodegradable y utilizado con sistemas de sopleteo húmedo (wet blast) se convierte en una gran alternativa cuando se requiera trabajar en lugares cerrados, o en condiciones donde no se pueda generar polvo y el manejo de desechos de arena y lodo sea complicado.

Existen algunas mezclas de bicarbonato de sodio, pero generalmente en cuanto a tamaño solamente tiene una presentación

Tabla I. Rendimiento de abrasivos

	Arena sílica	Escoria de cobre	Media plástica	Perla de vidrio	Granalla de acero (angular)	Óxido de aluminio
Forma	Angular / Elíptico	Angular	Angular	Esférico	Angular	Angular
Agresividad del abrasivo contra la superficie	Mediana	Mediana	Baja	Muy baja	Alta	Mediana/ Alta
Limpieza [L] Preparación de superficie [P] Grabado de mat. [G]	L / P	L / P	L / P	L / G	L / P	L / P / G
Rapidez de limpieza	Mediana	Mediana	Alta	Mediana	Alta	Alta
Fragilidad	Alta	Alta	Baja/ mediana	Mediana	Baja	Mediana
Costo por uso	Mediano	Mediano	Mediano	Bajo	Mediano	Mediano
Fuente	Natural	Derivados	Fabricado	Fabricado	Fabricado	Fabricado
Aplicaciones típicas	Limpieza en obra exterior	Limpieza en obra exterior	Quitar pintura, limpieza, remoción de rebabas	Limpieza, acabado	Remover materiales adheridos	Limpieza, acabado,

Fuente: Burns Roberto, **Recubrimientos protectores de los metales**, Pág. 85

3.2.2 Manera de aplicación

La manera de aplicar el sandblasteo es bastante simple ya que los diferentes tipos de abrasivo se resumen en dos tipos en angulares y esféricos y dependiendo solo de estos dos tipos se lleva a cabo la aplicación. Aunque la distancia y el flujo son bastante importantes para mejores resultados. El ángulo de destrucción puede afectar la distancia de la boquilla. Para mejor actuación de la aplicación con arena a presión, siempre mantenga las recomendaciones del ángulo y a distancia apropiada de la superficie de trabajo que es de 40 a 60 cms. y perpendicular a la misma.

A continuación se muestra una tabla para la aplicación del mismo, respecto a la superficie.

Tabla II. **Ángulo para la remoción de superficies**

Para Remover	Tipo de Abrasivo	Angulo de Corriente
Pintura de Metal	Sílice Esférico	0 – 30°
Pintura de Madera	Redonda	0 – 10°
Descascarar Metales	Redonda	0 – 15°
Oxido	Angular	0 – 25°

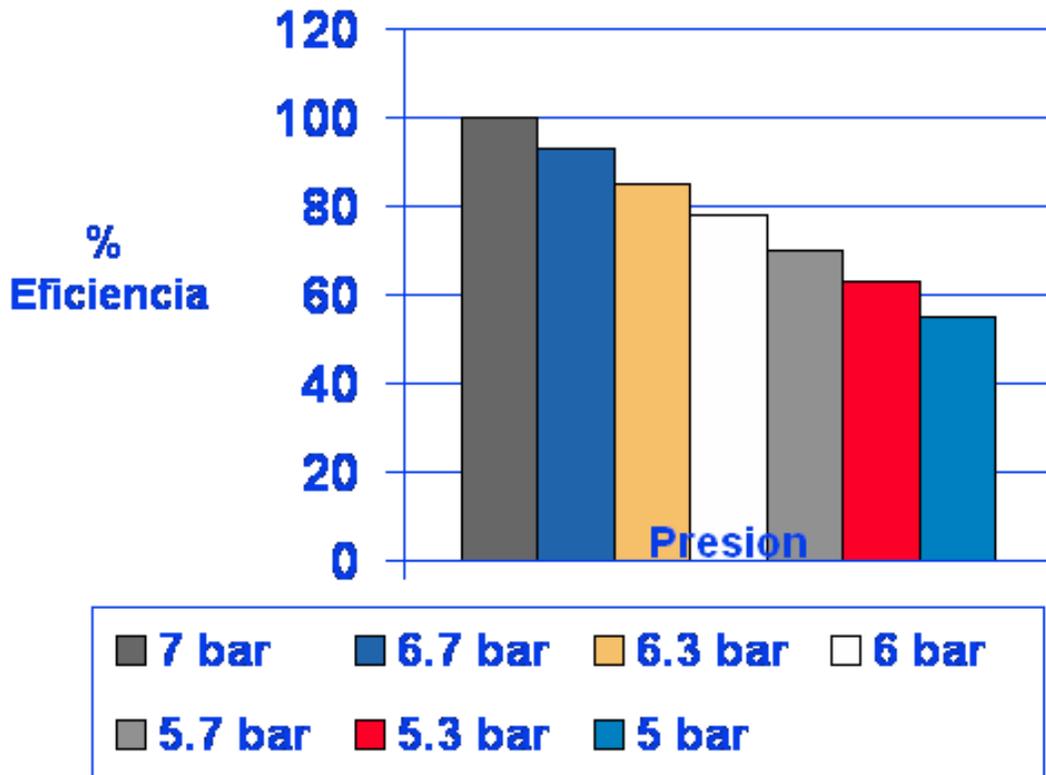
Fuente: Burns Roberto, **Recubrimientos protectores de los metales**, Pág. 91

Partículas angulares rasgan el recubrimiento y dejan texturas marcadas
Partículas esféricas golpean la superficie, fracturan el recubrimiento sin dejar una textura marcada.

Nunca utilice más de 3 mts. de manguera en la línea del abrasivo, ya que esto provocará problemas con la succión.

Para limpiar hierro, también es recomendable mantener el ángulo respecto a la superficie de 80 a 90 grados centígrados. Además de mantener el aire libre de aceite y agua.

Figura 6. **Presión de la Boquilla vs. Eficiencia**



Fuente: Recubrimiento de los metales, **Molera Solá**, Pág. 40

Como se puede observar en esta grafica, el rango esta basado en el volumen del aire comprimido de salida de la boquilla, ya que al incrementar el volumen se puede incrementar el rango de aplicación de limpieza. Y el óptimo rango de eficiencia de aire comprimido de la boquilla es de 6.7 bar.

4. APLICACIÓN DEL MÉTODO

4.1 Descripción del proceso

Dado que muchas de las variables que afectan el desempeño de un recubrimiento, que no se encuentran bajo control de los fabricantes de resinas, no se puede dar ninguna garantía expresa para el uso de una marca o proveedor de una resina específica, las condiciones de uso señalados en este capítulo varían, sin embargo, se tiene que estar de acuerdo con las normas de las resinas cuando se aplica el recubrimiento. Se ha indicado que las resinas epóxicas pueden ser usados en muchas aplicaciones sometidas a varias combinaciones de ácidos, orgánicos halogenados, soda cáustica y solventes. Con endurecimiento y moldeo adecuado, los recubrimientos hechos con resinas han demostrado capacidad para resistir solventes clorados a temperatura ambiente, sin perder sus propiedades.

Las resinas después del curado a una temperatura ambiental, se convierte en un estado sólido de alta resistencia que se obtiene mezclando proporciones específicas de la resina epóxica líquida y el endurecedor. Con un planteamiento adecuado es posible adaptar las características de manejo y las propiedades físicas del curado para adecuarlo a las condiciones de trabajo y la aplicación específica con el proyecto en mano. El propósito es de aplicar varias capas de epóxico que proporcionen una barrera eficaz una base de textura suave para el acabado final.

Con un proyecto adecuado, los equipos pueden ser utilizados a temperaturas muy por encima de la temperatura de distorsión térmica de la

resina. Ductos cubiertos con resina y con soporte adecuado han estado en uso por diez años bajo temperaturas de operación constantes. A veces es difícil prever hasta que punto puede ser agresiva una combinación de productos químicos sobre la misma.

El método no varía en cuestión de aplicación, consiste en hacer una mezcla dependiendo del tipo de recubrimiento y superficie, solo se tiene que tomar en cuenta el tipo de resina que se va a aplicar es por eso que a continuación se describen las más importantes.

4.1.1 Compuestos resistentes a la corrosión

Resinas resistentes a la corrosión con propiedades superiores expuestas a temperaturas elevadas, resistencia superior a la oxidación y a la mezcla de productos químicos, inclusive solventes. Estos productos son ideales para fabricar equipos que se utilizan en operaciones de concentración o combinación de productos corrosivos, son las más recomendadas para utilizar en la industria en general donde se requiera sus aplicaciones dadas las condiciones de los equipos. Como líquidos extremadamente viscosos, las resinas pueden formar mezclas homogéneas en cualquier proporción. Para la protección de la corrosión son solamente adecuados aquellos sistemas en los que se den asociadas, una ausencia de porosidad, buena adherencia, dureza, elasticidad y resistencia frente a los agentes externos. Hay que operar con sistemas de varias capas, cuyo número depende de las circunstancias específicas de cada caso. Dependiendo de la marca de fabricante y lo que se necesite hacer varían los nombres de los mismos, según para corrosión las especificaciones de los más comunes son los siguientes.

Dependen del grosor de cada uno pero se pueden denominar como cerámicos los siguientes. Que van desde el 1 hasta el 4 en cuanto a grosor se refieren.

1. El compuesto más resistente a la abrasión, esta altamente reforzado con perlas de cerámica, está diseñado para uso en áreas sujetas a abrasión extrema. Además puede ser moldeado a las dimensiones exactas con herramientas tradicionales, y es ideal para reparaciones donde comúnmente se usan aleaciones, losetas de cerámica o recubrimientos de caucho resistentes a la abrasión. Las aplicaciones incluyen bombas de lodos, abrasión por partículas en seco y placas de desgaste. El espesor mínimo de aplicación es de 6 mm.

2. Compuesto blanco puro, resistente a la abrasión, altamente reforzado con perlas de cerámica, diseñado para áreas sujetas a abrasión extrema. A diferencia del 1 puede ser moldeado a las dimensiones exactas con herramientas tradicionales y es ideal para aplicaciones donde la contaminación del material es prioritaria. Las aplicaciones incluyen conos de limpieza, álabes de mezcladoras de lodos y placas de desgaste. El espesor mínimo es de 3 mm.

3. Compuesto resistente a la combinación de abrasión extrema y alta temperatura, altamente reforzado con perlas de cerámica, diseñado para áreas sujetas a abrasión extrema en altas temperaturas. Con un postcurado adecuado, puede soportar servicios en seco en ambientes de hasta 260°C y es ideal para reparaciones donde comúnmente se usan aleaciones o losetas de cerámica. Las aplicaciones incluyen pulverizadores en altas temperaturas, extractores de hornos horizontales y ventiladores en altas temperaturas. El espesor mínimo es de 3 mm.

4. Este compuesto altamente reforzado con perlas de cerámica, resistente a condiciones químicas y de abrasión extremas, está diseñado para uso en áreas sujetas a severa abrasión en ambientes químicos agresivos. Puede ser moldeado a las dimensiones exactas con herramientas tradicionales y es ideal para reparaciones donde comúnmente se usan aleaciones, losetas de cerámica o recubrimientos de caucho resistentes a la abrasión. Las aplicaciones incluyen bombas de lodos corrosivos, álabes de agitadores y ductos de productos químicos. El espesor mínimo es de 6 mm.

4.1.2 Compuestos resistentes a la erosión

Se recomiendan bastante para reconstrucción de piezas. A diferencia de los otros estos son recomendados para utilizarlos en flujos continuos y no partículas en seco, varían también según espesor de los mismos.

Las características comunes de estos productos son:

- Un compuesto polimérico avanzado, reforzado con cerámica para proteger el equipo de corrosión agresiva, erosión y ataque químico ligero. Superficie terminada con espesor que reduce el arrastre y mejora la eficiencia en los equipos. Buen diseño bajo fluctuaciones de ambientes termomecánicos/químicos. Contiene refuerzo cerámico tratado con agentes de acoplamiento no corrosivos. Ligera resistencia a la abrasión. Manufacturado bajo vacío. Se aplica usando brocha ó rodillo.
- Compuesto de cerámica para la reparación de daños causados por la erosión, corrosión y ataques químicos. Se aplica fácilmente, su firme consistencia lo hace ideal para aplicaciones en equipos con circulación de líquidos (bombas y válvulas).

- Un compuesto aplicable con brocha para la renovación de superficies dañadas por la erosión y corrosión, es ideal para aplicaciones con circulación de líquidos, inmersión química, tanques y severa corrosión atmosférica.
- No es adecuado para resistencia contra lodos agresivos o severa abrasión por partículas en seco los recomendados son los que se utilizan para la corrosión. Disponible en negro o gris.

4.2 Herramientas

Dentro de las empresas se debe formar y mantener políticas y normas de seguridad, ambientes distribuidos de tal manera que garanticen la seguridad y correcto almacenamiento de los materiales, equipos básicos de seguridad personal, mascarar con filtros de polvo, orden y limpieza que son básicos e inclusive proporcionan mejores ambientes de trabajo y de mayor maniobrabilidad y seguridad.

4.2.1 Tipos de herramientas que se utilizan

Dado que la aplicación es por medio del contacto manual, las herramientas a utilizar son bien sencillas puesto que las mismas solo serán para aplicarse sobre alguna superficie. Por ser pinturas en polvo convirtiéndose en viscosas, las herramientas utilizadas son las que se utilizan para la aplicación de pinturas convencionales como por ejemplo brochas, rodillos y espátulas que se utilizan en el utilillaje o moldeo.

Figura 7. Herramientas para la aplicación de resina



Fuente: Equipo de recubrimiento, **Catálogo de presentación**, Pág. 1

4.2.2 Criterios de selección de herramientas

Las resinas epóxicas tienen muchas aplicaciones y muchos mercados. Las principales aplicaciones por segmento de mercado son: Construcción, mantenimiento y reparaciones de casco, equipos y accesorios de industria en general, etc. Y sobre todo en contra de la corrosión en partes como: Tanques, tubos, conexiones, ductos, bombas, partes de ventilador, contenedores, componentes de torres de enfriamientos, partes para partes de tratamiento de agua y residuos industriales, tanques sépticos, revestimientos de tanques.

Además de la gama de elementos que pueden producirse con el método de aplicación de que se trata, un lugar muy especial corresponde a los revestimientos, los que constituyen una de las aplicaciones más interesantes de la estratificación por contacto, ya que abarcan desde el forrado en función anticorrosiva de conductos, tanques y contenedores metálicos de todo tipo, al recubrimiento de piletas, terrazas, paredes, silos y depósitos subterráneos, túneles subterráneos, etc.; como también el revestimiento de maquinaria nueva y usada y el refuerzo o la recuperación de estructuras varias realizadas con otros materiales, hierro, acero inoxidable, hormigón, etc. Es por eso que la selección de herramientas queda a criterio de la maquinaria que se necesita recubrir.

4.3 Aplicación

Las resinas se suministran en forma de líquido viscoso, que se transforma de un estado líquido a un estado sólido. Una vez la resina ha obtenido su estado sólido, no podrá ser transformado nuevamente en estado líquido.

Básicamente, la aplicación es bastante sencilla: consiste en impregnar la superficie por medio de una resina previamente preparada, y mantenerla en la misma, hasta su endurecimiento.

Esta aplicación, aparentemente simple, encuentra sin embargo para su correcta realización dos obstáculos que han de ser debidamente conocidos y superados. Uno de ellos derivado de la necesidad de tener precaución con las entradas de aire; y el otro vinculado con el control de los factores que actúan sobre el tiempo de endurecimiento de la resina, cuyo endurecimiento deberá efectuarse en la forma y en el momento apropiados.

No se aconseja operar a temperaturas ambientes inferiores a los 15 °C, ni en presencia de elevados grados que podrían retardar considerablemente el tiempo de curado de las resinas. Independientemente del hecho de que la viscosidad de las resinas aumenta con la disminución de la temperatura lo que dificulta la impregnación, en igualdad de otras condiciones la temperatura ambiente influye de una manera decisiva sobre los tiempos de curado, a veces depende de la resina y su respectivo sistema catalizador.

En el momento de aplicación es recomendable que siga los siguientes pasos:

Evite las atmósferas explosivas tanto para los lugares de almacenamiento de materias primas, áreas de fabricación, almacén de productos terminados, etc. siendo entre otros los siguientes:

- Sitios con instalaciones eléctricas defectuosas donde se pueden originar chispas y cortocircuitos.
- Áreas de electricidad estática.
- Zonas descritas anteriormente aunadas a la acumulación de vapores orgánicos.
- Ambientes confinados sin ventilación adecuada.

Los pasos a seguir en la aplicación son los siguientes:

1. Preparar la superficie de la manera necesaria.
2. Mezclar la cantidad suficiente de resina que se pueda aplicar en la vida útil de la mezcla. Verter la mezcla en una cubeta para rodillos en cuanto haya sido mezclada a fondo.
3. Impregnar el rodillo o brocha con una cantidad moderada de resina epóxica. Quitar el excedente de mezcla sobre el rodillo o brocha en la parte elevada de la cubeta para obtener una capa uniforme sobre el rodillo.
4. Pasar suavemente de forma irregular sobre un área de aproximadamente 600 mm x 600 mm para depositar la resina epóxica uniformemente sobre el área

5. A medida que el rodillo o brocha se seca, se debe aumentar la presión para esparcir el epóxi y formar una película fina y uniforme. Aumentar la superficie de recubrimiento si es necesario para obtener una película más fina y uniforme.
6. Terminar el área con movimientos largos del rodillo, suaves y uniformes para reducir las marcas. Solapar el área que se acaba de cubrir para combinarlas.
7. Recubrir cuantas pequeñas áreas de trabajo sea posible con cada mezcla. Si una mezcla empieza a espesarse antes de poder aplicarla, desecharla y preparar una nueva mezcla más pequeña.
8. Arrastrar una brocha de espuma suavemente sobre el recubrimiento epóxico fresco usando movimientos largos y uniformes después de la aplicación de cada mezcla. Aplicar una presión suficiente para eliminar el picado pero no para quitar parte del recubrimiento.

Debemos considerar que las materias primas son volátiles e inflamables, asimismo el proceso de fabricación incluye una reacción exotérmica, debemos tener en cuenta que aún después del curado se necesita un ambiente sin humedad, razón por lo cual debe haber suficiente ventilación, así como evitar que se inflamen las resinas por contacto de cigarros, cerillos, fuego, soldadura autógena o eléctrica, motores eléctricos y de gasolina.

4.3.1 Mezcla de materiales

Las resinas epóxicas, no estará demás insistir sobre el hecho que de la correcta proporción y preparación de la mezcla, catalizadores y acelerantes, depende en máxima parte el éxito de la operación, cualquiera que sea el sistema que se adopte. Por lo tanto, tal preparación deberá hacerse siempre

bajo un estricto control recurriendo invariablemente a las indicaciones de los productos nunca a la estimación personal o subjetiva.

Este material debe ser manipulado con precaución, es muy recomendable utilizar varios recipientes de catalizador. Utilice siempre recipientes de plástico, con esto logra uniformizar el uso del catalizador para el curado de la resina y evitar derrames.

Evitar su inhalación, sus efectos son nocivos para la salud, su manipulación se debe realizar con respiradores de vapores orgánicos, así como la renovación de los cartuchos utilizados según indicaciones del proveedor.

4.3.2 Manera de aplicación

Tratándose de un método lento y que requiere como todos los de su clase una cierta habilidad manual para lograr resultados satisfactorios, pero muy valioso en otros aspectos, por que permite realizar prácticamente cualquier pieza pequeña, mediana o de grandes dimensiones.

Para la formación a mano requiere para facilitar la aplicación superficial de la pieza uniformidad, y solo la superficie de contacto con la resina resultara perfectamente acabada. Se necesita además de una suficiente rigidez, que puede obtenerse, con la limpieza de la superficie, presentar una superficie absolutamente lisa y lo más perfecta posible, teniendo presente que ésta será reproducida en todos sus detalles, por lo tanto, cualquier defecto o imperfección aparecerá inevitablemente en las piezas, lo que no siempre será fácil o factible corregir posteriormente.

Hecho esto, ya puede iniciarse la aplicación propiamente, que consiste en la colocación y adaptación capas de refuerzo previstas y su impregnación con resina. Para ello puede procederse a la aplicación con brocha de una primera mano de resina debidamente preparada.

Puesto que las resinas una vez catalizadas y aceleradas empiezan endurecer de manera irreversible en un tiempo relativamente breve, se aconseja preparar sólo la cantidad necesaria para la aplicación pero sin agregar el catalizador o el acelerante (solo cuando sea necesario). Estos compuestos se adicionan de vez en vez, sobre la proporción de resina destinada a utilizarse inmediatamente, dentro del margen de tiempo disponible. Operando sobre cantidades siempre iguales es posible evitar el riesgo de errores y el endurecimiento prematuro. Por el mismo motivo se aconseja no impregnar grandes superficies a la vez sino por zonas sucesivas, calculando bien las cantidades para poder trabajar cómodamente. Se debe cuidar de manera muy especial la uniforme distribución de la resina, sin excesos o deficiencias de ninguna naturaleza, particularmente, como ya ha sido dicho, la más completa eliminación de toda burbuja.

Para obtener un acabado superficial uniforme, es necesario, antes de iniciar aplicar preparado con su correspondiente agente de una primera capa de resina relativamente delgada pero perfectamente distribuida (a pincel o brocha), a fin de evitar zonas excesivamente ricas en resina, y por lo tanto frágiles, y otras casi carentes de ella.

Descarte los recipientes que se inflen o se haya pasado su fecha de caducidad. Nunca arrojar residuos al drenaje, los desechos deben ser clasificados y rotulados, debidamente almacenados en bolsas de polipropileno para su disposición final de acuerdo al plan de medio ambiente de la empresa u

localidad. Utilice recipientes de plástico, no de vidrio, ni metal. No exponga el catalizador al calor o sol. Almacenar los materiales en el área asignada por su empresa (fresca, bajo sombra). Si lo absorbe con trapos, mójelos inmediatamente. Utilice únicamente trapos o wype blancos y limpios, que no contengan grasa, ni acelerador. Si tiene un equipo de aspersion manténgalo siempre limpio, especialmente el tanque de almacenamiento de catalizador. La manera correcta de mezclar el catalizador con acelerador a la resina es la siguiente:

- Verter la resina en el recipiente
- Agregar cantidad correcta de acelerador
- Mezclar perfectamente dicha mezcla
- Agregar la cantidad correcta de catalizador
- Mezclar otra vez correctamente hasta su homogenización de la resina.

4.4 Moldeo de la aplicación

Las resinas epóxicas pueden ser moldeadas a mano por el método de contacto con la ayuda de un utilillaje muy simple. Se obtienen piezas lisas por un lado. Sobre la superficie deberá aplicarse una resina que sea resistente a la intemperie o a aquellos agentes agresivos que vayan a estar en contacto con la pieza. Es importante que este limpio y sin humedad. Una vez se ha aplicado, debe dejarse secar y posteriormente pulirse con un paño. La aplicación es muy importante sobre todo, dado que se deben ir tapando los poros que siempre hay presentes en su superficie. Posteriormente, no será necesario aplicarlo cada vez que se pase sobre la misma. La resina deberá tener un grosor entre 0.3-0.6 mm. Esta se recomienda aplicar con brocha y si es bastante el área de aplicación con rodillo.

Debemos disponer de un tiempo de secado de aproximadamente 15 min. No es recomendable que sea menor para que la temperatura no sea demasiada elevada, lo que podría producir grietas, pero tampoco mucho mas largo, que hace que se pueda producir un curado incompleto. Por este mismo motivo se debe trabajar en un lugar donde no existan corrientes de aire.

La aplicación se hace con pincel, con brocha rodillo o si se diluye en algo de resina con pistola.

Existen maquinas que trabajan a diferentes presiones; baja presión 4-6 bar y alta presión 20-140 bar, siendo estas ultimas las que no trabajan con aire a presión por lo que proporcionan recubrimientos de menor contenido en burbujas.

La resina puede ser mezclada con el catalizador o bien antes de ser aplicada. Una vez se aplicado sobre la superficie, debe operarse igual por moldeo a mano, pasando por rodillo acanalado para la eliminación de burbujas de aire.

Ventajas:

- Uso de un refuerzo de menor costo
- Procedimiento más rápido.
- Posibilidad de automatizar el paso del rodillo.

Desventajas:

- El espesor del recubrimiento y su homogeneidad depende en gran medida de la habilidad de la persona a cargo.
- Inversión necesaria para comprar el equipo.

- Es importante señalar que este método hay que usar resinas que posean una viscosidad entre 300-400 m. Pa*s, por lo que debemos tener las consideraciones adecuadas de trabajo.
- Al usar este tipo de materiales, la resina arrastraría las fibras cortadas en el sentido de la corriente de esta.

La aplicación de la resina en una superficie se puede hacer con diferentes métodos:

- Del centro a los bordes
- De un lado hacia el otro
- Desde los bordes al centro

El uso de este método nos permite obtener superficies lisas por ambos lados; esta a su vez tenemos el sistema puesto a punto, podemos obtener piezas mucho más rápidamente que a mano. Esta es una de las aplicaciones no reforzadas de las resinas. En la aplicación sobre superficies es muy importante el método de trabajo. Hay que conseguir que queden el menor número posible de burbujas, dado que estas dan un aspecto desagradable a la pieza. Es importante mejorar la impregnación de la pieza a restaurar o reparar, lo que favorece la salida de burbujas de aire que pudieran haber quedado atrapadas en las zonas rugosas de la pieza. Es imprescindible que las piezas estén perfectamente secas, libres de grasas (por lo menos durante un cierto tiempo). Hay que destacar que pueden afectarse los colores de algunas piezas.

Las resinas a utilizar son poco reactivas y de color claro. Los compuestos ofrecen al fabricante un material que posee unas altas relaciones de resistencia a peso, y al mismo tiempo, una libertad de diseño sin las limitaciones prácticas que vienen impuestas por los procesos de fabricación en

la tecnología de los metales. Mientras se lleva a cabo el recubrimiento, se debe recordar que cuanto más fina sea la película, más fácil será controlar su uniformidad, evitando así que se descuelgue o se hunda en cada capa. El uso de rodillos de finos, desechables, permiten un mayor control sobre el espesor de la película. Es menos probable que causen un desprendimiento de calor y dejan menos picado sobre la superficie que los rodillos con cubiertas más gruesas. Cortar las cubiertas en anchos más angostos para alcanzar áreas difíciles o para trabajar sobre superficies largas pero angostas.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

5.1 Evaluación de la aplicación

La característica es que de una forma u otra se obtiene un recubrimiento de los productos haciéndose resistente al contacto y que, junto a una mayor o menor resistencia mecánica y dureza presenta una buena adherencia a la base. Las películas así obtenidas se aplican por medios sencillos se trata de materias siempre que ya existen en el estado de resina de película sólida o lo alcanzan bajo las condiciones de formación de la película (formadores de película líquida). El concepto resina corresponde, en cierto modo, a un cuarto estado de agregación comprendido en el intervalo entre el líquido y el sólido cristalino. Si bien todo sistema capaz de formar películas puede concebirse como una resina, no todas las resinas pueden valer como formadores de película. Es fundamental el tener en cuenta que una película solo es de valor en la pintura cuando forma un recubrimiento que se adhiere tenazmente al material base, cuando esta adherencia desaparece, el sistema se convierte en una hoja, que solo tiene valor como tal y no como recubrimiento. Por tanto, sólo pueden considerarse como formadoras de películas aquellas resinas para las cuales la película originada se adhiere fuertemente a la base.

El que la resina se aplique generalmente en varias capas tiene su fundamento en varias circunstancias, ello es solo ventajoso si el efecto es verdaderamente protector, se confía a una capa de fondo, que se puede acomodar justamente a esta finalidad sin preocuparse de otras exigencias. Pero a esta capa de fondo sólo se le puede garantizar una duración si ella misma

tiene una protección suficiente para que se mantenga intacta bajo el ataque directo del ambiente.

Mientras sea posible el tratamiento cuidadoso de las resinas no se debe dejar de realizarlo, aún cuando no se observe una causa inmediata que lo exija, pues con ello se contribuye a la conservación y protección de los objetos pintados.

Para cualquier recubrimiento metálico, sea cual fuere la forma de preparación, lo importante para el efecto protector es que sea compacto y no poroso y por ello, cubra totalmente al metal base. El ataque sólo puede producirse, como si se tratara de un metal en bloque, por un desgaste más o menos regular del recubrimiento. El espesor está determinado por la duración y la empleabilidad de la pieza recubierta. Tales recubrimientos proporcionan una protección del metal base de tipo mecánico, y solo temporalmente.

De manera totalmente distinta se comportan los recubrimientos que no están bien hechos. Ello puede ocurrir por ser demasiado delgado inútiles para el fin propuesto, por tener poros debidos a una estructura cristalina desfavorable, porque son esponjosos. Siempre que sea posible hay que probar la aplicación bajo las condiciones reales o simuladas después de haber elegido la resina adecuada. Si hubiera disponibilidad de tiempo, se recomienda que las muestras sean evaluadas en periodos de 1 y 3 meses y, cuando los resultados lo requieran, cada 6 meses.

Se recomienda las siguientes evaluaciones:

- Variación del espesor.
- Aspectos después del tiempo de exposición.

Tomando por base los ensayos de laboratorio y los usos industriales de las resinas epóxicas, se considera que las temperaturas de operación se encuentran dentro de los límites de las resinas, para los equipos adecuadamente proyectados, fabricados e instalados. Estos datos son dados según hoja técnica dado por el proveedor de fabricante de la misma.

5.2 Comparación

5.2.1 Anterior

Los objetos deben recubrirse de tal manera que el metal base quede completamente cubierto. De ello se deduce principalmente que las piezas a recubrir deben estar acabadas de tal forma que no requiera ningún tratamiento posterior, ya que este deterioraría el recubrimiento. Cuando se haga absolutamente necesario un trabajo posterior se debe quitar el recubrimiento y luego se aplicará de nuevo. Debe considerarse como imprescindible la protección de todos aquellos objetos que deban sufrir la acción de un agente corrosivo en tanto se garantice una mayor vida del objeto o, todavía mejor, del recubrimiento. Esto significa que se deben anteponer los conocimientos relativos a la corrosión y sobre todo, las normas establecidas respecto a los espesores mínimos de los recubrimientos a las consideraciones económicas. Sólo así es posible retrasar la muy costosa destrucción de los metales.

Es suficientemente conocido, por la práctica que la forma del precipitado metálico depende esencialmente de la naturaleza del tratamiento en la superficie. Se hace referencia a ambientes en los cuales los equipos recubiertos con resinas presentan buen desempeño. En donde las mismas hacen referencia al alto grado de rendimiento que se puede lograr con la utilización de estas resinas.

Las características anteriores dependerán de la maquinaria que se va a reparar, pero por lo regular presentan características en las cuales necesitan mantenimiento en los cuales se recomienda crear un sistema de mantenimiento preventivo para evitar pérdidas mayores en la industria.

5.2.2 Actual

Estas son las características más comunes para las superficies donde se les aplica las resinas epóxicas.

- Terminado con la Rugosidad adecuada
- Tiene apariencia de un esmalte acrílico.
- Sus Colores son: Blanco, Gris y Azul.

Para lograr la mejor protección posible de un material con un recubrimiento hay que ver las condiciones de ataque a que ha de estar sometida la pieza protegida. Estas condiciones son ya conocidas gracias a numerosas investigaciones a pesar de ello, apenas existe un esquema que permita prever cual será la medida de protección más segura para unas condiciones dadas. La elección de una buena protección debe ser en todo caso la que proporcione mayor seguridad, pero siempre se debe tener en cuenta que la protección es solo temporal. El recubrimiento se gasta siempre más o menos por la acción del medio agresivo, y cuando desaparece queda el metal base, fácilmente atacable, expuesto a la corrosión.

5.3 Defectos y causas posibles

Todos los recubrimientos, cualquiera sea su naturaleza, es normal que presenten poros. Pero debe tenerse en cuenta que es muy frecuente considerar inútiles los recubrimientos cuando la causa se debe a los defectos del metal base, tales como sopladuras, poros, grietas, inclusiones, etc. El recubrimiento puede taparlos pero quedan siempre como puntos débiles. El medio corrosivo puede iniciar en ellos su ataque. Para que el metal base sea capaz de protegerse es necesario que este sano, frente al defectuoso fallan los mejores procedimientos. Se puede eliminar el efecto de la formación natural de poros, debida al crecimiento del precipitado sobre gérmenes aislados, con recubrimientos de espesor suficiente.

Burbuja o ampolla

- Detalles y formas incompletas
- Humedad excesiva

Excesivo adelgazamiento del espesor de la pared de la pieza.

- Variación en el espesor del material

6. MONITOREO CONTINUO

6.1 Observaciones finales

El recubrimiento epóxico se ha curado ahora al estado sólido y ha desarrollado el 90% de su resistencia definitiva. Se puede lijar y modelar en seco. El recubrimiento epóxico continuará curándose durante varios días pero en esta fase final del curado, la superficie cubierta debe ser lijada antes de volver a ser recubierta obtener un recubrimiento fuerte solo si se requiere.

6.2 Inspecciones para determinar la efectiva aplicación

Los resultados del grado de corrosión se establecen a partir de las variaciones de la superficie del material, del material mismo y del agente corrosivo. Además, muchas veces es deseable conocer la composición y calidad de los productos de corrosión.

La observación a ojo desnudo de la superficie del metal que se corroe es el método más racional y sencillo, y por tanto el más frecuentemente empleado para juzgar sobre la corrosión. Con tal observación se establece, la forma y la cantidad en que los productos de la corrosión se han depositado sobre la superficie, si la corrosión transcurre sin formación de productos sólidos o si los daños producidos sobre la superficie son grietas, etc. Como es natural hay que fijarse si el ataque es uniforme o localizado con picaduras. Cuando la corrosión es localizada es posible estimar el grado de corrosión por la magnitud y distribución de los lugares corroídos.-

En la corrosión se producen con frecuencia defectos superficiales cuyo reconocimiento es importante para juzgar el proceso de ataque. Los defectos resultan mas perjudiciales en el uso, por lo que respecta al las sollicitaciones mecánicas, las grietas que muchas veces no se descubren a ojo desnudo. Para comprobar su existencia se han desarrollado una serie de ensayos no destructivos. Como los más conocidos citaremos el de lechada de cal, humectación con líquidos fácilmente volátiles, el empleo de materiales fluorescentes, el de los polvos magnéticos, el de los indicadores radiactivos y los ultrasónicos.

Es evidente que la adherencia del recubrimiento al metal base debe ser perfecta, ya que si no es buena se producirá una destrucción intensificada de la base. En un lugar débil del recubrimiento se inicia el ataque, que progresa luego bajo el recubrimiento cuando penetra el agente corrosivo. La causa fundamental de una mala adherencia suele ser una preparación defectuosa de la superficie de la pieza a recubrir. La pieza debe haberse limpiado a fondo, siendo su superficie, puramente metálica, es decir libre de suciedad, de partículas metálicas procedentes del trabajo previo y sobre todo de grasa.

La temperatura tiene un profundo impacto en las propiedades de los recubrimientos en proceso de curado. En general, la viscosidad del agua varía muy poco con las diferentes temperaturas aparte del punto de congelación o ebullición. Los recubrimientos epóxicos en cambio sufren los cambios de temperatura hasta 10 veces más que el agua. Cuanto más frío está, más viscoso se vuelve el epóxi, perdiendo su fluidez. Estos cambios, tienen al menos tres consecuencias importantes a la hora de trabajar con epóxicos:

- Es mucho más difícil efectuar la mezcla de base-catalizador, recuerde a causa de las bajas temperaturas, la reacción química es mucho más lenta y comporta una reacción exotérmica más lenta y una reacción de curado incompleta o errónea provocando así, fallos en la adherencia.
- La viscosidad de la resina adquiere un aspecto tipo miel, siendo mucho más difícil de aplicar.
- El frío produce un incremento en la tensión superficial de la resina, facilitando así la formación de burbujas durante el mezclado y la aplicación problema importante cuando se trata de barnizar.

A pesar de que los problemas derivados de las bajas temperaturas pueden ser graves, con una planificación adecuada y tomando las precauciones necesarias, dichos problemas pueden ser fácilmente evitados.

6.3 Recomendaciones de operación

- **Primeros auxilios**

- Irritación de ojos y piel

Si le cae cualquier sustancia en los ojos, lavar con agua limpia durante varios minutos y acudir a un centro médico en forma inmediata.

No arrojar el catalizador al aire o al suelo, deposítelo siempre en una bolsa, libre de todo contacto de acelerantes (naftenato de cobalto, octoato de cobalto, etc.).

Usar jabón de pastilla al bañarse, para evitar irritaciones en la piel por la fibra de vidrio. Si le cae un material líquido en la ropa, quítesela y báñese inmediatamente. Usar siempre guantes de hule, nitrilo u otro material resistente a solventes orgánicos para manejar el catalizador.

- Inhalación de Vapores

Ventile y aleje los vapores de la cara del operador, utilice respiradores de vapores orgánicos. De sentir algún síntoma de dolor de cabeza, mareos, etc. la persona debe retirarse de la zona de trabajo, comunicar a sus supervisores y acudir a un centro de atención médica en forma inmediata.

Ubique los ventiladores cerca del piso (aprox. 80 cm.), use gabinetes para la extracción y de preferencia trabaje en locales ventilados y abiertos.

- Inhalación de polvos

Trabaje siempre en locales bien ventilados. Use siempre mascarillas de polvo en las operaciones de lijado y mascarillas de vapores orgánicos si no hay suficiente ventilación. También cuando se limpia la superficie por medio de *sandblast* ya que el aire puede contener partículas nocivas para la salud.

CONCLUSIONES

1. Los métodos de recubrimiento industrial son pocos, es por eso que el ingeniero de una empresa debe tener los conocimientos y la capacidad técnica en la aplicación del método.
2. Muchas variables afectan el rehúso que se dé al abrasivo, dentro de éstas están: la presión de aire, dureza de la superficie y la eficiencia del equipo para sopleteo con chorro de abrasivo.
3. Los equipos para limpieza con chorro de abrasivos (sandblast) pueden realizar diversas tareas como limpiar y preparar superficies para aplicación de recubrimientos, grabado de materiales, limpieza de contaminantes de la superficie, proporcionar acabados limpios y estéticos, difuminar defectos y marcas de herramientas, etc.
4. Al emplear este método en una empresa en donde se utilicen un tipo de maquinaria, en el cual se requiera algún tipo de recubrimiento se determinarían las ventajas de aplicar este método en comparación con otros, tomando en cuenta todos los aspectos técnicos, que pudieran tener influencia sobre el proyecto. Para la aplicación se consideran los conocimientos de ingeniería que permitan hacerlo con la especialización requerida.
5. Este método es de bastante importancia y utilidad, ya que es una aplicación bastante útil, que provee una protección de superficie lisa y resistente, protegiendo así el equipo y haciéndolo más eficiente protegiéndolo contra los agentes abrasivos.

RECOMENDACIONES

1. Es importante tomar en cuenta los parámetros técnicos de una aplicación en particular, para la correcta selección de los productos.
2. Se debe determinar el valor de la cantidad a utilizar en una aplicación, con el objetivo de evitar la cavitación.
3. Contar con un extintor tipo ABC de 9 Kgs. para mitigar y controlar algún inicio de fuego por cada ambiente de trabajo, se recomienda contar con un extintor móvil de 50 Kgs. de Polvo Químico Seco o espuma en las instalaciones, garantizando su operatividad de dichos equipos.
4. Para disminuir pérdidas se deben considerar los parámetros de selección de las mismas y detalles de diseño.
5. Limpiar todo derrame de materiales (resinas, peróxidos, acelerantes, estireno, etc.), todo lo contaminado se deberá clasificar y disponer según el manejo de residuos
6. Es necesario que elija el abrasivo más adecuado de acuerdo a los resultados que desea obtener estos factores inciden en el resultado de la aplicación

BIBLIOGRAFÍA

1. BURNS Roberto, **Recubrimientos protectores de los metales**, Madrid: Editorial Mc Graw Hill Interamericana, 1964, 680 pp.
2. ASCILI Giron, Michael Edward, **Guía de Recubrimientos y anticorrosivos de mantenimiento industrial (tesis)**, Guatemala USAC, 1976, 43 pp.
3. CORCUERA Rodríguez, Juan Carlos, **Condiciones y Operación en molinos de ingenios**, Guatemala: USAC. 1997, 112 pp.
4. ORTEGA Sarti, Carlos Enrique, **Sistemas de Protección a base de recubrimientos y pinturas para uso industrial (tesis)**, Guatemala USAC, 1990, 76 pp.
5. ROSALES Mendez, Luis Alberto, **Uso de recubrimientos Anticorrosivos para la Industria (tesis)**, Guatemala USAC 1981, 50 pp.
6. STEVEN Jonh, **Arc Composites Technologies**, USA: A.W Chesterton Co., 2000.
7. JACHARLES y FAACrane, **Revestimientos protectores contra la corrosión: Revestimientos Metálicos**, Editorial Mc Graw Hill Interamericana, 1984, 545 pp.
8. ABRACO, **Corrosion Study Used in Repairs**, 1995 Río de Janeiro Brasil.