



UNIVERSITAT DE BARCELONA



FACULTAT DE QUÍMICA
Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica
Tecnologia de Materials 2005-2006

MILLORA DE LA RESISTÈNCIA A LA DEGRADACIÓ
DE BESCANVIADORS DE CALOR EN PLANTES IRSU
MITJANÇANT RECOBRIMENTS DE
PROJECCIÓ TÈRMICA HVOF

Memòria per optar al grau de Doctor per la Universitat de Barcelona, presentada per Marc Torrell Faro sota la direcció del Prof. Josep Maria Guilemany Casadamon.

Barcelona, Juny 2008

VI - Conclusions Finals

Les conclusions parcials, amb l'estudi dels resultats obtinguts durant la investigació, s'han descrit per a cada un dels sistemes, al llarg de la memòria i permeten definir, a partir del seu recull, les conclusions finals d'aquesta tesi.

En relació a la projecció tèrmica, paràmetres experimentals i estructura dels recobriments obtinguts:

1. Mitjançant processos i tècniques d'optimització de paràmetres, s'han obtingut de forma reproducible, recobriments HVOF amb estructura i propietats adequades per a la protecció als processos de degradació en plantes IRSU.
2. En el cas dels recobriments base Níquel D-1005 s'han obtingut, tant en la projecció que utilitza Hidrogen com a combustible com per la que utilitza Propilè, estructures compactes i amb baixos nivells d'oxidació.
3. Els recobriments base Níquel obtinguts en la projecció del sistema C₃-H₆-C-6119, amb Propilè com a combustible, han obtingut l'estructura òptima per a l'aplicació indústria. Per contra, els projectats amb Hidrogen (H₂-C-6119) han generat estructures poc compactes, facilitant els processos de degradació.
4. Els recobriments base Ferro del sistema D-1003, tipus acer inoxidable 316L, han generat pels dos gasos de combustible utilitzats, estructures compactes i amb baixos nivells d'oxidació, tot i que la corrosió del propi material ha provocat una baixa resistència a la degradació dels revestiments obtinguts.

En relació a les propietats mecàniques, tribològiques i tensions residuals dels recobriments:

5. Les propietats tribològiques de coeficient de fricció i velocitat d'abradió, així com també duresa i adherència dels recobriments, mostren valors adequats per a resistir els requeriments propis de l'aplicació en IRSU.
6. Mecànicament els recobriments mostren coeficients de dilatació del mateix ordre que l'acer utilitzat com a substrat. Per altra banda tots ells presenten valors de Mòdul de Young menors al del substrat. Aquestes dues condicions afavoreixen l'adaptació del recobriment en els processos de dilatació que s'esdevenen en l'interior de la IRSU.
7. Les variacions del Mòdul de Young amb el volum estudiat mostren, els recobriments base Níquel del sistema C₃H₆-C-6119 projectats amb Propilè, com els més compactes i homogenis.
8. L'estudi de tensions residuals utilitzant el mètode MRLM sobre els recobriments base Níquel C₃H₆-D-1005, mostren una estructura relaxada amb baixos valors de tensió compressiva.
9. En el cas del recobriment C₃H₆-C-6119, la distribució de tensions al llarg del recobriment mostra una superfície tensionada que relaxa ràpidament en el si del material. La zona d'intercara mostra certa compressió produïda pel procés de granallat pre-projecció.
10. La distribució de tensions residuals en el recobriment d'acer inoxidable 316-L (D-1003), indica elevats valors en les capes més superficials del recobriment que es relaxen a mesura que s'acosten al substrat.

En relació als assaigs de corrosió i erosió-corrosió amb sals foses:

11. Els recobriments base Níquel mostren un molt bon comportament sota els assaigs de corrosió i erosió-corrosió. El millor comportament es troba pel C₃H₆-D-1005, mentre que el que ofereix una pitjor resistència, a causa d'una estructura poc compacte, és el sistema H₂-C-6119 projectat amb Hidrogen com a gas combustible. Els productes de corrosió detectats mitjançant les diverses tècniques, són majoritàriament NiO i Fe₂O₃, així com Cr₂O₃ i Fe₃O₄ que formen, en determinats casos, òxids compostos amb variacions de la seva composició.
12. El sistema base Ferro D-1003 mostra, en ambdós casos, processos clars d'oxidació activa que li generen una important i ràpida degradació de la seva estructura. Aquests processos catalitzats, i la generació d'òxids porosos que produeixen a partir dels clorurs metàl·lics, el fan inadequat com a protector dels TIC. Aquesta degradació oxidativa es manifesta en forma de dilatació de les zones internes del recobriment.

En relació als assaigs de resistència a la corrosió amb dissolucions salines:

13. La resistència sota solucions clorades dels recobriments base Níquel D-1005 mostren valors molt alts de resistència, sense que apareixien mostres de corrosió al llarg dels diferents assaigs, mentre que en el cas del material base Níquel, utilitzat pel sistema C-6119, existeix un cert procés de corrosió, especialment agressiu en el cas del revestiment projectat amb Hidrogen, H₂-C-6119.
14. En el cas dels recobriments inoxidables del sistema D-1003, la resistència és pobre sense que s'observin diferències amb els processos que s'esdevenen en el propi substrat, exceptuant els resultats del recobriments H₂-D-1003 sota boira salina, on s'obtenen valors de fins a 840 hores.

En relació als assaigs in-situ realitzats en planta IRSU i l'avaluació dels recobriments en el laboratori:

15. Els assaigs *in-situ* demostren la aplicabilitat dels recobriments, obtinguts per Projectió Tèrmica HVOF, com a protectors de les plantes IRSU, aportant un augment en la resistència a la degradació, per sobre de les 100.000 hores (més de 10 anys), i per tant una millor amortització de la planta, on són necessaris recobriments d'elevada adherència, mínima porositat, baixos nivells d'oxidació i propietats mecàniques properes a les del substrat que recobreixen.
16. Els resultats dels assaigs realitzats a l'interior de la incineradora són concordants amb els obtinguts mitjançant l'assaigs de corrosió i erosió-corrosió dissenyats en el Centre de Projectió Tèrmica. D'aquesta manera es pot realitzar una avaluació d'una forma accelerada de la resistència en servei dels recobriments generats.
17. Els recobriments base Níquel són aquells que presenten una millora més significativa de la resistència a la degradació dels TIC, incrementant la seva vida en servei, de mitjana, en més de 100.000 hores. Per altra banda els recobriments d'aliatges cermet presenten problemes mecànics, i els recobriments d'aliatges base Ferro, oxidació activa.

En relació a l'aplicació final dels recobriments de projecció tèrmica HVOF, com a protectors en plantes industrials d'atmosfera agressiva i a les millores en front altres processos i tecnologies:

18. La projecció tèrmica d'alta velocitat pot generar, mitjançant materials tipus Inconel 625 com el D-1005, recobriments amb les característiques necessàries per a protegir el bescanviador de calor d'una planta IRSU, augmentant fins a 130.000 hores (15 anys) la seva vida en servei, i l'avaluació d'aquesta protecció es pot realitzar, de forma accelerada, mitjançant assaigs de laboratori.
19. La projecció tèrmica HVOF és una alternativa econòmica que aporta les millors prestacions que altres tecnologies de revestiment en la seva aplicació per plantes IRSU en tubs intercanviadors i parets d'aigua, així com en altres sectors industrials, com són plantes químiques de líquidació de gasos o plantes de generació d'energia per combustió de carbó polvoritzat i biomassa.