Instituto de Tecnología de Materiales

Ensayos de Tribocorrosión en materiales y recubrimientos en condiciones de comportamiento combinada corrosión – desgaste

Dra. Anna Igual Muñoz

Universitat Politècnica de València (UPV)

Grupo de Ingeniería Electroquímica y Corrosión (IEC)

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

06/05/2011

Visita Técnica empresas FEMEVAL

Grupo IEC

IEC (Ingeniería Electroquímica y Corrosión)

http://www.upv.es/isirym/

- Biocorrosión
- Tribocorrosión
- Mecanismos de corrosión en aleaciones metálicas/Corrosión galvánica
- Técnicas no destructivas
- Pasivación
- Cavitación-Erosión-Corrosión
- Análisis de imagen en tiempo real

- Electrodiálisis
- Recuperación de metales por técnicas electroquímicas
- Membranas cerámicas
- Electro-deposición
- Pilas de combustible, PEM

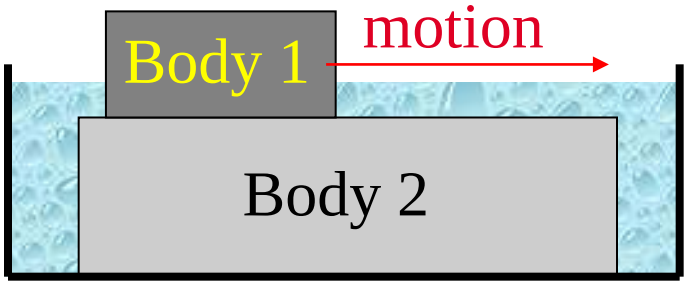
Definiciones

Corrosión es una reacción interfacial de un material con su medio que produce una pérdida de material o la disolución de alguno de los constituyentes del medio en el material.

Tribología es la ciencia y práctica de superficies interactivas en movimiento relativo. P. Jost (1966)
Incluye fenómenos de relevancia tecnológica como la fricción, lubricación y el desgaste.

Definiciones

La **Tribocorrosión** un proceso de degradación de un material que resulta de la eliminación mecánica (desgaste) y química o electroquímica (corrosión) de un material simultáneamente.

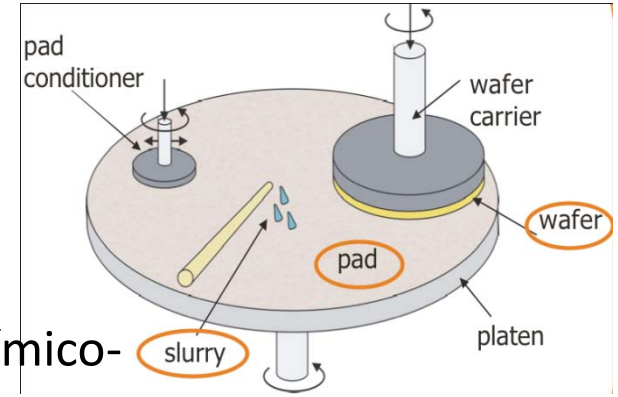


¡¡ 1 + 1 = 3 !!

- Tribocorrosión **no es simplemente la suma** de la corrosión y el desgaste (efecto sinérgico)
- Los fenómenos involucrados son complejos y poco entendidos.
- Situaciones de tribocorrosión se encuentran comúnmente en sistemas de ingeniería.

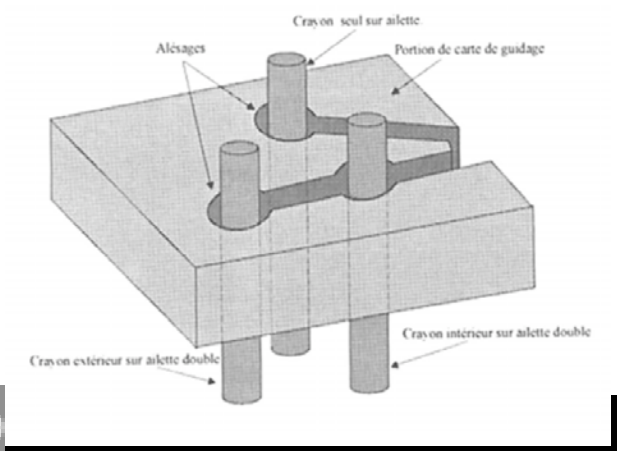
Ejemplos

Ejemplos de sistemas de tribocorrosión de ingeniería en disoluciones acuosas



Pulido químico-mecánico

Mecanización, deformación

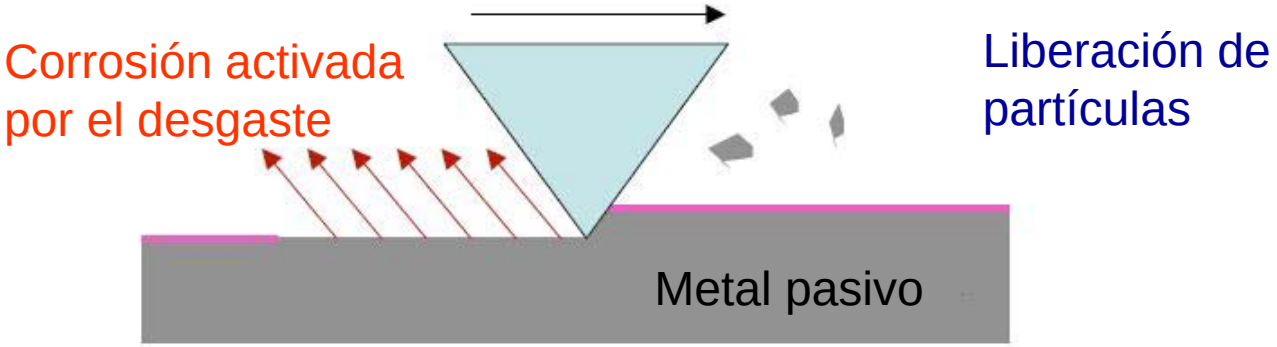


Reactores nuclearesPWR

Implantes biomédicos

Mecanismos

Mecanismos de tribcocorrosión (Uhlig 1959)



En los procesos de tribocorrosión existen dos mecanismos de degradación

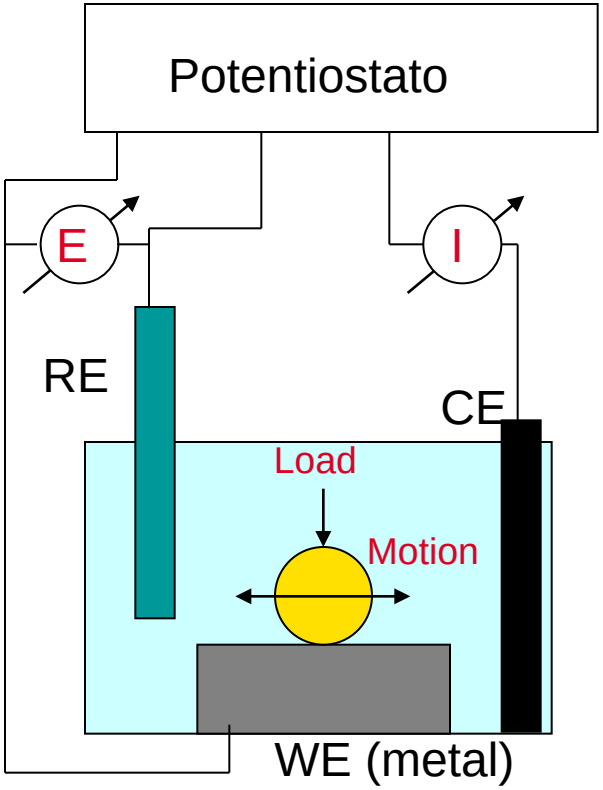
1. Químico. Corrosión activada por el desgaste (desprendimiento de iones)
2. Mecánico. Liberación de partículas

$$V_{total} = V_{químico} + V_{mecánico}$$

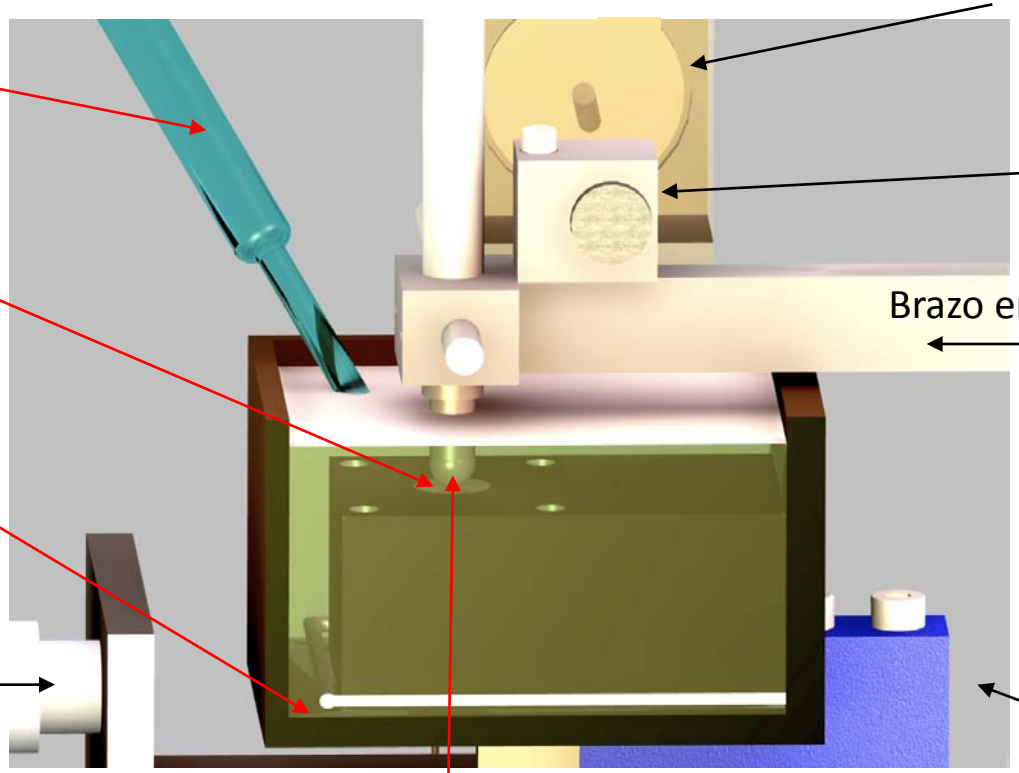
Ensayos tribo-electroquímicos:

Ensayo potenciostático

- Química de la superficie impuesta y bien definida (potencial aplicado E)
- Medidas in-situ y en tiempo real de la cinética de la corrosión (intensidad I)

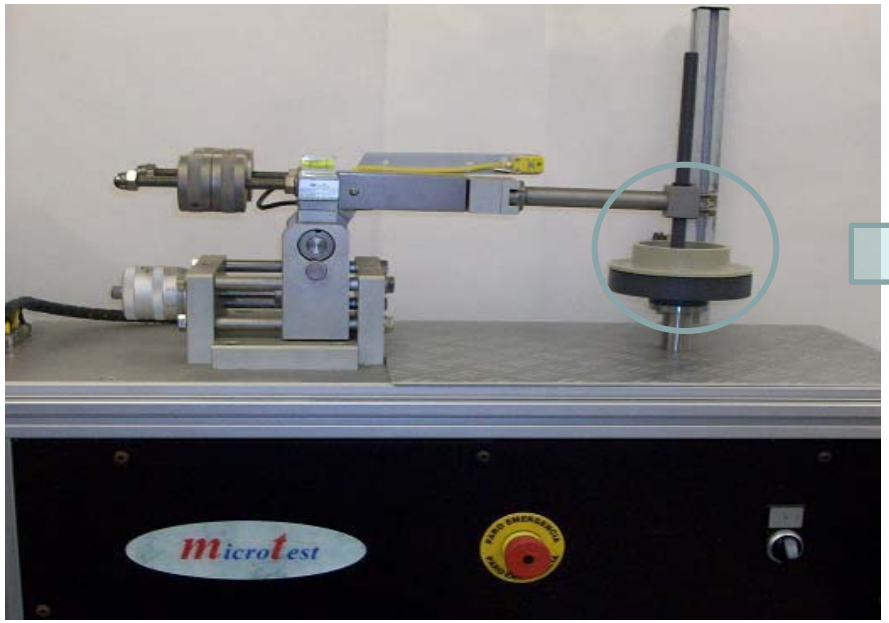


Tribómetro electroquímico



Ensayos

EQUIPOS

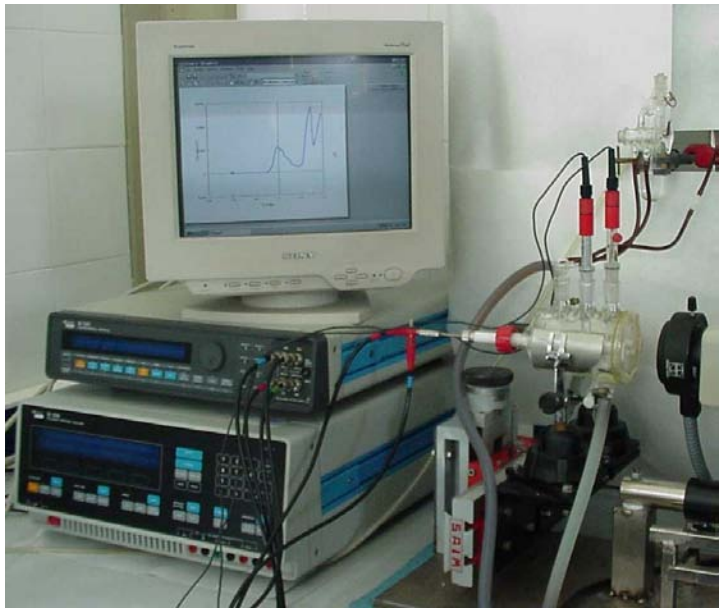


- Tribómetro: ball-on-disc
- Alumina Ø = 6mm

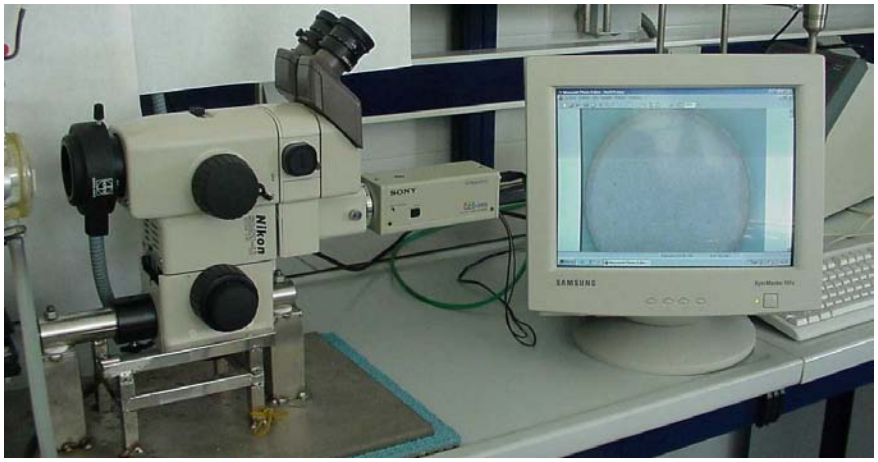
- Celda electroquímica
- Configuración 3-electrodos

Ensayos

EQUIPOS

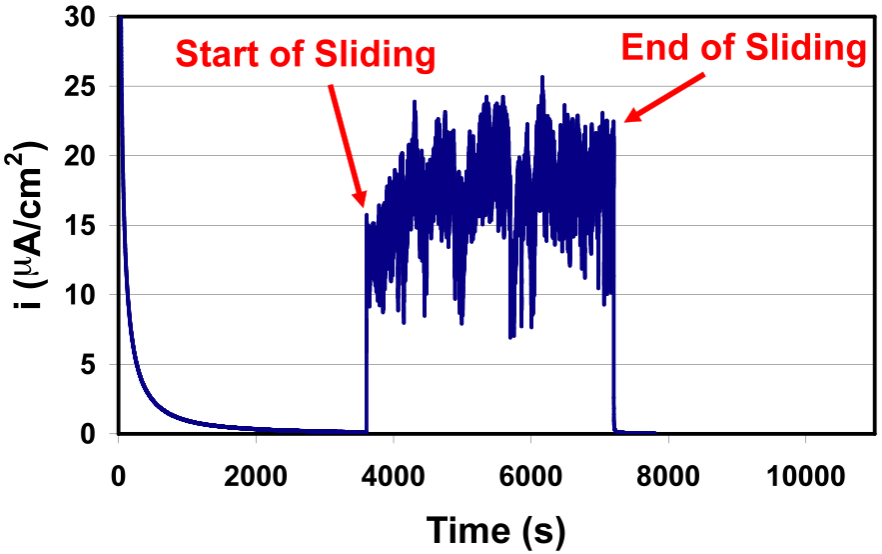


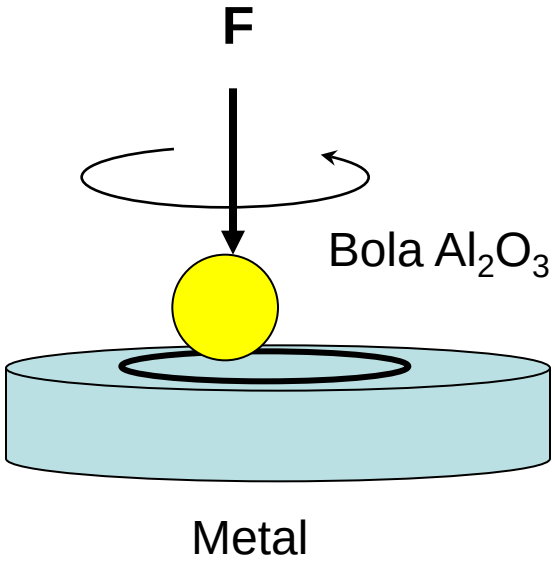
- Potenciostato-galvanostato
- Analizador de frecuencias



- Visualización on-line

Ensayos potentiostáticos



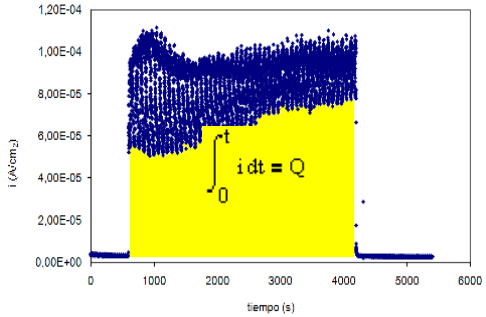


Ensayo potenciostático sobre CoCrMo a 0.05 $V_{Ag/AgCl}$ F_N 1.2 N

J.Mat.Sci: Mater.Med (2011) Igual, Mischler

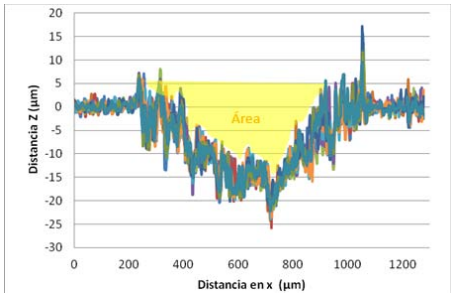
Caracterización tribo-electroquímica: Volumen perdido

QUÍMICO



$$V_{quim} = \frac{Q \cdot M}{nF\rho}$$

TOTAL



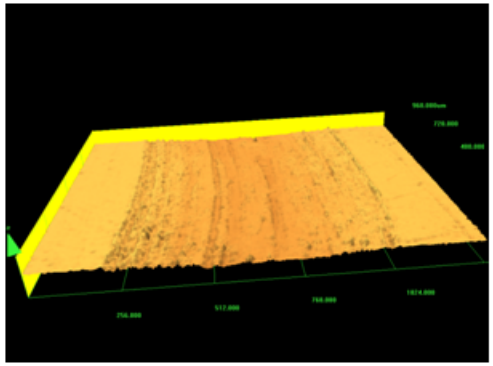
$$Vtot = Area \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$$

MECÁNICO

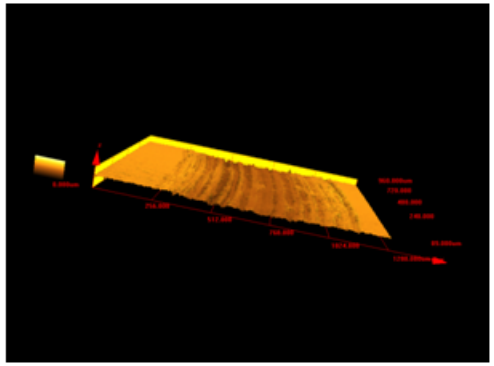
$$V_{mec} = V_T - V_{quim}$$

Análisis morfológico: microscopía confocal

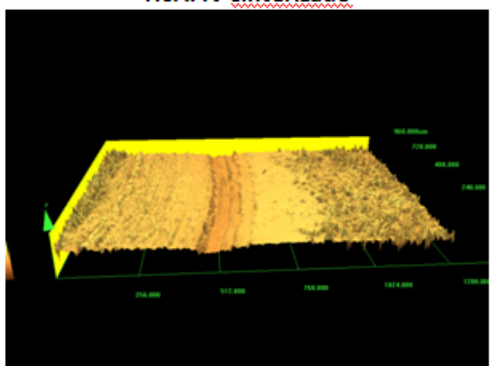
Ti6Al4V



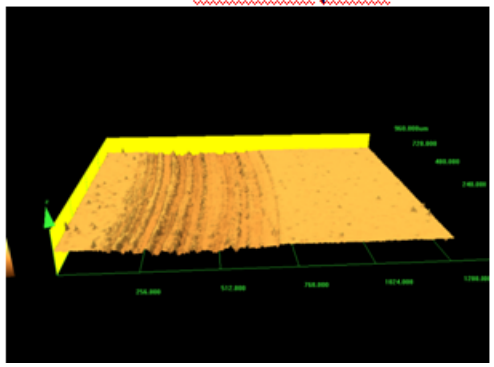
Ti6Al4V ELI

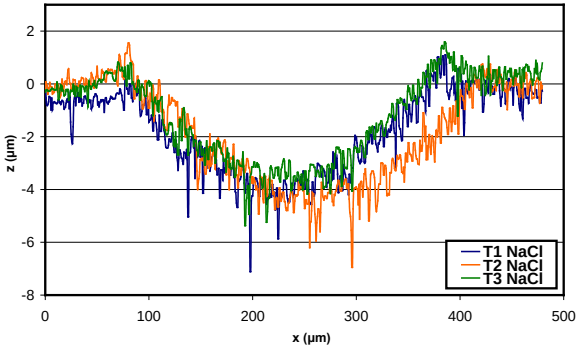


Ti6Al4V sinterizado



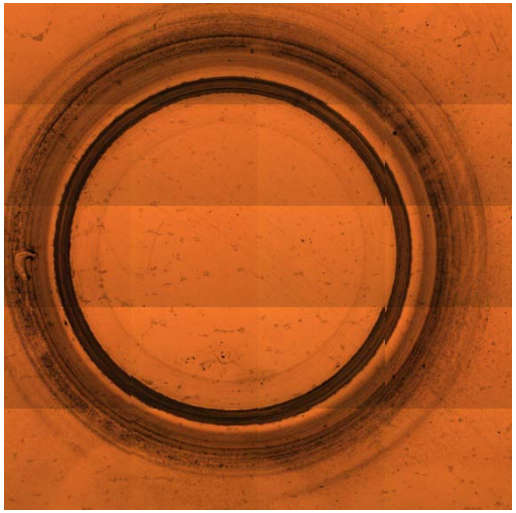
Ti6Al4V sinterizado pulido





Perfiles 3D de la huella desgastada

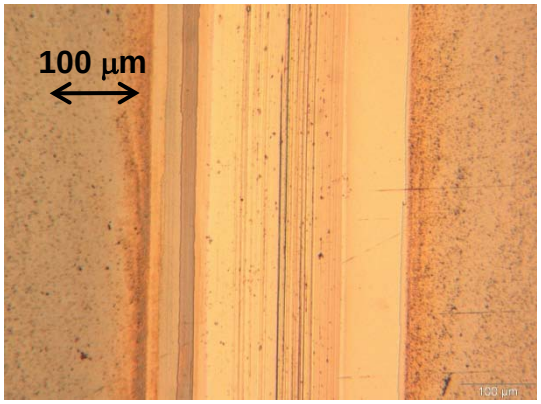
Análisis morfológico: microscopía óptica

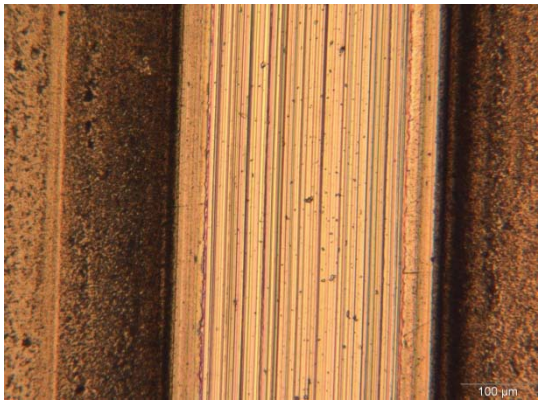


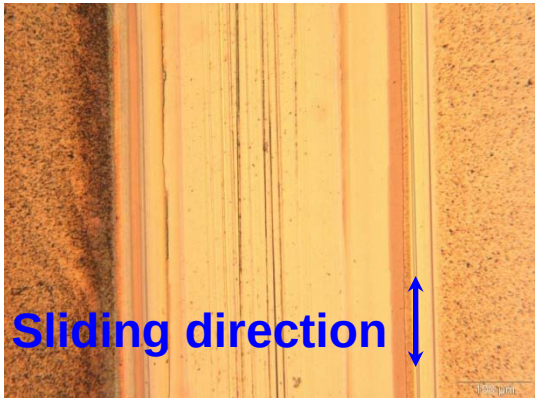
CoCrMo en NaCl

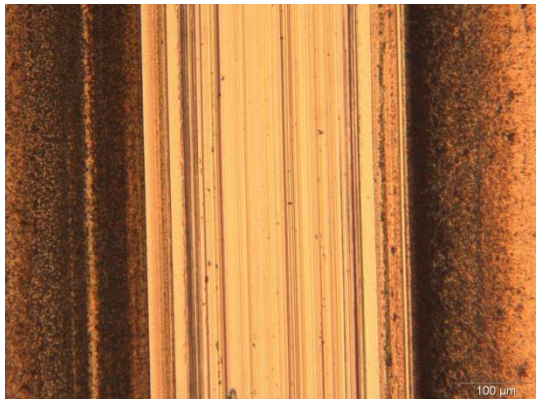
HC

LC

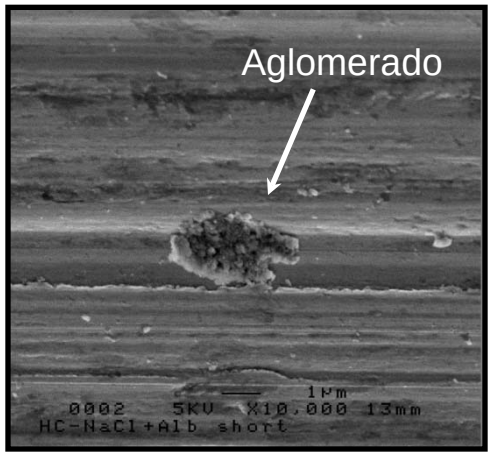




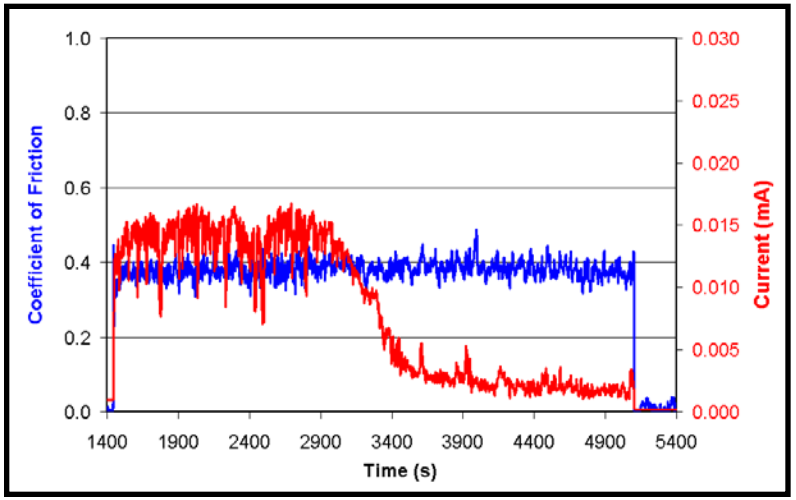


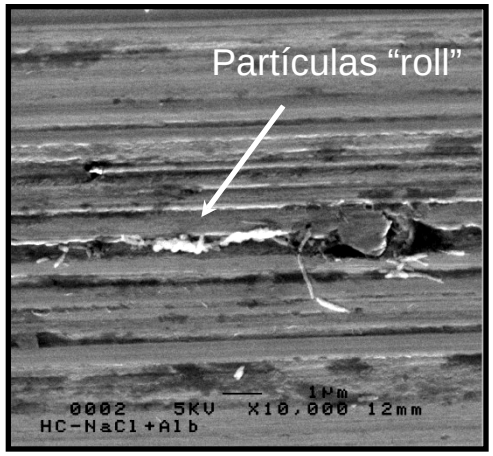


Análisis morfológico: microscopía electrónica de barrido



Antes del transitorio de corriente





Después del transitorio de corriente

Corriente y coeficiente de fricción de CoCrMo en HC in NaCl+Albumin (F_N 1.2N, E=-0.1V)

Competencias

COMPETENCIAS

- Electroquímica / Corrosión
- Análisis de superficies
- Tribología, tribocorrosión, fretting

Instituto de Tecnología de Materiales

MUCHAS GRACIAS

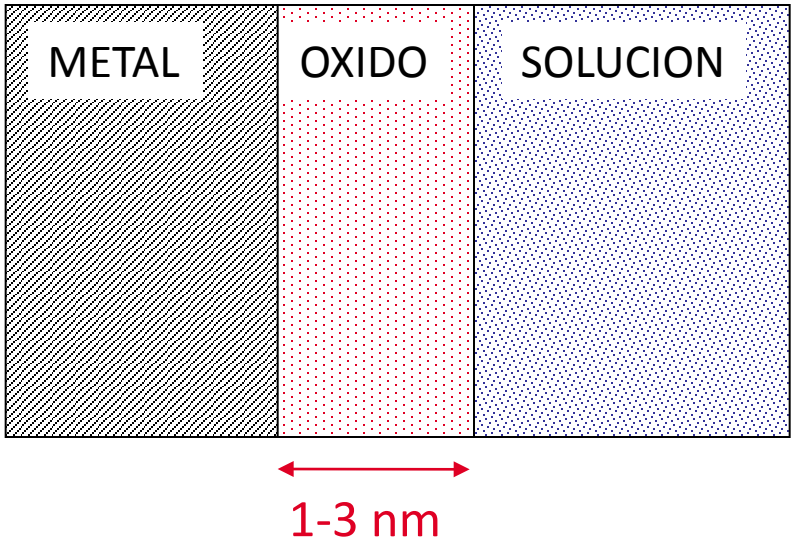
Dra. Anna Igual Muñoz

Universitat Politècnica de València (UPV)

Grupo de Ingeniería Electroquímica y Corrosión (IEC)

anigmu@iqn.upv.es

Metales pasivos: muchos metales forman espontáneamente al reaccionar con el agua una película de óxido delgada sobre su superficie (capa pasiva)



$$M + nH_2O \Rightarrow MO_{n/2} + nH^+ + n\,e$$

Aleaciones pasivas en ingeniería:

- **Mecanización**: acero de herramienta (combinado con pasivadores), metales duros
- **Aleaciones biomédicas**: SS, Ti-aleaciones. CoCr-aleaciones
- **Energía**: SS, zirconio, Ni-Cr aleaciones, stellites
- **Aplicaciones marinas**: Ni, Ni-Cr aleaciones, titanio composite aleaciones
- **Electrónica**: Al, W, Ti, Rh, TiN, Hf

Reacciones de corrosión:

- **oxidación** de un átomo metálico M con transferencia de n electrones e^-

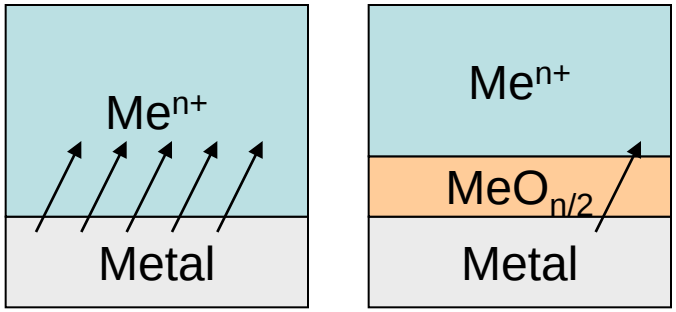
$$M \Rightarrow M^{n+} + n\,e^-$$

$$M + nH_2O \Rightarrow MO_{n/2} + nH^+ + n\,e^-$$

- **reducción** del agente oxidante

$$2H^+ + 2e^- \Rightarrow H_2$$

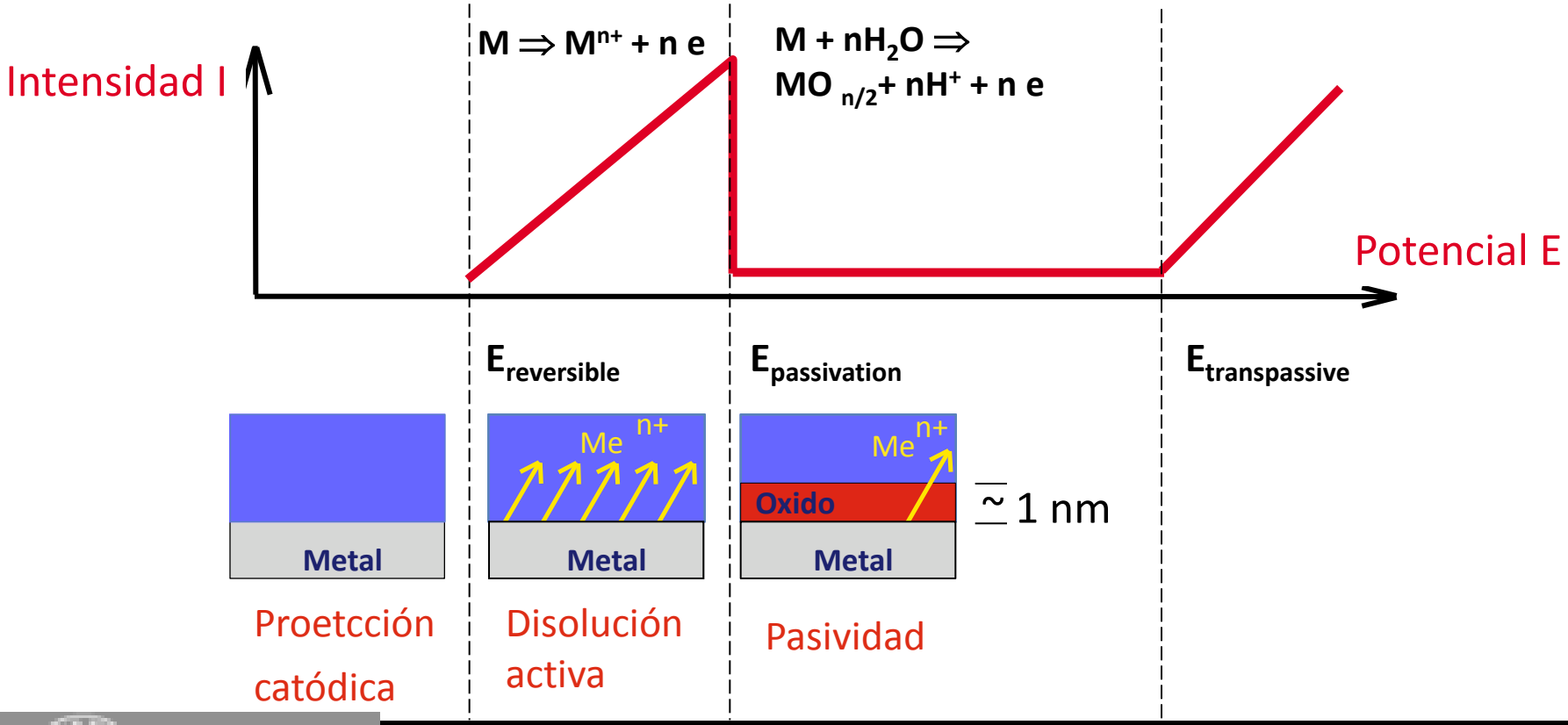
$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \Rightarrow 4OH^-$$



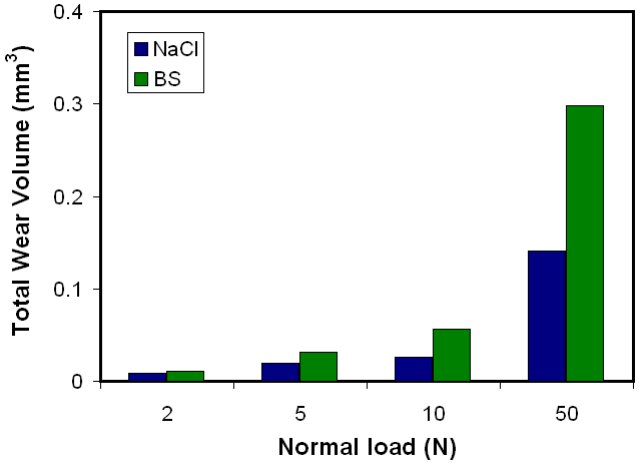
Las reacciones de corrosión se dan a un **potencial electrodo E** (diferencia de potencial entre el metal y la disolución)

La velocidad de reacción (mol de metal corroído por unidad de tiempo) se asocia a un flujo de electrones p.ej. **Corriente eléctrica I**

Curva de polarización de un metal pasivo



Análisis morfológico: Volumen perdido y microdureza



Volúmenes de desgaste de CoCrMo en NaCl y BS a 50 $mV_{Ag/AgCl}$ bajo distintas cargas

Disolución		Fuerza Normal (N)		
		5	***10***	***50***
NaCl	*In*	517±19	500 ±9	640 ±50
	Out	320±15	321±14	302±13
BS	*In*	627±34	687±45	739±37
	Out	321±14	340±7	333±16

Micro-dureza de CoCrMo en NaCl y BS a 50 $mV_{Ag/AgCl}$ sometido a diferentes fuerzas normales

Proyectos

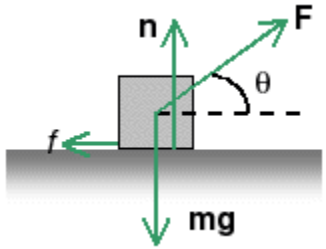
IEC (Ingeniería Electroquímica y Corrosión)

- Estudios de tribocorrosión de aleaciones biomédicas (CoCrMo y Ti)
- Corrosión galvánica de aceros inoxidables y otras aleaciones
- Corrosión intergranular en soldaduras
- Análisis de daño causado por la cavitación-erosión-corrosión en distintos materiales
- Mecanismos de corrosión en disoluciones concentradas de LiBr (absorbente de refrigeración)

- Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Suiza: S. Mischler
- Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Noruega: N. Espallargas

Mecanismos

La **Tribocorrosión** un proceso de degradación de un material que resulta de la eliminación mecánica (desgaste) y química o electroquímica (corrosión) de un material simultáneamente.



Mecánicos

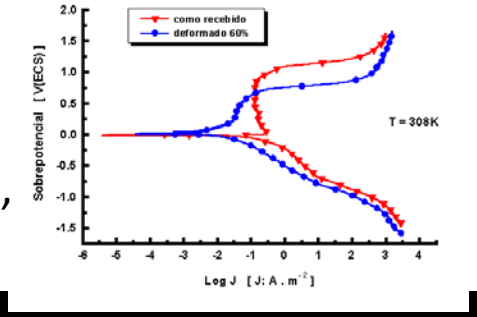
Fuerza normal, velocidad de desgaste, tipo de contacto, vibraciones, alineamiento

Electrolito

Viscosidad, conductividad, pH, temperatura

Electroquímicos

Potencial aplicado, resistencia óhmica, cinética de repasivación, valencia



Material

Dureza, plasticidad, microestructura, rugosidad, capa de óxido, debris, transferencia de masa