



Desengrasado del acero inoxidable: el factor crítico invisible en los tratamientos superficiales industriales (limpieza previa al pasivado)

En la fabricación e ingeniería de equipos e instalaciones en acero inoxidable (fundamentalmente familias austeníticas, como AISI 304/316L, y austenoferríticas o dúplex), la resistencia a la corrosión y el acabado superficial no dependen únicamente del aleante o del tipo de pasivado final. La presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos invisibles —tales como lubricantes de embutición, aceites de mecanizado, pastas de pulido y grasas de manipulación— genera una barrera física e hidrófoba que compromete los procesos posteriores de decapado, pasivado o electropulido.

Analizamos la fisicoquímica del desengrasado previo, las consecuencias electroquímicas y metalúrgicas de una limpieza defectuosa, los métodos de validación en planta y la integración de estándares internacionales (ASTM A380, ASTM A967, ASME BPE).



Interior de un depósito durante el desengrasado

Naturaleza y tipología de la contaminación superficial

Durante la conformación, mecanizado, corte y soldadura de componentes de acero inoxidable, la superficie metálica entra en contacto con múltiples fluidos de proceso. Estos contaminantes se dividen principalmente en dos categorías:

Contaminantes orgánicos

- **Lubricantes de corte y taladrinas:** Emulsiones acuosas o aceites puros con aditivos de extrema presión (EP), a menudo sulfurados o clorados.
- **Aceites de estampación y embutición:** Cadenas hidrocarbonadas largas diseñadas para soportar elevadas cargas mecánicas.
- **Ceras y pastas de pulido mecánico:** Aglomerantes grasos con partículas abrasivas suspendidas.
- **Grasas corporales y huellas dactilares:** Sudor y grasa humanos, ricos en cloruros (NaCl) y en ácidos grasos libres, respectivamente.

Contaminantes inorgánicos y mixtos

- **Partículas de contaminación cruzada:** Polvo de acero al carbono depositado por proyecciones de amolado o manipulación previa.
- **Sales solubles y jabones metálicos:** Formados por reacción de ácidos grasos con cationes metálicos durante los procesos de conformado a alta presión.

El mecanismo barrera: ¿por qué el acero inoxidable necesita el desengrasado?

El acero inoxidable es resistente a la corrosión gracias a la formación espontánea de una película pasiva de óxido rico en cromo (Cr_2O_3), con un espesor típico de entre 1 y 3 nm. Para que los reactivos decapantes (combinaciones de ácido nítrico HNO_3 y fluorhídrico HF) o las soluciones pasivantes actúen homogéneamente, el reactivo químico debe contactar directamente con la red cristalina del metal base.



Bloqueo hidrófobo y falta de homogeneidad del decapado

Los aceites y grasas son no polares e hidrófobos. Las soluciones de decapado acuosas ácidas no humectan ni penetran adecuadamente una capa de hidrocarburos. Como resultado:

- **Decapado parchado:** Las zonas exentas de grasa reciben un ataque químico adecuado, mientras que las zonas protegidas por el aceite no se decapan, reteniendo la capa de óxido refractario de soldadura y la zona afectada por el calor (ZAT) empobrecida en cromo.
- **Corrosión por picaduras (pitting):** Se generan micropilas galvánicas entre las zonas correctamente decapadas/pasivadas y las zonas contaminadas.

Pirolización de hidrocarburos durante el soldeo

Si se realiza un proceso de soldadura (TIG/MIG) o un tratamiento térmico sobre una superficie no desengrasada, los hidrocarburos se pirolizan a alta temperatura ($>400\text{ }^{\circ}\text{C}$). El carbono se difunde en la matriz austenítica formando carburos de cromo (Cr_{23}C_6) en los bordes de grano. Este fenómeno, conocido como sensibilización, empobrece el contenido de cromo libre en el entorno del borde de grano por debajo del límite crítico del 10,5 %, desencadenando corrosión intergranular.

Interferencias en el electropulido

En el electropulido anódico, la presencia de una película dieléctrica de grasa altera la distribución de la densidad de corriente (A/dm^2). Esto produce un ataque irregular, marcas de picado electrolítico (pitting por gas o por resistencia localizada) y la dificultad para alcanzar la rugosidad requerida ($R_a < 0,2 - 0,4\text{ }\mu\text{m}$).

Tecnología química del desengrasado industrial

El proceso de desengrasado debe seleccionarse en función de la naturaleza de la contaminación, la geometría del equipo y el método de aplicación (inmersión, aspersión o circulación CIP, del inglés Clean-in-Place).

Formulación de soluciones desengrasantes

- **Desengrasantes alcalinos:** Formulados con hidróxido sódico o potásico, silicatos y carbonatos. Actúan mediante saponificación de grasas animales/vegetales y emulsión de aceites minerales mediante tensioactivos no iónicos o aniónicos.
- **Desengrasantes ácidos (basados en ácido fosfórico):** Especialmente eficaces cuando se busca combinar la eliminación de grasa ligera con un leve acondicionamiento superficial. Formulaciones comerciales avanzadas utilizan una mezcla de ácido fosfórico (10-25 %) y tensioactivos específicos para degradar la matriz lipídica, con menor

emisión de vapores agresivos que los sistemas nítricos.

- **Desengrasantes biodegradables de bajo impacto ambiental:** Sistemas tensioactivos acuosos con agentes quelantes libres de solventes clorados o compuestos de impacto en el entorno laboral.



Parámetros críticos de control operativo

Para garantizar la eficacia del proceso, la ingeniería de planta debe controlar los parámetros esenciales: concentración, temperatura, tiempo de contacto y modo de aplicación (impulsión, recirculación o aspersión a presión).

Metodologías de validación y control de calidad en planta

La inspección visual es insuficiente en superficies interiores o inaccesibles; conviene complementarla con ensayos cuantitativos o semicuantitativos como los recogidos en ASTM A380 y ASME BPE.

Prueba de la rotura de la película de agua (Water-Break Test)

Según ASTM F22, se rocía la superficie limpia con agua desmineralizada.

- **Superficie limpia:** El agua forma una película continua y homogénea sobre la superficie metálica durante al menos 30-60 segundos (ángulo de contacto muy bajo).
- **Superficie contaminada:** La película de agua se rompe rápidamente formando gotas o regueros debido a la hidrofobicidad ejercida por los restos de aceite.

Prueba del trapo blanco (White Cloth Test)

Consiste en frotar con firmeza las zonas críticas (interiores de depósitos, codos de tuberías, cordones de soldadura) con un paño sintético blanco que no libere pelusa, impregnado en un solvente no contaminante o agua purificada. Cualquier tinción u orla de suciedad conlleva el

rechazo del lote y exige el reprocesado del desengrasado.

Medición del ángulo de contacto

Mediante goniometría portátil, se deposita una microgota de agua ultrapura. Ángulos de contacto $\theta > 45^\circ$ indican presencia de contaminación orgánica residual, mientras que valores $\theta < 10^\circ - 15^\circ$ confirman un grado elevado de limpieza superficial.



Requisitos de enjuague y agua de proceso

El desengrasado no concluye hasta la completa eliminación de la solución limpiadora mediante un enjuague adecuado.

- **Enjuague primario:** Mediante limpiador de alta presión (100-150 bar) para arrastrar mecánicamente la solución desengrasante emulsionada.
- **Enjuague final de alta pureza:** Para sectores exigentes (farmacéutico, biotecnológico y alimentario), el enjuague final debe realizarse con agua desmineralizada o purificada, verificando parámetros estrictos (valores típicos exigidos en farma):
 - **Contenido de cloruros (Cl^-):** $\leq 0,5 \text{ mg/kg}$ (para evitar el riesgo de pitting por concentración de halógenos durante el secado).
 - **Sulfatos (SO_4^{2-}):** $\leq 0,5 \text{ mg/kg}$.
 - **Conductividad eléctrica a 25°C :** $\leq 10 \mu\text{S/cm}$.

SDINOX: Garantía técnica y especialización en tratamientos superficiales del acero inoxidable

La ejecución rigurosa de los tratamientos químicos del acero inoxidable requiere una profunda comprensión de la interacción entre la química de las soluciones, la metalurgia del material y el diseño geométrico de las instalaciones.

En **SDINOX**, como especialistas de referencia en la ejecución e ingeniería de operaciones de

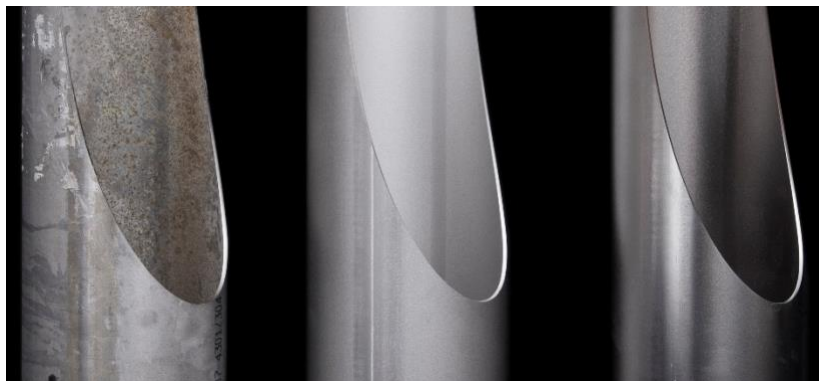
desengrasado, decapado, pasivado y electropulido, sabemos que el desengrasado previo es la piedra angular se construye la a la corrosión final



sobre la que resistencia del equipo.

Por qué confiar en las soluciones de SDINOX:

- **Dominio de la técnica:** SDINOX utiliza productos químicos de alta eficacia adecuadamente formulados (como las gamas *SD-500* para desengrasado, *SDINOX ECO+* biodegradables, o electrolitos balanceados *SD-4000* para electropulido), adaptando la química a cada aleación (serie 300, 400, dúplex o superdúplex).



- **Capacidad de intervención in situ:** Ejecutamos procedimientos de tratamiento tanto por inmersión en nuestras instalaciones como por pulverización/proyección o circulación CIP para grandes depósitos, reactores y redes de tuberías instaladas en la planta del cliente.
- **Cumplimiento estricto de la normativa internacional:** Los procedimientos desarrollados

por SDINOX se diseñan y ejecutan bajo las especificaciones de las normas **ASTM A380**, **ASTM A967**, **ASTM B912** (pasivado por electropulido), **AMS 2700**, **UNE-EN 2516** y **ASME BPE**.

- **Validación, métricas y certificación de resultado:** SDINOX no se limita a la aplicación de productos. Realizamos mediciones objetivas de los resultados de proceso, incluyendo controles de rugosidad (R_a), pruebas de trapo blanco y verificación electroquímica de la capa pasiva mediante **test de pasivación con medición de potencial** (mV), emitiendo el correspondiente **certificado de calidad** para cada intervención. SDINOX cuenta con un sistema de gestión de calidad certificado según **ISO 9001**.
- **Compromiso ambiental y gestión integral de residuos:** Todos los efluentes y aguas de enjuague generados en nuestras intervenciones son gestionados, neutralizados y procesados a través de centros autorizados, asegurando el cumplimiento de la normativa de vertidos aplicable (europea, nacional y autonómica). **Certificación ISO 14 001**.

La fiabilidad operativa de un equipo en acero inoxidable no se deja al azar. Confiar en la experiencia y capacidad técnica de **SDINOX** asegura que cada etapa, desde el indispensable desengrasado previo hasta la pasivación o el electropulido final, cuente con las máximas garantías de calidad y durabilidad industrial.

Gama SDINOX ECO+: química eficaz con menor impacto

Todo lo expuesto exige productos a la altura. Por eso **SDINOX** comercializa la gama **SDINOX ECO+**, una familia de productos de nueva generación para el tratamiento del acero inoxidable que cubre el ciclo completo (desengrasado, decapado y pasivado) con formulaciones pensadas para reducir el impacto ambiental y mejorar la seguridad del operario sin renunciar a la eficacia. Son los mismos productos que SDINOX emplea en sus propias intervenciones.

- **DESENGRASANTE SDINOX ECO+ BIODEGRADABLE:** líquido neutro y sin olor, sin cloro ni azufre, biodegradable según OCDE 301A. Muy concentrado, se aplica en baño, pulverización, esponja o hidrolimpiadora. Su acción desoxidante suave acorta el decapado posterior y es válido para cualquier metal.
- **DECAPANTE SDINOX ECO+ (gel pulverizable):** gel de decapado para chapas y soldaduras TIG en 304L/316L, formulado con un contenido ajustado de ácido nítrico que reduce la emisión de vapores nitrosos. Para aplicaciones que exigen prescindir del ácido fluorhídrico, el **DECAPANTE SD ECO SIN HF** (no tóxico, para austeníticos y dúplex) ofrece un acabado gris mate homogéneo.
- **PASTA DECAPANTE SDINOX TURBO ECO+:** pasta de aplicación a brocha para cordones y zonas afectadas por el calor; sin ácido fluorhídrico y sin olor. Cumple los requisitos de la especificación nuclear RCC-M.
- **PASIVANTE SDINOX ECO+:** pasivante de base cítrica, sin cloro, nitratos ni azufre, en línea con los métodos de pasivación cítrica de ASTM A967. Actúa además como detergente y mejorador del enjuague, y sus aguas de enjuague son biodegradables.

Más información: www.sdinox.com · info@sdinox.com · 91 895 68 33

Departamento Técnico de SDINOX

