

# Porqué reemplazar el Cromo Duro?

- Cromo hexavalente es ¡extremadamente! cancerígeno, siendo más agresivo que el Cadmio, el Arsénico o el Asbesto.
- Gases emanados durante el proceso y residuos de baños electrolíticos son altamente contaminantes.
- Ya se inició agresiva campaña de reemplazo tanto en Europa como en EE.UU/Canada
- Recientes restricciones al proceso limitan aún más sus aplicaciones comerciales

# Cual es la alternativa de reemplazo?

- Existen otros procesos que permiten aplicar recubrimientos contra el desgaste.
- EE.UU./Canada crearon un grupo(HCAT) que está validando el rociado térmico
- Boeing Aircraft ha reemplazado el cromo duro por HVOF. (pistones tren aterrizaje)
- Lufthansa espera tener aviones “libre de cromo” para el 2010.

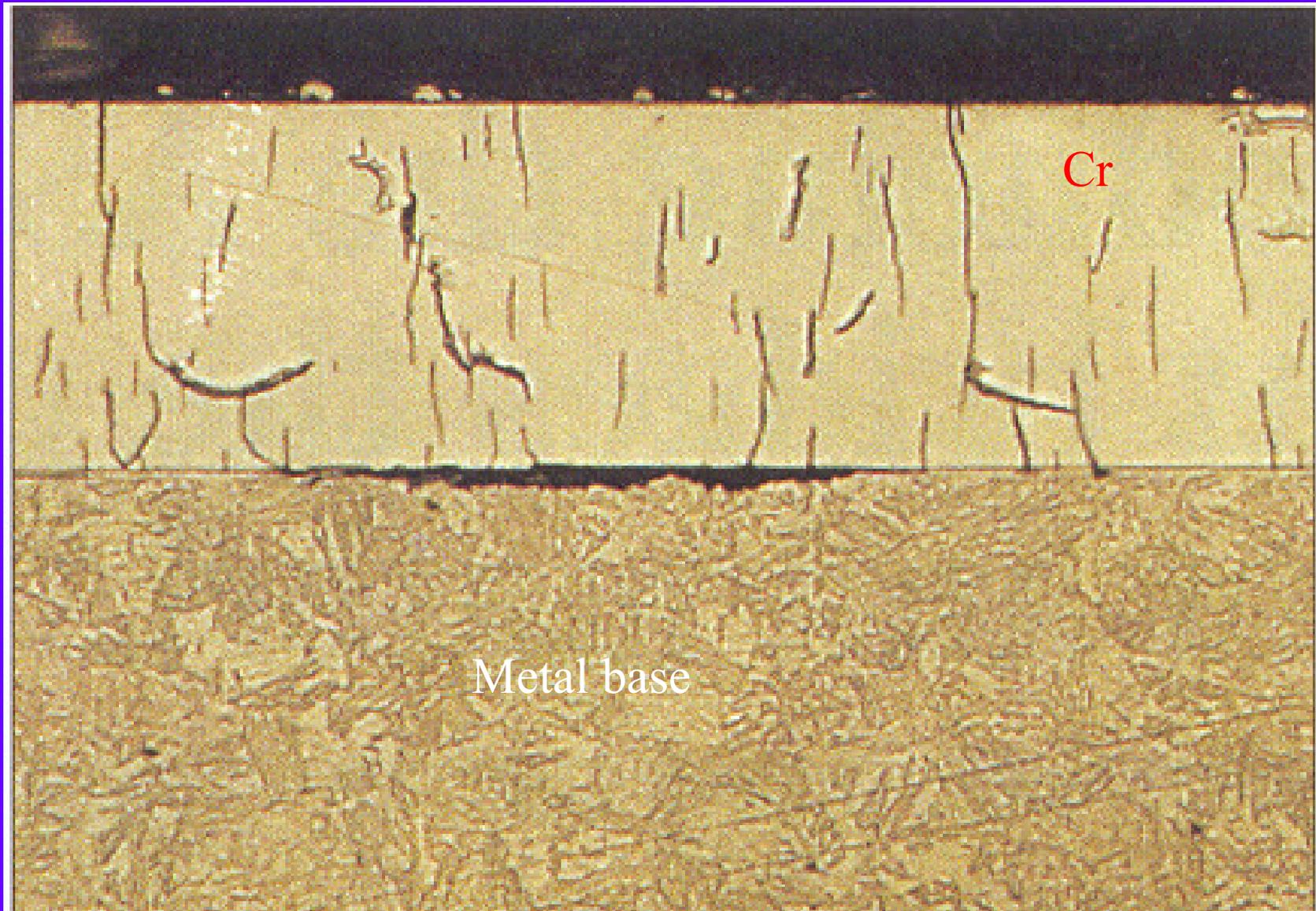
# El Cromo Duro: Sus ventajas

- Excelente recubrimiento, resistente al desgaste y de óptimo acabado superficial.
- Permite efectuar aplicaciones seriadas y sobre superficies de difícil acceso.(Fuera de “línea de vista”)
- Proceso resulta “relativamente” económico en Chile, particularmente en piezas que no sean de gran tamaño.

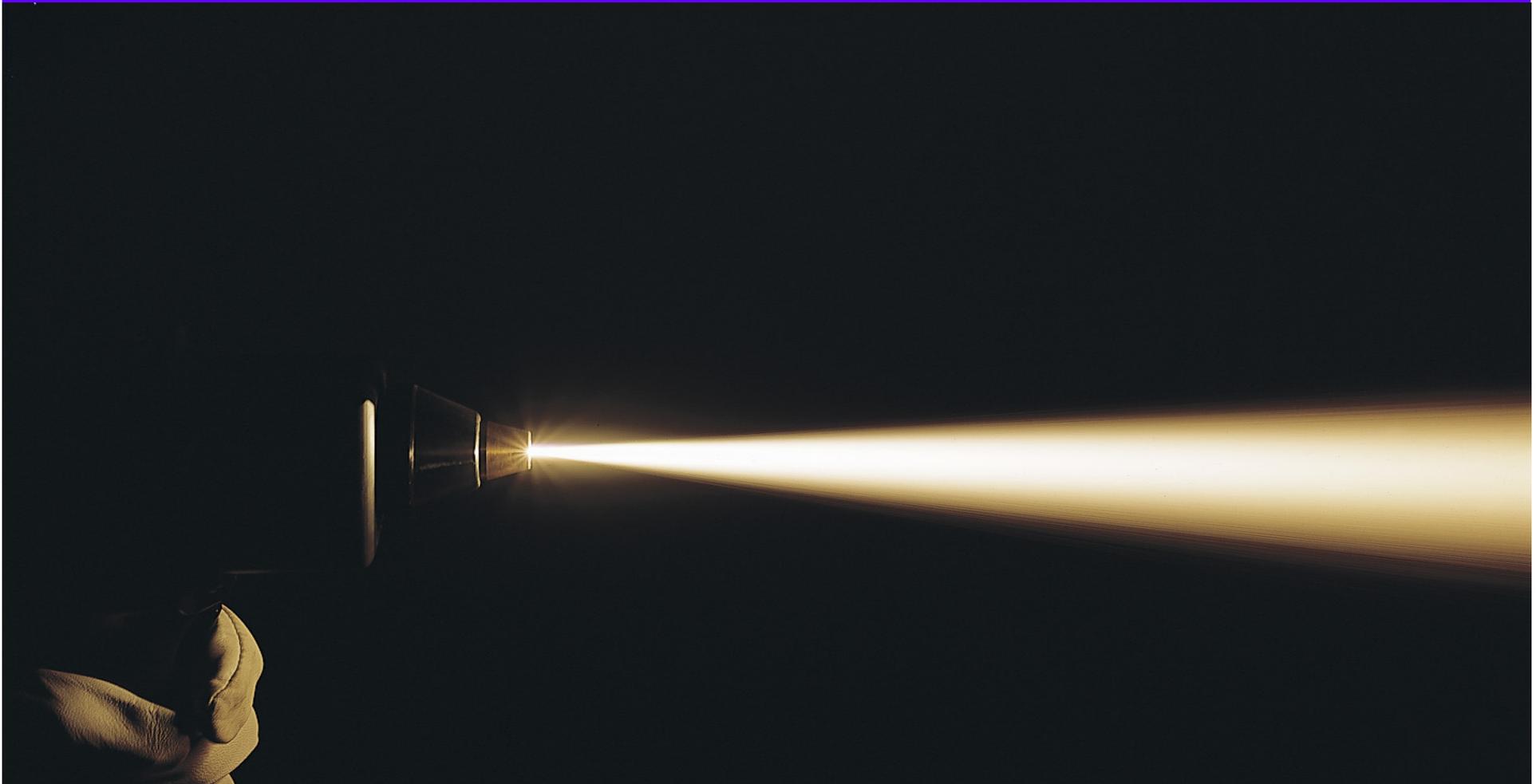
# El Cromo Duro: Sus Limitaciones

- Recomendado sólo para bajos espesores ( $e < 0.25\text{mm}$ ).
- Proceso de recubrimiento generan  $\text{H}_2$ , el cual fragiliza el acero.
- Proceso de aplicación es lento
- El cromo se deposita con microfisuras que crecen durante su vida útil.

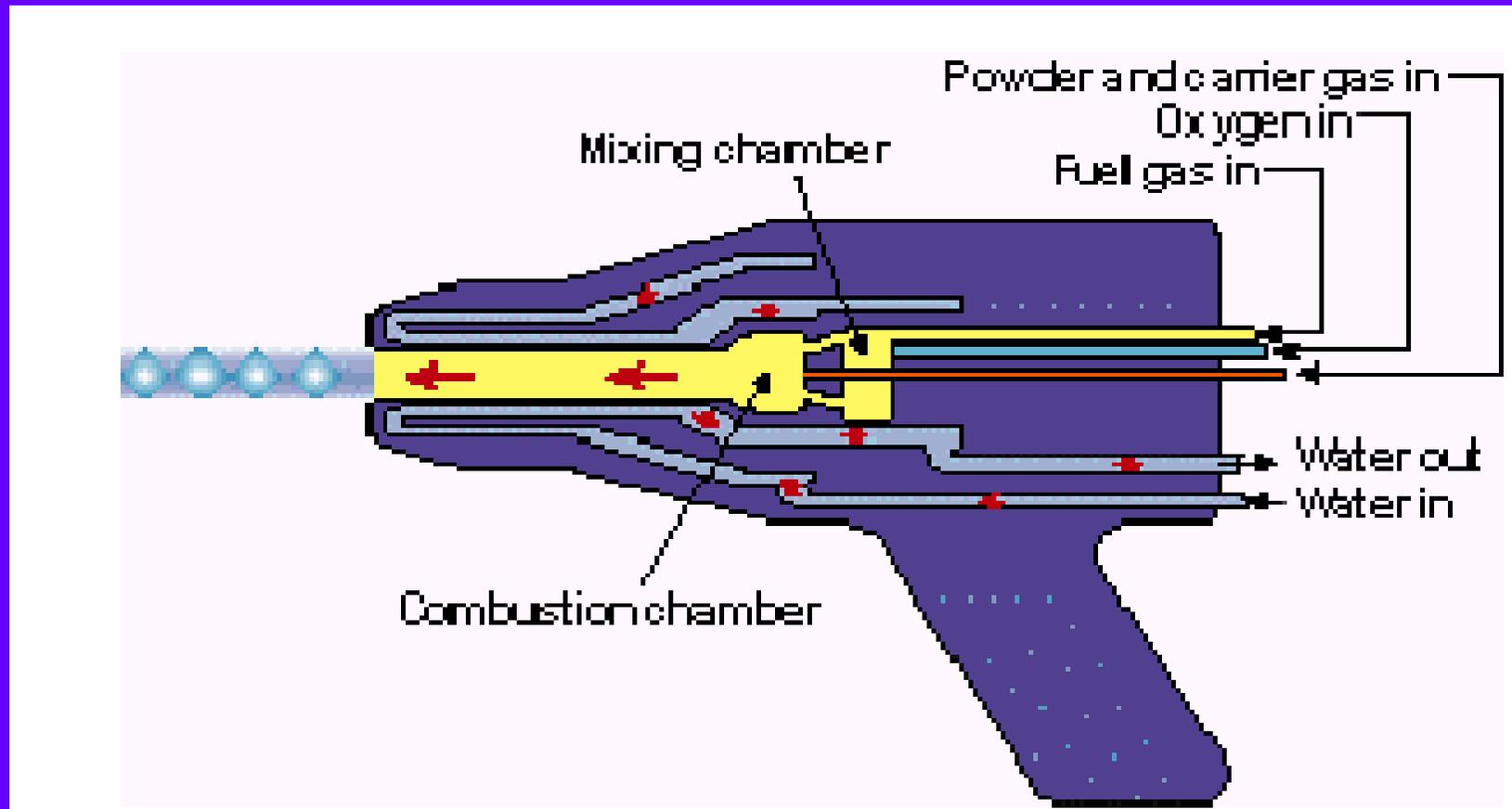
# Microfisuras en Cromo Duro



# HVOF: Una tecnología emergente para el reemplazo del durocromado



# HVOF: Esquema Operación

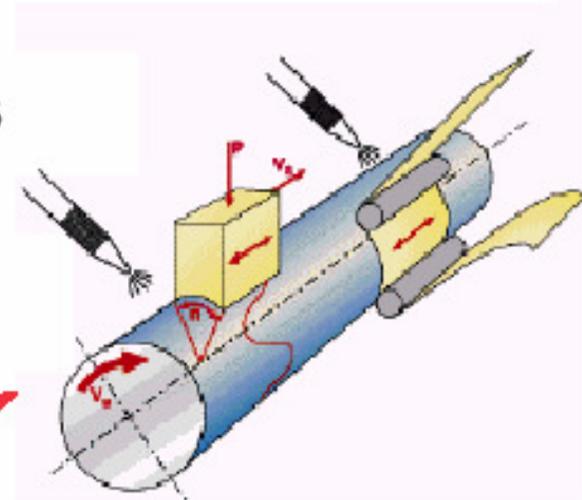


# Resistencia al Desgaste: EHC vs HVOF



## Wear

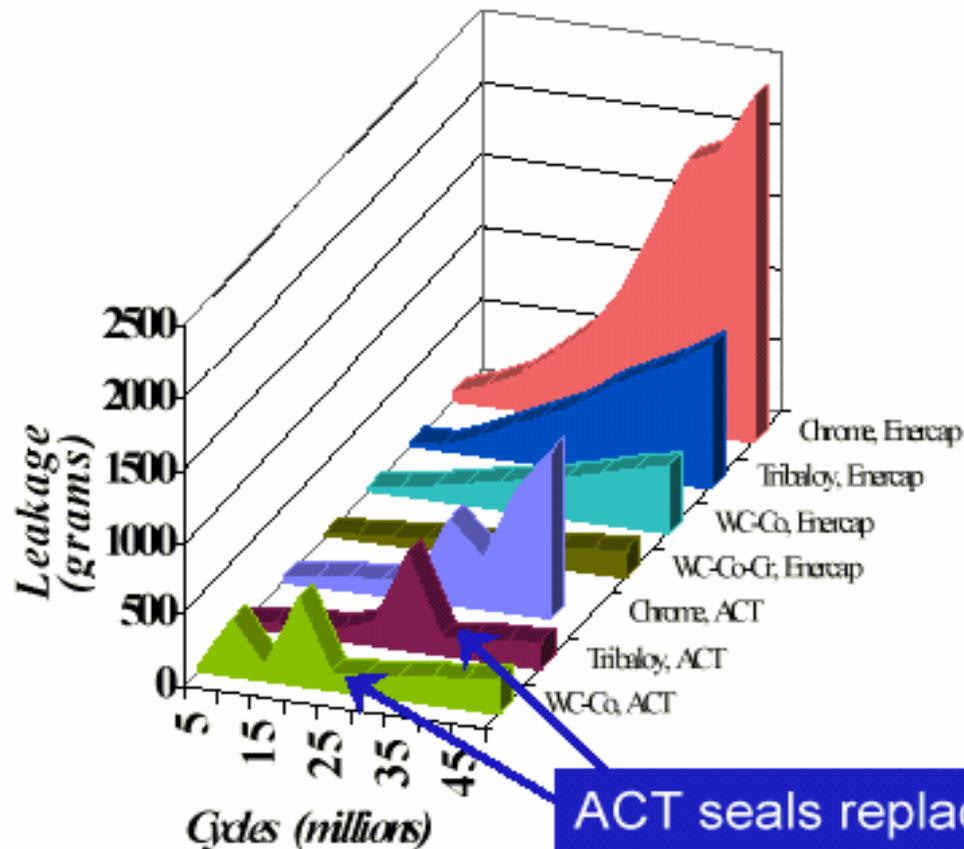
- HVOF WC-Co and WC-CoCr are hard
  - HVOF typically 1200-1400 HV
  - EHC typically 800-1000 HV
- In the field HVOF wear life is usually at least 3xEHC
  - No measurable wear in flight tests
  - Most scoring eliminated
- **Critical issue is surface finish**
  - Should generally be  $< 4\mu''$
  - May need superfinishing



# Ensayos en esquema de sellos: EHC vs HVOF



## Hydraulic rod testing - Green, Tweed



ACT seals replaced with Enercaps

- 50 million cycles
- Enercap (PTFE seal)
- ACT (Nitrite seal)
- Cumulative leakage
- No HVOF rod wear
- HVOF works well with PTFE seals

Surface finish:

EHC	4 $\mu$ " Ra
T 400	9 $\mu$ " Ra
WC-Co	4 $\mu$ " Ra
WC-CoCr	6.5 $\mu$ " Ra

# Ensayos de Corrosión: EHC vs HVOF

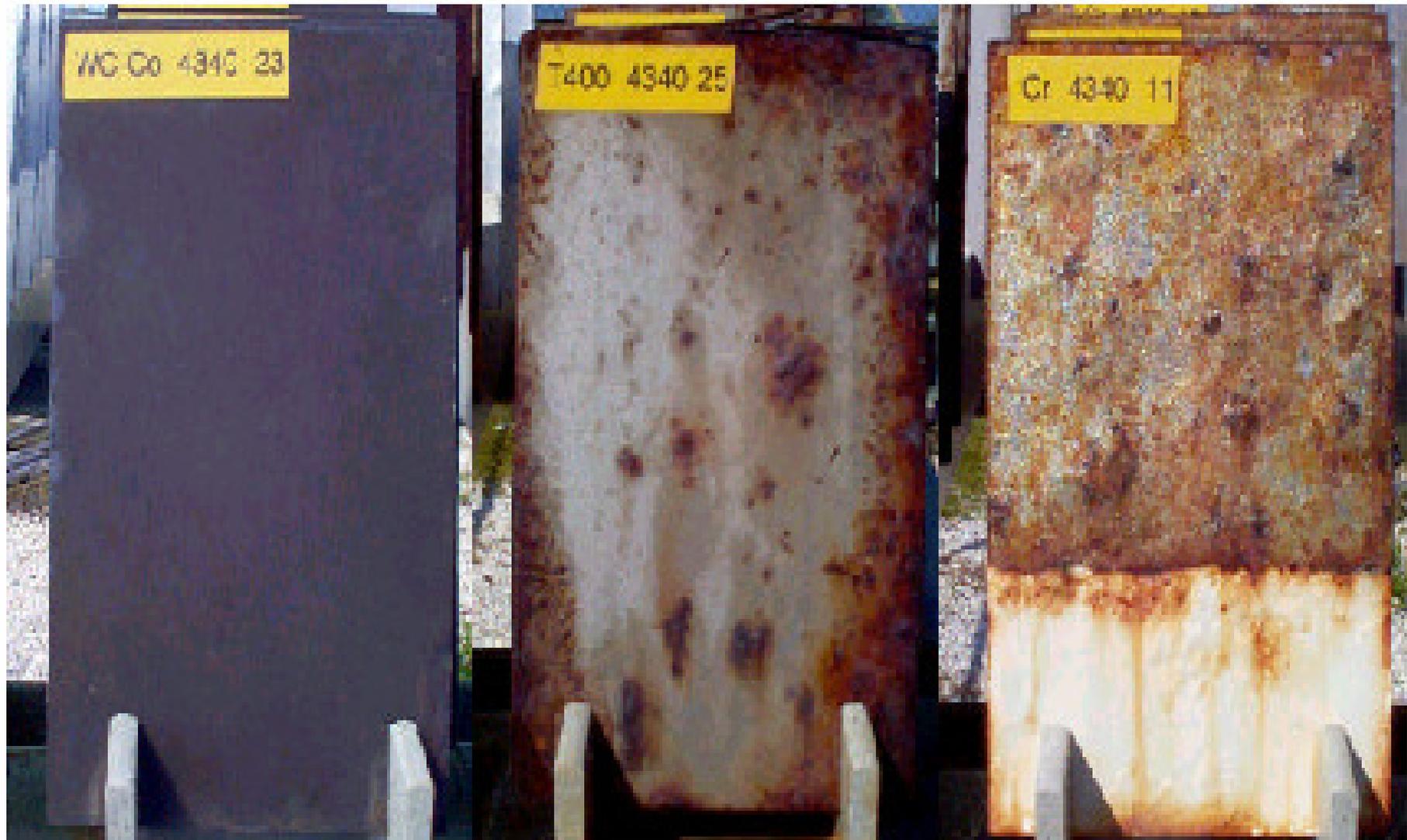
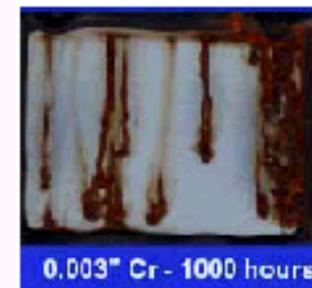
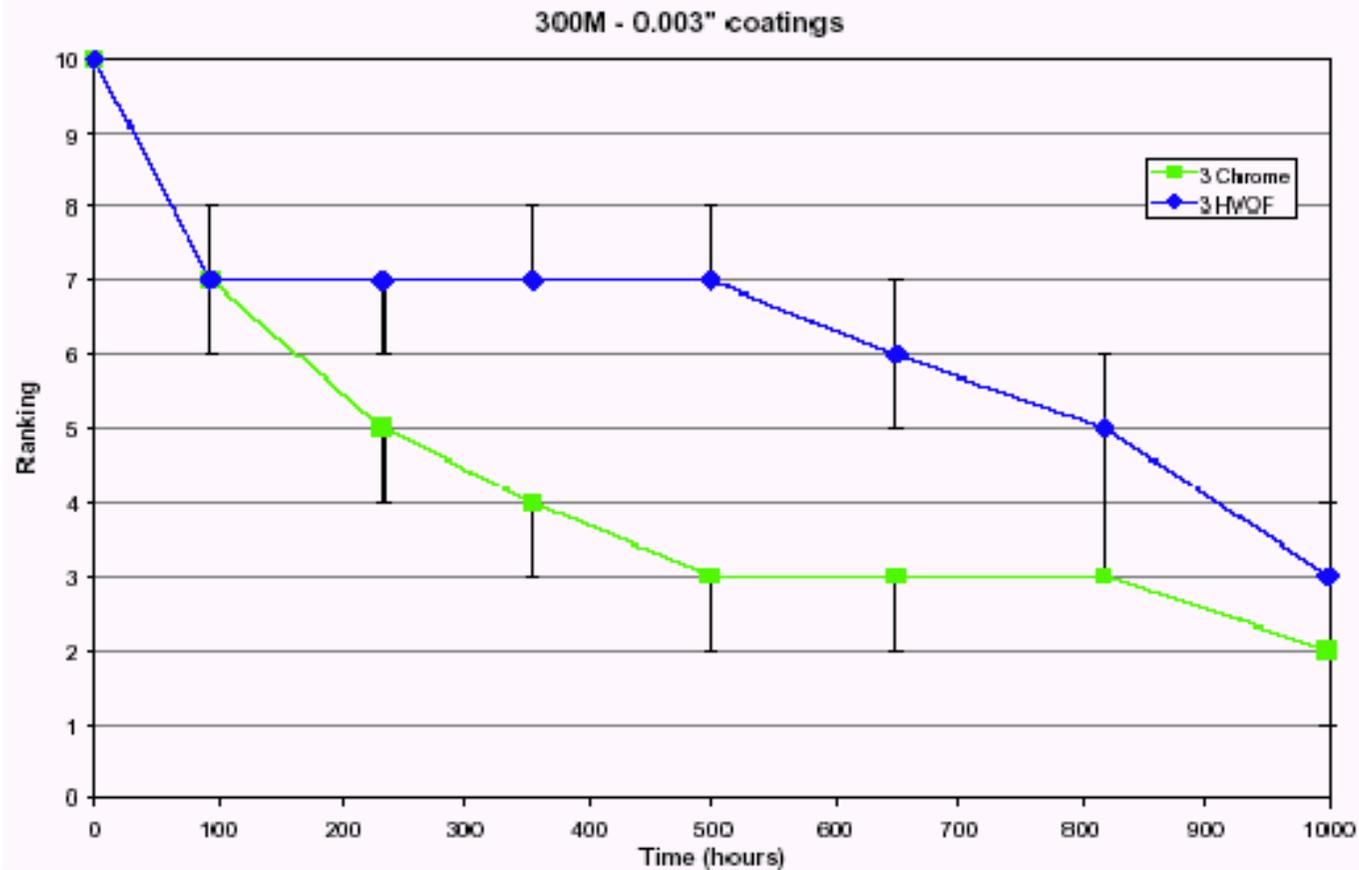


Figure 2. Representative specimens of 4340 steel plates coated with HVOF WC/Co and Tribaloy 400, and hard chrome after 18 months atmospheric exposure plus once weekly spraying with salt water

# Resistencia a la Corrosion: EHC vs HVOF



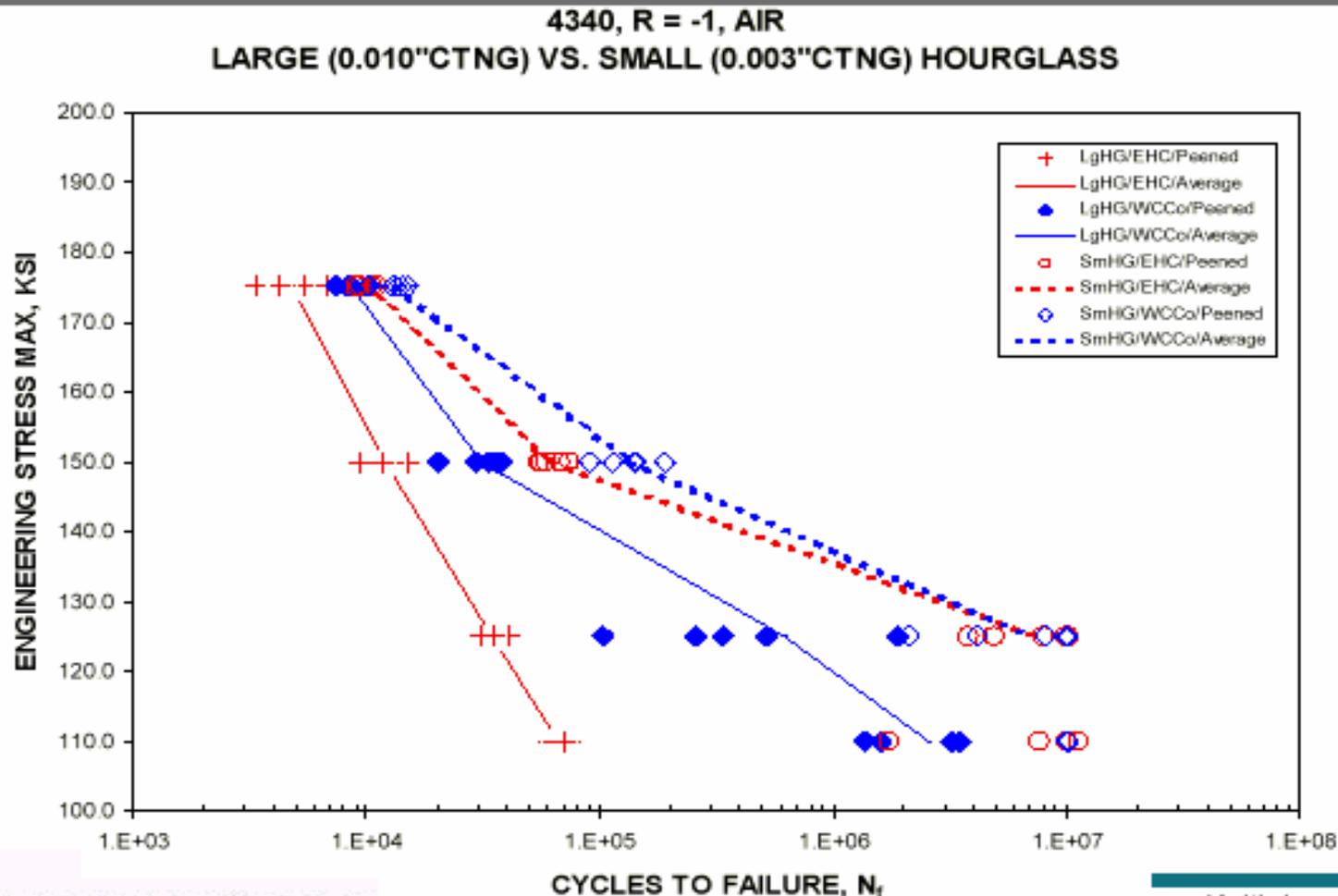
## C-HCAT data



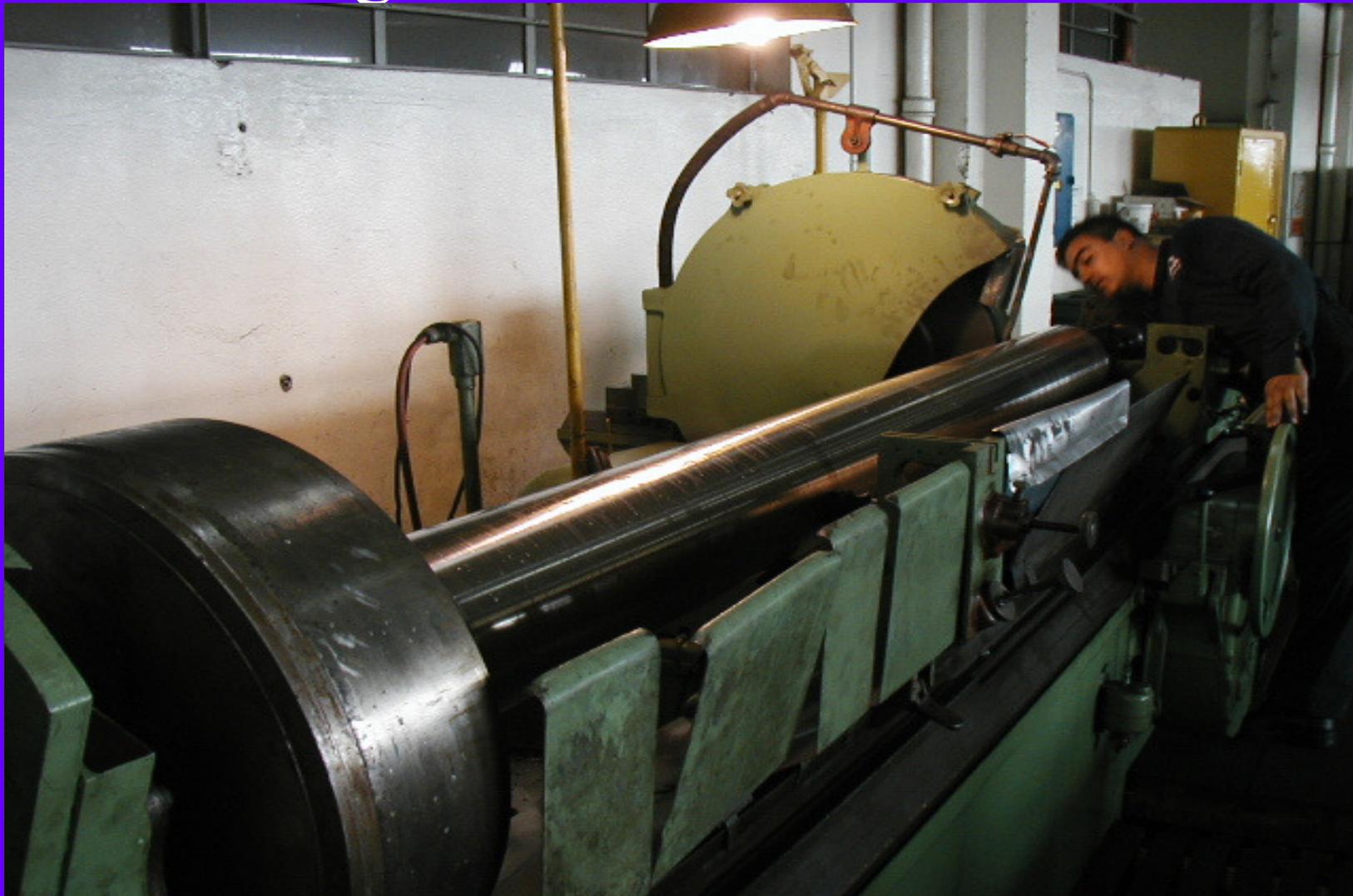
# Ensayos a la fatiga, EHC vs HVOF



## HCAT Landing gear fatigue - 4340



Vástago de pistón motor marino:  
Reemplazo del durocromo por HVOF a  
sugerencia del fabricante





# Recuperación zona de sellos, Wc/Co



# Vástagos de Estabilizadores DLH



Recuperación de dos Vástagos RAM. DLG Prat.

Sistema HVOF



# Aplicación WC/Co en pistón de compresor de H<sub>2</sub>, RPC ConCón



# Eje reductor acoplamiento Turboalt. J1, DLH



# Conclusiones



- Se hace imprescindible buscar alternativas al Cr duro
- Se ha validado el proceso HVOF para muchas aplicaciones
- En ciertas aplicaciones, se debe minimizar valores Ra de recubrimientos HVOF a objeto dejarlos comparables a los del Cr duro