

EXTENSIÓN DE DURABILIDAD DE PISTONES DE BOMBAS DE FRACTURA HIDRAULICA MEDIANTE EL EMPLEO DE TECNOLOGIA DE NITRURACIÓN POR PLASMA Y PVD

P. Cirimello¹, S. P. Brühl², L.A. Aguirre¹, W. Morris¹, G. Carfi¹

¹YPF Tecnología S.A; Av. del Petróleo s/n, Berisso, Buenos Aires, Argentina.

²UTN-FRCU, Ing. Pereira 676, E3264 BTD Concepción del Uruguay, Argentina.

pablo.g.cirimello@ypftecnologia.com, sonia@frcu.utn.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En la industria del Gas y el Petróleo (Oil&Gas), el concepto de fractura hidráulica consiste en “romper” la formación (reservorios) por intermedio de un fluido, básicamente formado por agua y arena (agente de sostén), que bombeado a una determinada presión y un dado caudal, supere la resistencia de la formación (gradiente), de manera de colocar dentro de las fisuras creadas un ordenamiento del agente de sostén, impidiendo el cierre de las mismas [1].

Las bombas de fractura hidráulica son de tipo aspirante-impelente: aspiran el fluido con el agente de sostén y lo bombean a altas presiones a fondo de pozo. Los pistones de estas bombas realizan la succión y la compresión; en su movimiento alternativo se produce el eventual ingreso de finos de arena al huelgo que queda entre la superficie del pistón y los sellos, siendo esta la principal causa de desgaste localizado del pistón, las camisas y los sellos del conjunto. Existen al menos dos mecanismos de desgaste: (1) generalizado, atribuible a los finos del agente de sostén y (2) localizado, atribuible a claras deficiencias en el recubrimiento duro comúnmente aplicado [1,2].

La tecnología de endurecimiento superficial empleada actualmente para fabricar estos componentes es el Thermal Spray, que presenta ante estas prestaciones, fallas propias de la técnica y de su forma de aplicación: heterogeneidad química y microestructural, porosidad y falta de adherencia entre metal base y recubrimiento.

Siguiendo criterios ampliamente difundidos en la ingeniería de superficie [3], se propuso por tanto reemplazar esta técnica de endurecimiento superficial por la de Nitruración por Plasma, la cual genera una transición gradual de durezas desde el núcleo hacia la superficie, eliminando la presencia de interfases. El tratamiento desarrollado se complementa con un segundo endurecimiento

superficial, mediante la técnica de PVD (Physical Vapor Deposition). El tratamiento de endurecimiento descripto, fue utilizado para fabricar nuevos pistones de bomba de fractura hidráulica, y ensayados en un piloto tecnológico de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir del criterio de ingeniería de superficie planteado, se rediseñó la fabricación de los pistones de fractura hidráulica, utilizando como material base un Acero DIN 34CrAlNi7 y SAE/AISI 4140. Estos aceros fueron sometidos a un tratamiento de nitruración por plasma en la empresa IONAR S.A., y posteriormente se recubrió la superficie con CrAlN mediante PVD (tratamiento dúplex).

Probetas testigo del proceso de fabricación fueron ensayadas a fin de validar la calidad de cada etapa del proceso. Se realizó una caracterización metalográfica de la capa endurecida, y medición de durezas de la misma, en superficie y perfil en profundidad. Se realizaron ensayos de performance (ASTM G65) a fin de cuantificar la mejora en comportamiento al desgaste del nuevo esquema de material base y superficie endurecida frente al antiguo diseño. También se ensayó la adhesión del recubrimiento mediante el Scratch Test (ASTM C1624). Finalmente, diez pistones fabricados con la nueva tecnología fueron ensayados en Pilotos Tecnológicos de Campo (PTC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La capa de nitruración por plasma fue analizada mediante análisis metalográfico y ensayos de dureza Vickers. Según el criterio DIN de determinación de capa nitrurada, el espesor de la misma se define desde la superficie hasta la profundidad en que la dureza es 50 HV superior a la del material base.

Aplicando este criterio el espesor de capa nitrurada es de 320 μm . No se detectó capa de compuestos (capa blanca), lo que se había previsto en el diseño, para mejorar la adhesión.

Se efectuaron ensayos de desgaste del tipo ASTM G65 a fin de cuantificar la mejora en rendimiento de la tecnología propuesta frente a la Standard. La carga aplicada fue de 130 N durante 25 minutos, con arena AFS 35/50. En la Figura 1 se muestra la comparación de comportamiento al desgaste del tratamiento dúplex propuesto por YTEC y el tratamiento Thermal Spray (STD). El material con tratamiento dúplex (YTEC) presenta una pérdida de masa 34 veces menor a la del tratamiento Thermal Spray (Figura 1).

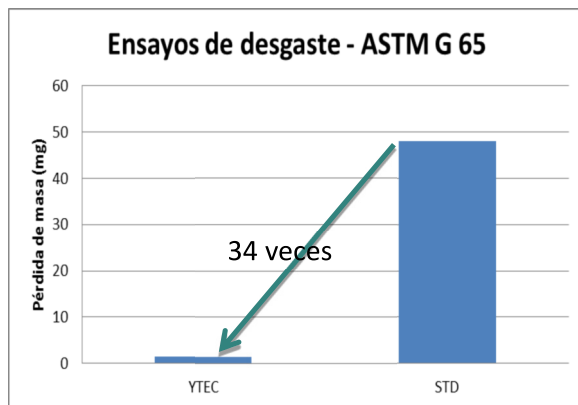


Fig. 1: Pérdida de masa en ambos materiales

Asimismo se realizaron ensayos tipo Scratch Test siguiendo los lineamientos de ASTM C1624, a fin de ensayar el grado de adhesión del recubrimiento al sustrato. Se emplearon cargas constantes de 30, 35, 45, 50, 60, 75 y 85 N. Se verificó que el material con tratamiento dúplex presentó menor ancho de huella y el recubrimiento no se desprendió hasta los 130 N. En el caso del tratamiento dúplex sin rectificación previa, se observaron algunas fisuras en el fondo de la huella. En el material con tratamiento Thermal Spray, en cambio, se observó gran deformación plástica en los bordes de la huella y un mayor daño causado por el indentador. En un perfil de las huellas generadas en el ensayo Scratch, se midió que la máxima profundidad de huella obtenida en el material tecnología Y-TEC es de 2,2 μm , mientras que en el material STD es de 5 μm .

Finalmente, se realizó un Piloto Tecnológico de Campo (PTC) en el Yacimiento Loma Campana (YPF), con el objeto de ensayar el comportamiento en servicio de cinco pistones, fabricados con la tecnología Y-TEC-IONAR, comparando éstos con pistones originales. La prueba se llevó a cabo en

conjunto con las empresas Schlumberger y Calfrac, responsables de la operación de fractura, empleando presiones de fractura medias del orden de los 10.000 psi. La figura 2 presenta los resultados obtenidos en una bomba de cinco pistones en paralelo constatando que la durabilidad de los pistones Y-TEC-IONAR expresada en términos de etapas de fractura, para las condiciones empleadas en Loma Campana (NOC), resultó un 313% mayor que la de los pistones originales fabricados con la tecnología Thermal Spray.

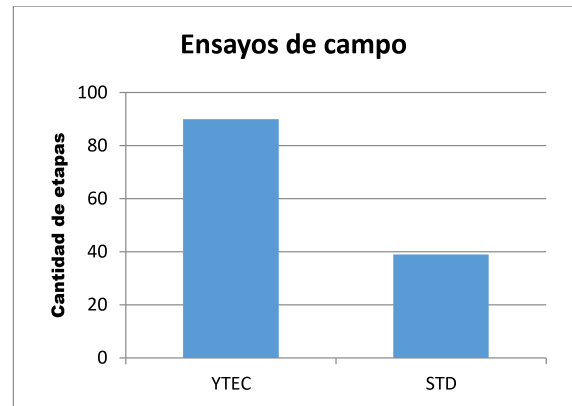


Fig. 2: Durabilidad de pistones ensayados

CONCLUSIONES

Se ha verificado que la tecnología de Nitruración por Plasma y PVD para el endurecimiento superficial de pistones de bombas de fractura hidráulica, propuesta por Y-TEC, representa una alternativa con ventajas frente a la tecnología de endurecimiento superficial por Thermal Spray. Por un lado, la adhesión del recubrimiento PVD al sustrato es superior a la de la tecnología tipo Thermal Spray, medida por Scratch Test (ASTM C1624). Por otro lado, la resistencia al desgaste abrasivo de la tecnología Y-TEC es 34 veces mayor que la Standard medida en términos de ASTM G65. En los Pilotos Tecnológicos de Campo se comprobó mayor durabilidad de los pistones realizados con la nueva tecnología, 313 % más de vida útil, lo que reduce el tiempo de mantenimiento inter-etapas. Finalmente, estos pistones son de producción nacional, garantizando provisión local.

REFERENCIAS

- [1] Papavanisam S., Corrosion Control in the Oil and Gas Industry, Elsevier, 2014.
- [2] Davis J.R, Surface Engineering for Corrosion and Wear Resistance, ASM International, 2001.