

MEDICION DE FATIGA EN SARTAS DE VARILLAS DE BOMBEO MECANICO TRABAJO ACUMULADO

Autor : Ing Mario Sánchez
Profesor Titular Efectivo de la Cátedra de Producción II
Director general de la Carrera de Ingeniería de Petróleos
Facultad de Ingeniería- UNCuyo
mcsanchez@uncu.edu.ar

Trabajo original sobre el momento de cambiar la sarta de varillas, en bombeo mecánico, antes que se produzcan las primeras fallas por fatiga acumulada

La fatiga en las varillas de bombeo es un parámetro muy difícil de medir, por no decir imposible, dado que no existe ningún método que nos diga cuanto disminuye la resistencia de las mismas, por la fatiga acumulada.

Este deterioro de la resistencia se produce, debido a que las varillas de bombeo están sometidas a un movimiento, que genera una variación de las cargas a la que están sometidas, desde un valor máximo a uno mínimo, en un movimiento sinusoidal alternativo.

Este fenómeno afecta mayormente a las varillas que componen las sarts, que accionan las bombas alternativas, en bombeo mecánico, como sistema de extracción artificial.

La consecuencia de la acumulación de fatiga genera un reordenamiento de la granulometría de las mismas, lo que disminuye su resistencia y una rotura en un tiempo menor al supuesto, con la consecuencia que es impredecible y en función del rango de cargas y la carga máxima, esta reducción puede ser muy importante.

Normalmente, las sarts de varillas se diseñan en función de las cargas máximas y mínimas que soportan, función de la profundidad de extracción y del caudal máximo que es capaz de sacar la bomba de profundidad. Este diseño se verifica en la práctica a través de la relación entre las cargas máximas y mínimas que realmente soportan y que se pueden obtener a través de un dinamómetro. Con estos valores se realiza un diagrama, llamado Diagrama de Goodman, donde si las relaciones de cargas (tensiones en realidad) entran en una zona de trabajo delimitada por los parámetros medidos, se supone que el diseño es el adecuado y la vida útil de las varillas sería adecuada. La falla de las mismas se produce cuando las varillas se cortan, lo que en la jerga petrolera sería una “pesca de varillas”. Esto genera daños potenciales a la instalación y pérdida de producción. Con esta metodología, la vida útil de las varillas se miden en función de las alternancias que acumulan (una alternancia es el viaje de la varilla con una subida y bajada, en cada movimiento alternativo), pero no sirve para determinar cuando es el tiempo límite para hacer el recambio de la sarta y evitar la pesca

Esta metodología de medir la “vida útil de las varillas”, no considera la FATIGA, que como ya enunciamos, disminuye la vida útil de la misma, a medida que la varilla acumula esta variable.

En este trabajo proponemos medir la vida útil de las varillas, sometidas a fatiga, a través de una variable empírica denominada T_a (Trabajo acumulado), tomando como parámetro de comparación, la forma en que se mide la vida útil de los cables de los equipos de pulling, workover o perforación.

La fórmula propuesta es la siguiente:

$$Ta = \frac{2 \text{ GPM} * \text{Carr.} * Tt * CM * (CM - Cm) * F1 * F2 * F3 * F4}{(CM + Cm)}$$

Donde:

Ta= Trabajo acumulado de las varillas en Toneladas*Kilómetro (Tn**Km)

GPM= Golpes por minuto del Aparato Individual de bombeo (AIB)

Carr.= Carrera del AIB

2*GPM*Carr.= Distancia recorrida por la varilla durante un minuto (Mts/minuto)

CM= Carga Máxima a la que está sometida la 1° varilla, medida en Kgs. Se obtiene del dinamómetro

Cm= Carga mínima a la que está sometida la 1° varilla, medida en Kgs. Se obtiene del dinamómetro

(CM-Cm)= Rango de cargas, que es una de las variables, al igual que la carga máxima, que reduce la vida útil de las varillas, efecto de la Fatiga acumulada. Mientras mayor sea la CM y el rango de cargas, menor es la vida útil de las varillas.

Tt= Es el tiempo de trabajo. Esta es una variable que nos dice cuanto es el Ta para ese periodo de tiempo , y se obtiene como estadística del pozo.

F1: Variable que tiene en cuenta el grado de las varillas seleccionadas

F2= Variable que tiene en cuenta el trato que se les da a las varillas, en cuanto a su manipuleo al sacarlas y bajarlas. Es la más subjetiva y debe ponderarse en función de cada Yacimiento

F3 y F4= Variables que tienen en cuenta las unidades para que el trabajo acumulado se de en las unidades especificadas.

El Trabajo acumulado (Ta) es un valor que estadísticamente debemos obtener en cada pozo, con los datos obtenidos del dinamómetro y con el Tt, que es el tiempo de trabajo para cada valor de Ta determinado

Conocido el Ta, al momento de la pesca por fatiga, en función de la información obtenida, la variable a despejar de la ecuación es el tiempo Tt, que nos dirá, en meses, cuando es el momento adecuado de cambiar la sarta para evitar pescas por fatiga, hacia el futuro del diseño de las sarts

Ahora bien, hasta acá hemos hablado del Ta y Tt de una sarta, sin tener en cuenta el diámetro de la misma. Sabemos que la resistencia de la varilla depende de su área, es decir, de su diámetro. Pero la experiencia nos permitió determinar que las sarts que están compuestas por distintos diámetros y debido a que en el diseño se considera que la distribución de cargas y diámetro, a lo largo de la profundidad del pozo es de igual comportamiento, respecto al fenómeno de fatiga, vamos a considerar que cuando hablamos del tiempo de trabajo, éste es similar para toda la sarta y este tiempo implica el reemplazo total de la sarta

O sea, cuando hablamos del Ta acumulado, al momento de la primera pesca de varilla de cualquier diámetro, podemos obtener el tiempo Tt de reemplazo de la sarta, para evitar las pescas por fatiga.

Para el Yacimiento donde se hicieron los estudios, se determinó que el valor de

$$Ta = 200.000 Tn * Km$$

El Yacimiento donde se realizó el estudio es Tupungato Refugio, de la Provincia de Mendoza, y el estudio se realizó durante los años 1991 al 2001. Este Yacimiento, al momento de inició del estudio, tenía siguientes características:

- Tipo de yacimiento: maduro.
- Profundidad media de la bomba: 2000 mts,
- Tubing: Tipo J55 y diámetro 2 7/8" pulg.
- Sumergencias de bombas de 100 mts
- Sartas grado D, ROD 86 en la mayoría de los pozos, bombas tipo insertables de 1 3/4 * 20 ', 9 GPM medios y carreras de AIB variables.
- Producción media : 30 m3/d- % agua media : 70 %

DISCUSION DE LAS VARIABLES ADIMENSIONALES

F1: Se recomienda F1= 1 Varillas grado D
 F1= 1,2 para grados superiores
 F1= 0,8 para grados inferiores

F2: Tiene en cuenta el trato que se les da a las varillas en las operaciones de pulling o workover, que tiene en cuenta el manipuleo de las mismas. Cuando se respetan las normas, F2 debería valer 1. Cuando hay pruebas de un trato inadecuado, el valor disminuye y debería evaluarse como una variable de disminución de la Vida útil de las varillas, cuando esta disminuye sin razones justificadas.

F3 y F4: variable que tiene en cuenta las unidades. F3 es para cargas y F4 para distancias

CALCULO DEL TRABAJO ACUMULADO, DE UNA SARTA DE VARILLA, Y DEL TIEMPO DE TRABAJO AL MOMENTO DEL REEMPLAZO.

1. El valor del trabajo acumulado (Ta), al momento de la 1ª pesca por fatiga , se transforma en un valor máximo y puede incrementar un porcentaje de hasta el 50 %, si rotamos las varillas de cada diámetro en cada intervención, de modo que las de abajo pasen arriba y viceversa.(Tam)

$$Tam = 1,5 * Ta$$

2. Con un dinamómetro podemos obtener los valores de CM y Cm a las que está sometida la sarta
3. Se establece el valor de F1 y F2 en función del grado de la v/b y de la calidad del trato con que se trata la varilla
4. Con Tam calculado para nuestro Yacimiento, conociendo las variables de trabajo de nuestro equipo de bombeo (GPM y Carr), aplicando la fórmula (1), podemos calcular el tiempo para el recambio

$$T_{tr} \text{ (recambio)} = \frac{Tam * (CM + Cm)}{2 * GPM * Carr * CM * (CM - Cm) * F1 * F2 * F3 * F4}$$

El valor obtenido de Ttr (recambio) es el valor máximo de tiempo y responde a las condiciones reales de trabajo del pozo y al diámetro de cada varilla de bombeo.

Para cada periodo de tiempo, donde se hayan variado alguno de los parámetros, se debe calcular el Ta e ir sumando los mismos, en un modelo de planilla, como la que a continuación se detalla, para cada pozo.

[illegible]

RECOMENDACIONES

- El otro lado del análisis, sería no tener forma de determinar el Ta, por falta de estadísticas o porque es un yacimiento en desarrollo.
- En ese caso, la fórmula nos permite determinar el mismo para un tiempo de vida estimado, en función de estadísticas de la zona, recomendación del fabricante u otro medio.
- Ese Ta se verifica con el tiempo en otros pozos, hasta obtener el Ta medio de nuestro yacimiento.
- El valor de Ta para usar como valor estadístico, es un trabajo comparativo de ver en varios pozos a que valor de Ta se producen las pescas por fatiga. La idea es que este valor de Ta sea común para cada Yacimiento
- Es importante conocer el valor máximo de tracción de las varillas de bombeo, en trabajo, que aparte de estar incluidas dentro del área de trabajo del Diagrama de Goodman, no debe superar la tensión máxima de trabajo, sugerida por el fabricante, para evitar pescas por tracción.
- Las varillas de bombeo, una vez cumplido su ciclo de vida, **no deben** inspeccionarse para su re-uso, porque no hay método que pueda medir la fatiga de las varillas. Deben ser descartadas o usadas en pozos someros, donde las cargas máximas superan ampliamente la tensión de rotura.

CV resumido del autor del trabajo:

El Ingeniero Mario Sánchez es Ingeniero de Petróleos- Orientación Explotación, recibido en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, el 15 de Julio de 1977.

Se desempeñó en la actividad petrolera en yacimientos maduros desde Junio de 1978 hasta Noviembre del 2005, desarrollando su actividad en Perforación, Reservorios y Producción, en Petrolera Argentina San Jorge, Home Oil International, Petrolera Santa Fe International y Petrobras Argentina Se especializó en Producción y se retiró como Gerente de Operaciones para la zona Cuyo, siendo su última empresa de trabajo Petrobras Argentina, en el Yacimiento Tupungato- Refugio, de la Provincia de Mendoza

Posteriormente se dedicó en exclusivo a la actividad docente, trabajo que venía desarrollando desde 1994, siendo actualmente Profesor Titular Efectivo de la Asignatura Producción II, en la Carrera de Ingeniería de Petróleos, de la Facultad de Ingeniería de la UNCuyo, donde además es Director General de la Carrera de Ingeniería de Petróleos.