



### 1. Introducción – La Capa Pasiva

La resistencia a la corrosión del acero inoxidable se debe a una película «pasiva» de un óxido complejo rico en cromo, que se forma espontáneamente en la superficie del acero. Éste es el estado normal de las superficies de acero inoxidable y se conoce como «estado pasivo» o «condición pasiva».

Los aceros inoxidables se autopasivarán espontáneamente cuando una superficie limpia se exponga a un entorno que pueda proveer de suficiente oxígeno para formar la capa superficial de óxido rico en cromo.

Esto ocurre automática e instantáneamente, siempre que haya suficiente oxígeno disponible en la superficie del acero. No obstante la capa pasiva aumenta de grosor durante algún tiempo después de su formación inicial. Ciertas condiciones naturales, como el contacto con el aire o con agua aireada, crearán y mantendrán la condición pasiva de la superficie frente a la corrosión.

De este modo los aceros inoxidables pueden mantener su resistencia a la corrosión, incluso si se hubiesen producido daños mecánicos (p.ej. rasguños o mecanización), y contar así con un sistema propio auto reparador de protección a la corrosión.

El cromo de los aceros inoxidables es el principal responsable de los mecanismos de autopasivación.

A diferencia de los aceros al carbono o estructurales, los aceros inoxidables deben tener un contenido mínimo de cromo del 10,5% (en peso) (y un máximo del 1,2% de carbono). Ésta es la definición de acero inoxidable dada en la norma europea EN 10088-1.

La resistencia a la corrosión de estos aceros al cromo puede mejorarse con la adición de otros elementos de aleación como níquel, molibdeno, nitrógeno y titanio (o niobio). Esto proporciona una gama de aceros resistentes a la corrosión para un amplio espectro de condiciones de trabajo, y además, potencia otras propiedades útiles como son la conformabilidad, la fuerza y la resistencia térmica (al fuego).

Los aceros inoxidables no pueden ser considerados como resistentes a la corrosión en todas las condiciones de trabajo. Dependiendo del tipo (composición) de acero, habrá ciertas condiciones en las que se pierda el «estado pasivo» y no pueda recomponerse. En ese caso la superficie se convierte en «activa», y se produce la corrosión.

Pueden darse condiciones activas en zonas pequeñas privadas de oxígeno de los aceros inoxidables, tal como en uniones mecánicas, esquinas compactas o en soldaduras incompletas o mal acabadas. El resultado puede ser formas «localizadas» de grietas o picaduras.



## 2. Comparación entre Descascarillado, Decapado, Pasivado y Limpieza

Los términos «descascarillado», «decapado» y «pasivado» frecuentemente se confunden, pero son procesos diferentes. Es importante tener claras las diferencias entre estos procesos de tratamiento de superficies en relación con los aceros inoxidables.

### 2.1. Descascarillado

Descascarillado es la eliminación de una gruesa capa de óxido visible de la superficie. Este óxido suele ser de color gris oscuro. Este proceso se hace rutinariamente en la planta siderúrgica antes de entregar el acero. El descascarillado en acería es un proceso que suele constar de dos fases, una para desprender mecánicamente la «cascarilla de laminación», la segunda para retirar la cascarilla suelta de la superficie metálica. A continuación la superficie de metal expuesta es normalmente decapada para retirar la capa de metal situada inmediatamente debajo de la cascarilla, pero esta fase del proceso debería ser considerada independientemente.

Aunque pudiera producirse algún ligero descascarillado en la zona de soldadura afectada por altas temperaturas o durante ciertos procesos de tratamiento térmico en elementos fabricados de acero inoxidable, generalmente no se necesitan operaciones adicionales de descascarillado.

### 2.2 Decapado

El decapado es la eliminación de una fina capa de metal de la superficie del acero inoxidable.

Se suelen emplear mezclas de ácido nítrico y fluorhídrico para el decapado de los aceros inoxidables. El decapado es el proceso utilizado para eliminar las manchas de termocoloración por soldadura de la superficie de elementos de acero inoxidable, en los que se ha reducido el contenido de cromo de la superficie del acero.

### 2.3 Pasivado

El pasivado se suele producir de modo espontáneo en las superficies de acero inoxidable, pero a veces puede ser necesario favorecer el proceso con tratamientos de ácido oxidante. A diferencia con el decapado, durante el pasivado mediante ácido no se elimina metal alguno de la superficie. En cambio la calidad y el espesor de la capa pasiva crecen rápidamente en el proceso de pasivado mediante ácido. Pueden darse circunstancias en que los procesos de decapado y pasivado se produzcan sucesivamente (en lugar de simultáneamente), durante tratamientos que empleen ácido nítrico, si bien el ácido nítrico por sí mismo sólo podrá pasivar las superficies de acero inoxidable. No es un ácido efectivo para decapar aceros inoxidables.

### 2.4 Limpieza

No puede dependerse solamente de los tratamientos por ácido para la eliminación de aceites, grasas, o contaminantes inorgánicos que podrían también impedir la correcta formación de la capa pasiva. Puede ser necesaria la combinación de tratamientos de desengrasado, limpieza, decapado y pasivado para preparar adecuadamente las superficies de acero inoxidable mecanizadas o manufacturadas para las condiciones de trabajo previstas. Si las piezas de acero inoxidable estuviesen sensiblemente cubiertas de grasa o aceite, entonces deberá realizarse una operación de limpieza antes del tratamiento por ácido.



### 3. Métodos de Decapado

Existe una serie de métodos de decapado que pueden emplearse en los elementos, módulos de construcción, y materiales de edificios de acero inoxidable. Los principales componentes de los productos de decapado del acero inoxidable son el ácido nítrico y el ácido fluorhídrico. Los principales métodos, empleados por los especialistas, en el decapado de elementos enteros o grandes superficies son:

- Decapado por inmersión en tanque
- Decapado por aspersion

La inmersión en tanque normalmente conlleva el decapado fuera del lugar habitual; en las instalaciones del fabricante o en las del especialista en decapado.

El decapado por aspersion puede realizarse «in situ», pero debe ser ejecutado por especialistas con los procedimientos y equipos adecuados de seguridad y eliminación de ácido. La inmersión en tanque tiene la ventaja de tratar todas las superficies del elemento para lograr una óptima resistencia a la corrosión y un acabado uniforme. Es también la mejor opción en aspectos de salud y seguridad puesto que siempre se realiza «in situ». El decapado llevado a cabo en las instalaciones de un fabricante o minorista de acero inoxidable especializado, donde el proceso puede ser minuciosamente controlado, minimiza además el impacto medioambiental del proceso.

Las áreas más pequeñas, especialmente alrededor de las zonas de soldadura, pueden decaparse mediante:

- Cepillado con pasta o gel
- Limpieza electroquímica

Estos métodos pueden aplicarse «in situ» y no requieren conocimientos especializados para su ejecución efectiva y segura. Es importante disponer de una experiencia y supervisión adecuadas para minimizar los riesgos a la salud, seguridad y medio ambiente al tiempo que se obtiene una superficie correctamente decapada. Puede producirse corrosión en las zonas tratadas si los tiempos de contacto con el ácido y los procedimientos de aclarado final no fuesen controlados adecuadamente conforme a las instrucciones del proveedor. Los tiempos de contacto para los diferentes grados (tipos) de aceros inoxidables pueden variar. Es importante que los operarios sean conscientes del tipo particular de acero que se está decapando y los riesgos de los productos empleados, de forma que se obtengan resultados seguros y satisfactorios. Es importante que todos los rastros de productos, residuos y desechos de decapado se eliminen completamente de la superficie de las piezas de acero, para conseguir una superficie completamente resistente a la corrosión y sin manchas de óxido. Los especialistas reconocidos en limpieza y recuperación de acero inoxidable suelen emplear agua destilada (desionizada) en el aclarado final para obtener los mejores resultados en materiales de construcción.

Su asociación nacional para el desarrollo del acero inoxidable más próxima podrá orientarle sobre los productos y proveedores de servicios de decapado disponibles en su zona.



#### 4. *Tratamientos de Pasivado*

La capa pasiva sobre los aceros inoxidable no es el simple óxido o «cascarilla», que se formaría calentando el acero. Durante el calentamiento la capa pasiva natural transparente aumenta de grosor formando manchas de «termocoloración» y finalmente una cascarilla gris de óxido. La consecuencia de estas capas visibles de óxido es normalmente una reducción de la resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Los componentes de acero inoxidable, como los elementos de hornos, diseñados para funcionamiento a altas temperaturas hacen uso de estos recubrimientos de cascarilla de óxido más gruesos, y resistentes, para la protección frente a la oxidación a altas temperaturas.

En cambio, los componentes pensados para condiciones de trabajo a temperatura «ambiente» dependen de una fina «capa pasiva» transparente para la protección frente a la corrosión.

Aunque este proceso de pasivado se suele producir espontáneamente, el proceso de formación de la capa pasiva de óxido rico en cromo puede favorecerse en entornos muy oxidantes. El ácido nítrico es extremadamente útil para ello, y su uso está muy extendido en los tratamientos de pasivado de acero inoxidable disponibles comercialmente.

Ácidos menos oxidantes, como el ácido cítrico, también pueden ayudar a la formación de la capa pasiva.

El pasivado por ácido debería ser considerado como una excepción, en lugar de como la norma para componentes y elementos de acero inoxidable. El acero recibido de acerías y mayoristas reconocidos será completamente pasivo. Sin embargo puede ser necesario el tratamiento en piezas mecanizadas de formas complejas. En estos casos particulares el aporte de oxígeno a todas estas superficies recién formadas podría ser limitado, implicando que el proceso natural de pasivado tarde más tiempo en realizarse, en relación con superficies al descubierto.

Existe el riesgo de que si piezas como éstas fuesen puestas en servicio en un entorno, normalmente considerado como apropiado para el tipo de acero particular empleado, pudieran no ser completamente pasivas y sufrir corrosión de forma impredecible. Los tratamientos de pasivado realizados en estas circunstancias eliminan este riesgo de corrosión innecesario.

Es importante que las superficies de acero estén libres de cualquier cascarilla de óxido (descascarilladas), tengan sus capas exteriores de metal protegidas por cromo de la formación de óxido o de las que se hayan eliminado las manchas de termocoloración mediante decapado, y estén limpias (sin contaminación orgánica, lubricantes de máquinas, aceites y grasa), antes de realizar los tratamientos de pasivado por ácido. Si no fuese así, estos tratamientos de pasivado no tendrán plena efectividad.

#### 5. *Termocoloración de Soldadura*

La termocoloración es el resultado del engrosamiento de la capa de óxido transparente que se forma espontáneamente en la superficie del acero. Los colores producidos son similares a los «colores de templado» apreciables en otras superficies de acero después de los tratamientos térmicos y van desde tonos pajizos claro al azul oscuro.

La termocoloración suele verse en las zonas afectadas por el calor de los elementos soldados de acero inoxidable, incluso cuando se ha aplicado una adecuada protección con gases (otros parámetros de soldadura como la velocidad pueden afectar al tono del color de la mancha térmica formada alrededor del cordón de soldadura). Según aparece la termocoloración en la superficie del acero inoxidable, el cromo se va desplazando hacia la



superficie del acero, puesto que el cromo se oxida más fácilmente que el hierro del acero.

Esto hace que quede una capa justo por debajo de la superficie con un nivel inferior de cromo que en el volumen interior del acero, y por tanto una superficie con una resistencia menor a la corrosión. Las manchas de termocoloración por soldadura visibles sobre las superficies de acero inoxidable reducen la resistencia a la corrosión de la superficie. Es una buena medida eliminar todas estas manchas visibles. Para aplicaciones de construcción, esto no sólo mejora la imagen estética de los elementos de acero inoxidable soldados, sino que además devuelve al acero su resistencia a la corrosión.

La termocoloración de los elementos de acero inoxidable puede eliminarse mediante métodos de cepillado ácido con pasta o gel, decapado por aspersión, decapado por inmersión en tanque o limpieza electroquímica, después de un desengrasado rápido de la zona afectada. Podría ser necesaria una combinación de técnicas de acabado, puesto que no puede dependerse exclusivamente de tratamientos sólo de ácido nítrico para eliminar suficiente metal de la superficie. Esto podría incluir tratamientos mecánicos (amolado o abrasión), seguidos por una descontaminación con ácido nítrico.

Es importante eliminar las manchas de termocoloración de caras ocultas de las soldaduras de los elementos, cuando sea probable que dichas caras queden al descubierto en el entorno de trabajo.

Las instrucciones de preparación del decapado del proveedor deben seguirse minuciosamente cuando se eliminan manchas térmicas que contengan ácidos nocivos para la salud. También podría producirse la picadura de la superficie del acero inoxidable, si se empleasen tiempos de contacto excesivos.

#### *6. Contaminación por manchas de óxido*

Para una óptima resistencia a la corrosión, las superficies de acero inoxidable deben estar limpias y sin contaminación orgánica (grasa, aceite, pintura, etc.) o metálica, especialmente de restos de hierro o acero al carbono.

El acero inoxidable servido por productores, mayoristas o fabricantes prestigiosos normalmente estará limpio y libre de contaminación.

Los artículos fabricados rigurosamente a partir de aceros inoxidables adecuados con un acabado apropiado a su aplicación, no presentarán manchas de óxido, a menos que se infiltre contaminación.

Las manchas de óxido por contacto de la superficie con piezas de acero al carbono ordinario se suele considerar como una corrosión de la propia superficie de acero inoxidable. Esto puede ir desde una ligera «pelusa» amarronada o rasguños de óxido hasta picaduras de la superficie en elementos como pasamanos. Ésta es una causa común de los problemas detectados en la instalación y entrega de elementos de construcción de acero inoxidable. «La contaminación por hierro», como se denomina habitualmente, puede ser costosa de eliminar tras la entrega. Se evita fácilmente mediante una atenta manipulación y con los adecuados procedimientos y controles de fabricación, pero puede eliminarse mediante tratamientos adecuados.



Entre las fuentes habituales de contaminación por hierro en los elementos de acero inoxidable están:

- El uso de herramientas, y equipos de proceso y manipulación de acero al carbono (guardas, soportes, ganchos y cadenas de elevación, etc.) sin una adecuada limpieza.
- El corte, fabricación o ensamblaje de metal en fábricas de «diversos metales», sin medidas de separación o limpieza apropiadas.

Si se sospecha que se ha producido una contaminación de la superficie, existe una serie de pruebas aplicables. Las normas americanas ASTM A380 y A967 resumen las pruebas de contaminación por hierro.

Algunas de las pruebas simplemente buscan manchas de óxido por contacto con el agua o en entornos de alta humedad, tras tiempos de exposición específicos. Pero para detectar que el hierro libre es el causante de las subsiguientes manchas de óxido, deben aplicarse pruebas de «ferroxyl».

Estas sensibles pruebas detectan la contaminación por hierro libre y óxidos de hierro. El apartado 7.3.4 de la ASTM A380 especifica el procedimiento detallado que hace uso de una solución de prueba de ácido nítrico, agua destilada y ferrocianuro potásico.

Aunque esto puede hacerse siguiendo las instrucciones de la ASTM A380, los preparados de pruebas deberán obtenerse de proveedores especializados en decapado y limpieza de acero inoxidable. Su asociación nacional para el desarrollo del acero inoxidable más próxima podrá orientarle sobre los productos y proveedores de servicio de decapado disponibles en su zona.

Si se detectase contaminación por hierro, deberá eliminarse cualquier rastro.

Se puede emplear cualquier proceso de descontaminación que pudiese eliminar completamente el hierro incrustado, pero es importante que toda la contaminación sea eliminada y no esparcida por otras zonas de la superficie del elemento de acero inoxidable. Un proceso de eliminación que incluya una fase de solución ácida es preferible a métodos de limpieza abrasivos de fase única, como el cepillado con cerdas de metal o la limpieza mediante almohadilla de nailon abrasivo.

Deberán evitarse los preparados de ácido nítrico/fluorhídrico cuando sólo se necesite descontaminar las superficies de acero inoxidable. El ataque químico de la superficie que podría producirse –cuando se usen estos agresivos ácidos de decapado– podría ser intolerable para las superficies descontaminadas.

Su asociación nacional para el desarrollo del acero inoxidable más próxima podrá orientarle sobre las compañías especializadas en la eliminación de la contaminación por hierro y de la restauración y limpieza general de los elementos de construcción.

### *7. Especificaciones de Decapado y Pasivado*

Los tratamientos de decapado por inmersión en tanque, por aspersión y de pasivado por ácido nítrico deberán confiarse a fabricantes o especialistas del acero inoxidable.

La selección y control de estos procesos potencialmente peligrosos son críticos para garantizar la obtención de acabados resistentes a la corrosión satisfactorios.

Deberán seleccionarse cuidadosamente operadores especializados, asegurándose de que trabajan conforme a todas las normativas, códigos y leyes de salud, seguridad y medio ambiente correspondientes a estos procesos.

Cuando proceda, los procesos y acabado de la superficie final deberían ser acordados y especificados. El compromiso contractual del acabado superficial se alcanza, en general,



mediante un intercambio de los parámetros de medidas superficiales, incluyendo rugosidad (Ra), reflectividad o brillo, pero deben ser confirmados por los representantes de las muestras producidas por la empresa de acabados superficiales.

El pasivado se recoge en la Norma Europea:

- EN 2516:1997: Pasivado de aceros resistentes a la corrosión y descontaminación de las aleaciones de níquel.

Se asignan Clases de Proceso a las diversas familias de acero inoxidable, que definen una o dos fases de los tratamientos de pasivado utilizando soluciones de ácido nítrico o de dicromato sódico.

Las Normas Americanas cubren una gama más amplia de procesos incluyendo la limpieza, decapado y pasivado. Las principales normas son:

- ASTM A380 - Norma de Limpieza, Descascarillado y Pasivado de Piezas, Equipos y Sistemas de Acero Inoxidable
- ASTM A967 - Especificación de Tratamientos de Pasivado Químico de Piezas de Acero Inoxidable

Su asociación nacional para el desarrollo del acero inoxidable más próxima podrá orientarle sobre las compañías especializadas en el desarrollo de normas de acabado de superficies para proyectos específicos.

\*\*\* Fuente: [www.euro-inox.org](http://www.euro-inox.org)\*\*\*