

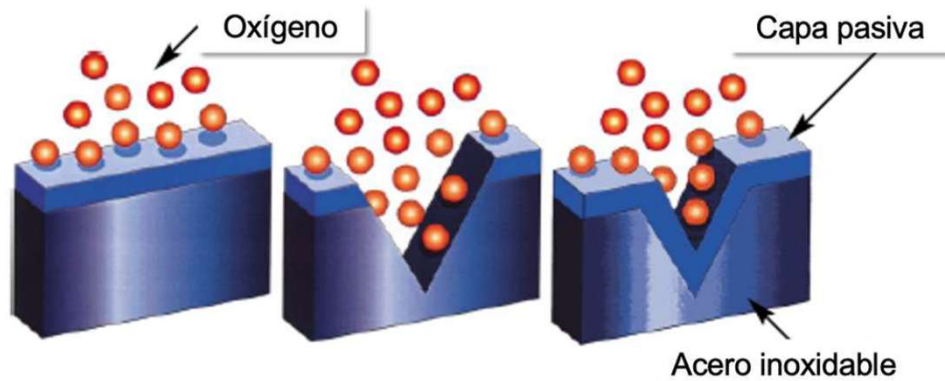
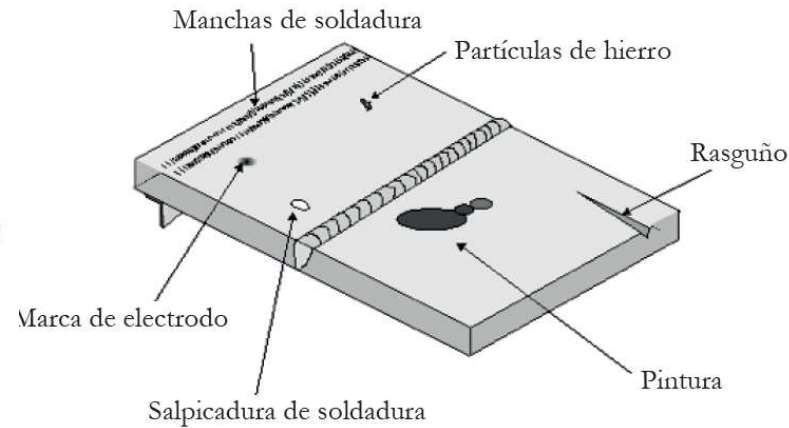
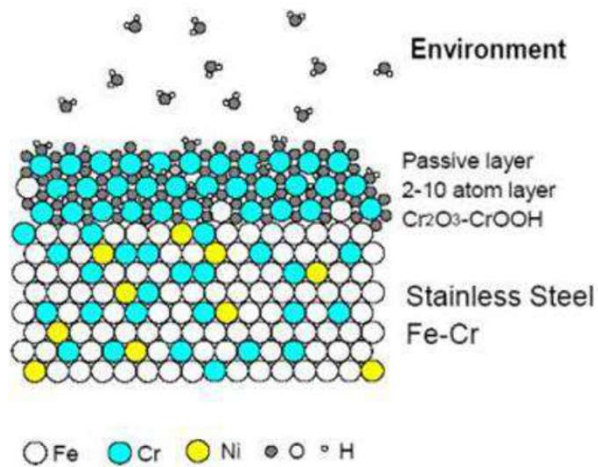


SD INOX



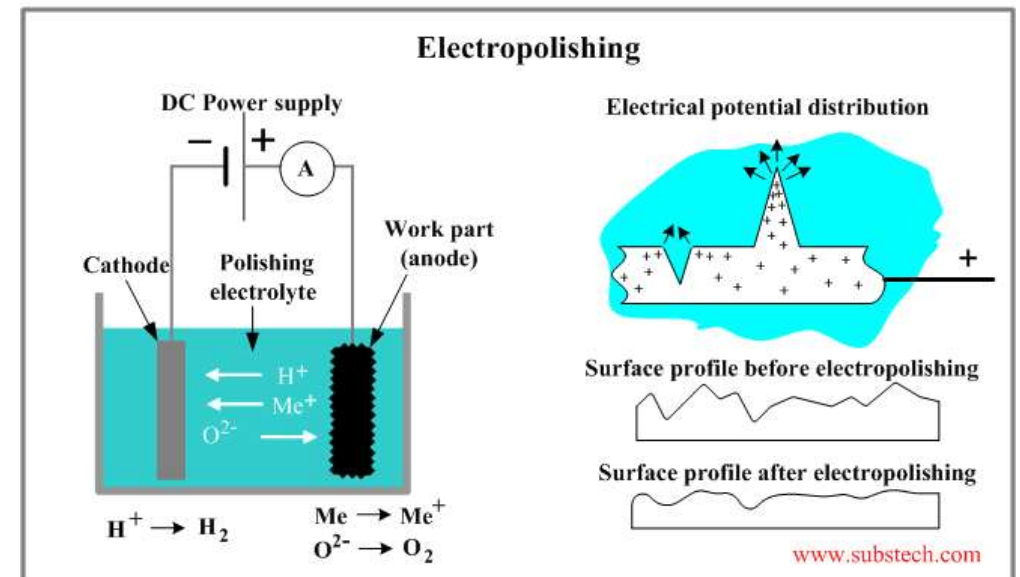
**TRATAMIENTOS AVANZADOS
DEL ACERO INOXIDABLE, Y
EL ELECTROPULIDO BAJO LA LUPA**

ACERO INOXIDABLE



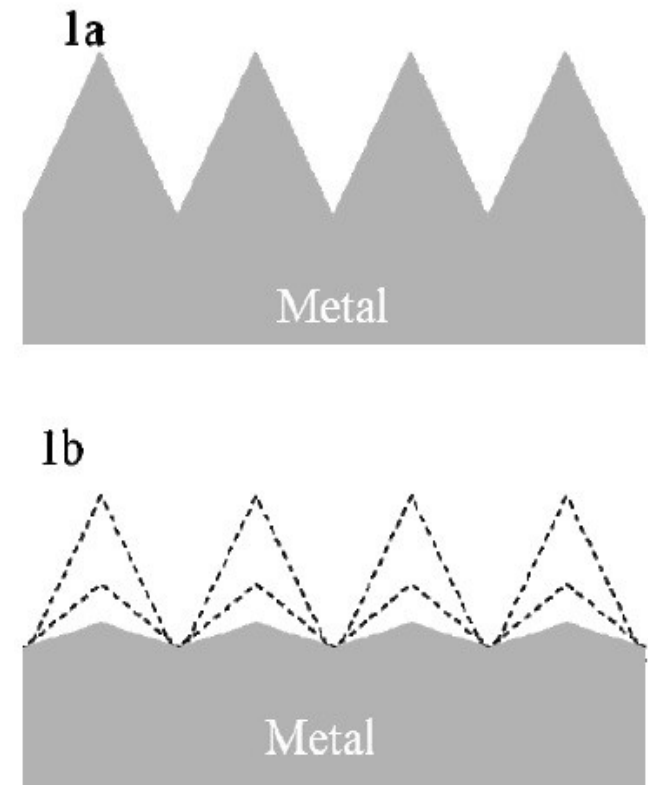
Tratamientos avanzados: ELECTROPULIDO

- Proceso electroquímico, en el que la pieza actúa como ánodo dentro de una celda electrolítica.
- La corriente continua produce una disolución selectiva del metal desde la superficie, eliminando asperezas y dejando una capa lisa, brillante y pasivada.
- Electrolito: mezcla viscosa de ácido fosfórico y ácido sulfúrico.
- Condiciones típicas:
 - Densidad de corriente, 0,1-0,6 A/cm²
 - Temperatura, 45-75 °C
 - Tensión, 8-20 V
 - Tiempo 1-30 min



Tratamientos avanzados: ELECTROPULIDO

- **Formación de capa viscosa superficial:**
 - La corriente provoca que los iones metálicos disueltos (Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ni^{2+}) reaccionen con los aniones del electrolito (H_2PO_4^- , SO_4^-) y forman sales metálicas que no se disocian completamente.
 - Las sales crean una película viscosa sobre la superficie del metal de espesor micrométrico.
- **Control por difusión:**
 - La película viscosa actúa como barrera que controla la velocidad a la que el metal puede disolverse (por eso el proceso se llama control por difusión).
 - El grosor de esta capa varía según la topografía de la superficie: en los valles la capa viscosa es más gruesa y ofrece una mayor resistencia (ralentiza el proceso de disolución del metal); en los picos la capa viscosa es más fina (permite mayor densidad de corriente y una disolución más rápida del metal).





TRATAMIENTOS AVANZADOS: ELECTROPULIDO

- El resultado es una nivelación topográfica: los picos se eliminan rápidamente, pero los valles quedan protegidos y no son atacados.
Esto produce una superficie con una rugosidad extremadamente baja.



TRATAMIENTOS AVANZADOS: ELECTROPULIDO

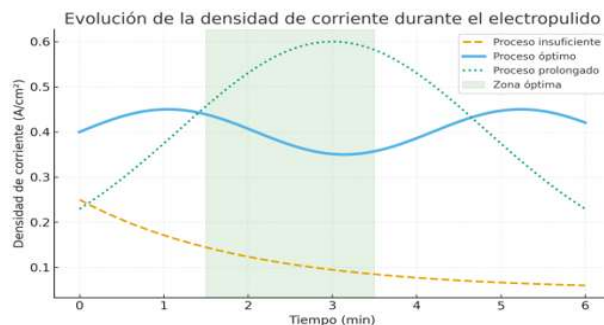
- **Disolución anódica selectiva:**
A nivel atómico, la disolución preferencial elimina fases menos nobles (Fe, Mn) y deja una superficie enriquecida en Cr y Ni, más homogénea y resistente a la corrosión.
- **Fenómenos complementarios:**
 - **Pasivación simultánea:** el potencial anódico elevado crea una fina película de óxidos de cromo y hierro, constantemente renovada; esta capa pasiva es mucho más compacta y estable que la generada por simple oxidación química.
 - **Ausencia de deformación mecánica:** al ser un proceso electroquímico, no hay tensiones residuales ni alteración del grano superficial,
 - **Efecto metalúrgico:** se eliminan inclusiones, microfisuras y zonas deformadas por mecanizado, reduciendo los puntos de iniciación de corrosión por picadura.



TRATAMIENTOS AVANZADOS: ELECTROPULIDO

- **Curva de polarización característica:**
La curva de corriente-potencial del acero inoxidable en electropulido presenta tres regiones:
1.- Activa. Baja tensión; disolución no uniforme; aumenta la rugosidad.
2.- Limitación por difusión. Corriente estable; disolución uniforme; zona de electropulido óptimo.
3.- Oxidación y gasificación. Liberación de oxígeno; pérdida de brillo; daño superficial.
- El electropulido “satura” cuando los picos y valles alcanzan dimensiones comparables al espesor de la capa viscosa (1-10 μm).

Curvas típicas de densidad de corriente vs. tiempo en electropulido



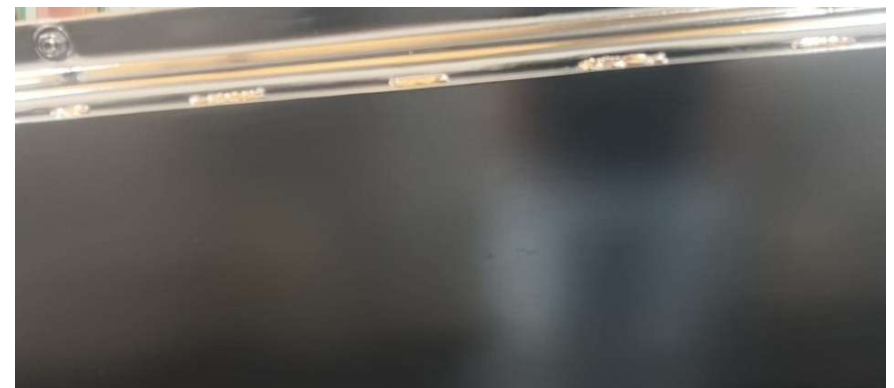
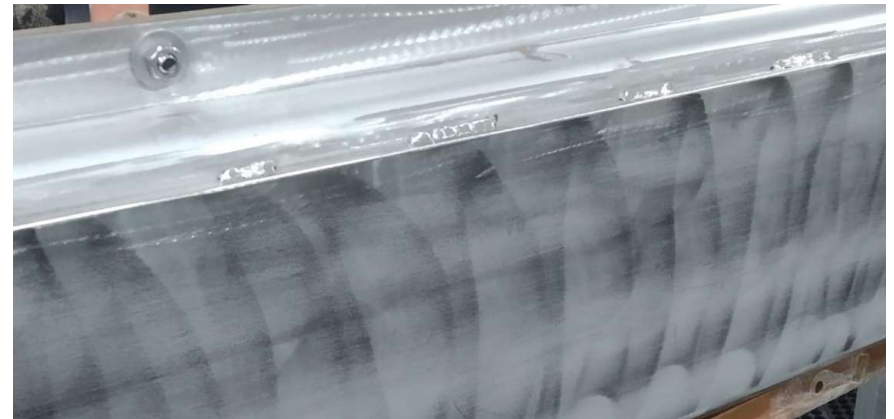
TRATAMIENTOS AVANZADOS: ELECTROPULIDO

- Resultados metalúrgicos:
 - Rugosidad superficial: reducción hasta $Ra < 0,05 \mu m$
 - Incremento del potencial de picadura (E_{pit}) en 200 – 300 mV (voltaje mínimo que debe alcanzarse en el ambiente para que la capa protectora del acero inoxidable se rompa y comience la corrosión por picadura).
 - Aumento de contenido superficial de Cr/Fe (medido por XPS – Espectroscopia de Fotoelectrones de Rayos X-).
 - Mejora de la resistencia a la corrosión hasta un 40-60% en ensayos ASTM G61.
 - Superficie brillante, limpia, de fácil descontaminación biológica (ideal en industrias Farmacéutica y Alimentaria).



TRATAMIENTOS AVANZADOS: ELECTROPULIDO

- **Influencia directa de la rugosidad inicial:**
 - El electropulido reduce la amplitud de los picos, pero no cambia el paso o la periodicidad de las irregularidades heredadas del mecanizado, rectificado o lijado.
 - Los picos tienen una densidad de corriente mayor, lo que provoca una disolución preferencial.
 - Los valles, con menor acceso al electrolito y menor campo eléctrico, se disuelven más lentamente.
 - La capa viscosa anódica actúa como filtro difusional: la nivelación se limita a escalas donde hay diferencia de campo magnético, no a defectos macro.



TRATAMIENTOS AVANZADOS: ELECTROPULIDO

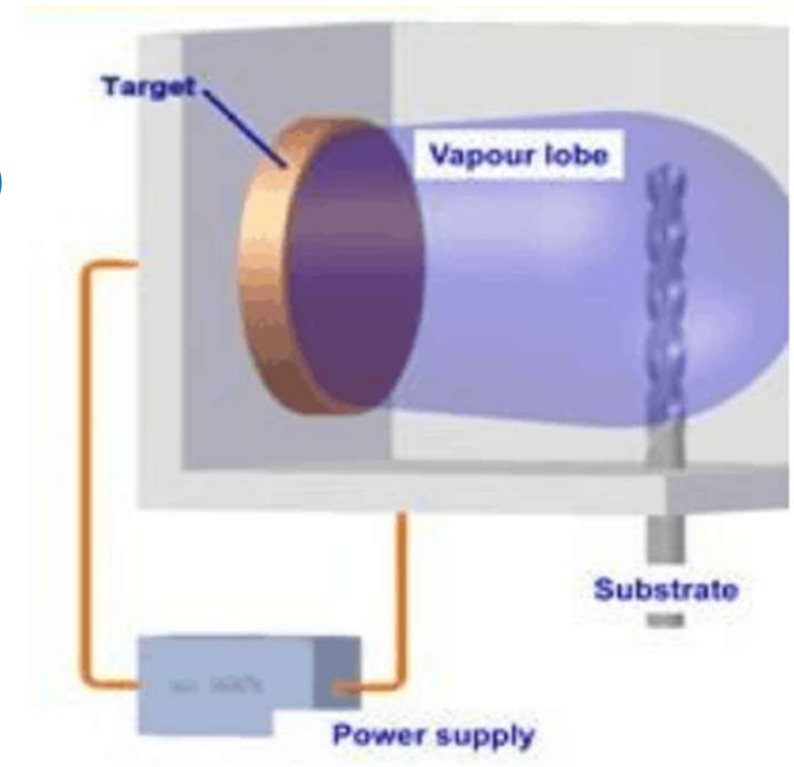
- Influencia directa de la rugosidad inicial:
 - Por eso el resultado final depende fuertemente de la topografía inicial, y no se puede recuperar un acabado deficiente solo con electropulido; no genera una rugosidad “absolutamente baja”, sino que perfecciona una superficie ya fina.
 - Es importante saber que el electropulido “satura” cuando los picos y valles alcanzan dimensiones comparables al espesor de la capa viscosa (1-10 μm).



TRATAMIENTOS AVANZADOS: PVD

Physical Vapor Deposition

- Capa nanométrica de nitruros y carburos metálicos de Ti o Cr.
- Cámara de vacío extremo; deposición átomo a átomo.
- Compuestos cerámicos que aumentan la dureza (1800 – 2000 HV) y reducen la difusión de iones agresivos.
- Estabilidad hasta 600 - 700 °C.
- Grifos, joyas, herramientas de corte...



TRATAMIENTOS AVANZADOS: RECUBRIMIENTOS HÍBRIDOS SOL-GEL

- Película delgada obtenida mediante polimerización y condensación de precursores organometálicos en disolución (alcóxidos de Si o Ti).
- SOL: solución líquida, mezcla coloidal, con componentes que formarán estructura muy similar al vidrio.
- GEL: red tridimensional sólida (óxidos metálicos) formada al avanzar lentamente la reacción, cuando la pieza se sumerge o rocía con SOL.
- Híbrido: en inicial SOL se mezclan componentes inorgánicos (que forman el vidrio/cerámica) y componentes orgánicos (estructura similar al plástico).
- La mezcla combina lo mejor de ambos: dureza y resistencia del vidrio con flexibilidad y elasticidad del plástico.
- Se pueden formular para ser hidrofóbos, autolimpiantes o antianherentes.
- Espesor típico: 100 - 500 nm.





TRATAMIENTOS AVANZADOS: RECUBRIMIENTOS HÍBRIDOS SOL-GEL

- Finalmente, la pieza se calienta a temperaturas relativamente bajas (160°C) para “cocinar” el gel.
- Placas de circuitos, sensores, lentes, pantallas táctiles, espejos, utensilios de cocina, moldes de repostería, partes metálicas sensibles en aviación/automoción, ventanas, paneles solares, grandes estructuras metálicas de construcción.



The logo for SD INOX, featuring a stylized 'S' and 'D' in blue and silver, followed by the word 'INOX' in a bold, silver, sans-serif font.

SD INOX

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

SD INOX ELECTROPULIDOS S.L.

Avda. Yeseros, 1. 28340 VALDEMORO (Madrid)

Tfnos. 91 8956833 – 605819072

info@sdinox.com

www.sdinox.com

