

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir ondas de choque en una perforación de un pozo lleno o parcialmente lleno con un líquido, para la estimulación de horizontes de producción de formaciones que contengan hidrocarburos, consistiendo en los pasos de:

a) posicionar un dispositivo conectado a un fondo de una sarta de tuberías que se extienden de bajada hacia la perforación del pozo lleno o parcialmente lleno con el líquido y que consta de:

i) un cilindro de amortiguamiento conectado a un fondo de la citada sarta de tuberías en un extremo superior y a una cámara de amortiguamiento en un extremo inferior;

ii) un cilindro superior conectado a una cámara de amortiguamiento y el citado cilindro de amortiguamiento tiene un diámetro interno diferente a un diámetro interno del citado cilindro superior y la citada cámara de amortiguamiento tiene una conexión hidráulica con la perforación del pozo por medio de al menos un orificio en una superficie lateral de la cámara de amortiguamiento;

iii) un émbolo de amortiguamiento dispuesto en forma movable dentro del citado cilindro de amortiguamiento y conectado a una unidad de bombeo por medio de al menos una varilla de succión y una varilla pulida en un extremo superior y conectado a un émbolo superior por al menos una varilla de succión en el extremo inferior para crear una contrafuerza constante adentro de la citada cámara de amortiguamiento en una carrera ascendente de la unidad de bombeo como resultado de un flujo constante del fluido de la cámara de amortiguamiento hacia la perforación del pozo o desde la perforación del pozo hacia la cámara de amortiguamiento a través de al menos un orificio en una superficie lateral de la cámara de amortiguamiento;

iv) un cilindro inferior conectado al citado cilindro superior por medio de una cámara de compresión y el citado cilindro superior tiene un diámetro interno más pequeño que el diámetro interno del citado cilindro inferior;

v) un émbolo inferior conectado al citado émbolo superior por medio de al menos una varilla de succión y los citados émbolos superior e inferior dispuestos

en forma movable dentro de los citados cilindros superior e inferior, proporcionalmente, para comprimir el líquido contenido dentro de la citada cámara de compresión y descargar el líquido hacia la perforación cuando el citado émbolo inferior sale del citado cilindro inferior en la carrera ascendente de la unidad de bombeo generando así una onda de choque;

- b) proporcionar una carrera ascendente L_{str} de la unidad de bombeo que tiene una longitud determinada por la siguiente expresión:

$$L_{str} \geq H_1 + \frac{(D_1^2 - D_2^2) A_{sw} L_2}{E d_r^2},$$

en donde **H1** es la longitud del cilindro inferior, **L2** es la distancia entre la parte superior del émbolo inferior y la parte inferior del émbolo superior, **D1** es el diámetro del émbolo inferior, **D2** es el diámetro del émbolo superior, **Asw** es la amplitud requerida de la onda de choque generada, **E** es un módulo de una elasticidad del material de la varilla de succión, **dr** es el diámetro de las varillas de succión.

2. Un método como se define en la reivindicación 1 en donde la unidad de bombeo opera no menos de 12 horas por día.

3. Un aparato para producir ondas de choque en la perforación del pozo lleno o parcialmente lleno con el líquido para la estimulación de los horizontes de producción de las formaciones con hidrocarburos en el régimen de una resonancia que consta de:

- a) la sarta de tuberías que se extienden de bajada hacia la perforación del pozo lleno o parcialmente lleno con el líquido;
- b) el cilindro de amortiguamiento conectado al fondo de la sarta de tuberías en el extremo superior y a la cámara de amortiguamiento en el extremo inferior y la citada cámara de amortiguamiento está conectada al cilindro superior y el citado cilindro de amortiguamiento tiene el diámetro interno diferente al diámetro interno del citado cilindro superior;
- c) el émbolo de amortiguamiento dispuesto en forma movable dentro del citado cilindro de amortiguamiento y conectado a la unidad de bombeo por medio de al menos una

varilla de succión y la varilla pulida en el extremo superior y al émbolo superior, dispuesto en forma movable dentro del citado cilindro superior, en el extremo inferior para crear la contrafuerza constante adentro de la citada cámara de amortiguamiento en la carrera ascendente de la unidad de bombeo como resultado del flujo constante del fluido de la cámara de amortiguamiento hacia la perforación del pozo o desde la perforación del pozo hacia la cámara de amortiguamiento a través de al menos un orificio en la superficie lateral de la cámara de amortiguamiento proporcionando así la comunicación hidráulica entre la cámara de amortiguamiento y la perforación;

- d) el cilindro inferior conectado por medio de la cámara de compresión al citado cilindro superior teniendo el diámetro interno más pequeño que el diámetro interno del citado cilindro inferior;
- e) el émbolo inferior dispuesto en forma movable dentro del citado cilindro inferior y los citados émbolos superior e inferior están conectados entre sí por medio de al menos una varilla de succión para comprimir el líquido contenido dentro de la citada cámara de compresión y descargar el líquido hacia la perforación del pozo cuando el citado émbolo inferior sale del citado cilindro inferior en la carrera ascendente de la unidad de bombeo generando así la onda de choque; y
- f) el citado émbolo inferior tiene al menos un ahusamiento cónico truncado en el extremo inferior y el citado ahusamiento cónico truncado tiene un ángulo en relación con un eje de simetría vertical del émbolo inferior determinado por las siguientes fórmulas:

$$\psi = \frac{1}{3} \arccos \left[\frac{2S(1 - \phi)n_s L_{str}(D_1^2 - d_r^2)}{C_s \Delta t D_1^3} \right],$$

donde ψ es el ángulo del ahusamiento cónico truncado en el extremo inferior del émbolo inferior, ϕ es un deslizamiento total del fluido entre los cilindros inferior y superior y los émbolos inferior y superior, proporcionalmente, n_s es un número de Strouhal, L_{str} es la longitud de la carrera ascendente de la unidad de bombeo, D_1 es el diámetro del émbolo inferior, d_r es el diámetro de las varillas de succión, C_s es una velocidad de una onda de corte en la subcapa de formación con hidrocarburos, Δt es el

tiempo de descarga del líquido comprimido de la cámara de compresión, **S** es un espesor de la subcapa de formación con hidrocarburos que tiene la frecuencia dominante particular.

4. Aparato como se define en la reivindicación **3**, en donde la longitud **l** del citado ahusamiento cónico truncado en el extremo inferior del émbolo inferior es determinada por la siguiente expresión:

$$0.1D_1 \leq l \leq \frac{D_1}{2 \tan \psi} ,$$

donde **l** es la longitud del ahusamiento cónico truncado en el extremo inferior del émbolo inferior, **D₁** es el diámetro del émbolo inferior, **ψ** es el ángulo del ahusamiento cónico truncado en el extremo inferior del émbolo inferior.

5. Aparato como se define en la reivindicación **3** en donde el citado émbolo inferior tiene un ahusamiento esférico truncado en el extremo inferior y el citado ahusamiento esférico truncado tiene un radio esférico **R** y el diámetro **d_s** en el fondo del citado ahusamiento esférico truncado determinado por las siguientes expresiones:

$$d_s = D_1 - l \tan \psi$$

$$R \geq l \cos \psi$$

donde **l** es la longitud del citado ahusamiento cónico en el extremo inferior del émbolo inferior, **D₁** es el diámetro del émbolo inferior, **ψ** es el ángulo del citado ahusamiento cónico truncado en el extremo inferior del émbolo inferior.

6. Aparato como se define en la reivindicación **3** en donde el citado émbolo inferior tiene un ahusamiento elipsoidal truncado en el extremo inferior y el citado ahusamiento elipsoidal truncado tiene el diámetro **d_e** en el fondo del citado ahusamiento elipsoidal truncado determinado por la siguiente expresión:

$$d_e = D_1 - l \tan \psi ,$$

donde **l** es la longitud del citado ahusamiento cónico truncado en el extremo inferior del émbolo inferior, **D1** es el diámetro del émbolo inferior, **ψ** es el ángulo del citado ahusamiento cónico truncado en el extremo inferior del émbolo inferior.

7. Aparato como se define en la reivindicación **3** en donde el citado émbolo inferior tiene un ahusamiento hiperbólico truncado en el extremo inferior y el citado ahusamiento hiperbólico truncado tiene el diámetro **d_h** en el fondo del citado ahusamiento hiperbólico truncado determinado por la siguiente expresión:

$$d_h = D_1 - l \tan \psi ,$$

donde **l** es la longitud del citado ahusamiento cónico truncado en el extremo inferior del émbolo inferior, **D1** es el diámetro del émbolo inferior, **ψ** es el ángulo del citado ahusamiento cónico truncado en el extremo inferior del émbolo inferior.

8. Aparato como se define en la reivindicación **3**, en donde una distancia **L₂** entre una parte superior del émbolo inferior y una parte inferior del émbolo superior es determinada por la siguiente expresión:

$$\frac{H_1 + L_1 - (l_1 + l_2 + L_{str})}{1 - \frac{(D_1^2 - D_2^2)A_{sw}}{Ed_r^2}} \leq L_2 \leq (H_1 + H_2 + L_1) - (l_1 + l_2 + L_{str}) ,$$

donde **H1** es la longitud del cilindro inferior, **H2** es la longitud del cilindro superior, **l1** es la longitud del émbolo inferior, **L1** es la longitud de la cámara de compresión, **l2** es la longitud del émbolo superior, **Lstr** es la longitud de la carrera ascendente de la unidad de bombeo, **D1** es el diámetro del émbolo inferior, **D2** es el diámetro del émbolo superior, **Asw** es la amplitud requerida de la onda de choque generada, **E** es el módulo de la elasticidad del material de la varilla de succión, **dr** es el diámetro de las varillas de succión.

9. Aparato como se define en la reivindicación **3**, en donde la distancia **L₄** entre la parte inferior del émbolo de amortiguamiento y la parte superior del émbolo superior es

determinada por la siguiente expresión:

$$\frac{H_1 + H_2 + H_3 + L_1 + L_3 - (l_1 + l_2 + L_2 + l_3 + L_{str})}{(H_1 + H_2 + H_3 + L_1 + L_3 + l_3) - (l_1 + l_2 + L_2 + L_{str})} \leq L_4 \leq$$

donde **H1** es la longitud del cilindro inferior, **H2** es la longitud del cilindro superior, **l1** es la longitud del émbolo inferior, **L1** es la longitud de la cámara de compresión, **l2** es la longitud del émbolo superior, **l3** es la longitud del émbolo de amortiguamiento, **H3** es la longitud del cilindro de amortiguamiento, **L3** es la longitud de la cámara de amortiguamiento, **L2** es la distancia entre la parte superior del émbolo inferior y la parte inferior del émbolo superior, **Lstr** es la longitud de la carrera ascendente de la unidad de bombeo.

10. Aparato como se define en la reivindicación 3 en donde, con el fin de proporcionar el fondo óptimo de la carrera ascendente de la unidad de bombeo, la longitud total de las varillas de succión que conectan la parte superior del émbolo de amortiguamiento y la parte inferior de la citada varilla pulida es reducida en comparación con la longitud nominal de las varillas de succión que conectan la parte superior del émbolo de amortiguamiento y la parte inferior de la citada varilla pulida por una distancia **λ** determinada por las siguientes fórmulas:

$$\lambda \geq \frac{H}{E} \left[\frac{(D_1^2 - D_2^2) A_{sw}}{d_r^2} + \frac{gH(\rho_s - \rho_f)}{2} \right] + H\eta,$$

donde **D1** es el diámetro del émbolo inferior, **D2** es el diámetro del émbolo superior, **A_{sw}** es la amplitud requerida de la onda de choque generada, **H** es la profundidad de la parte inferior del émbolo inferior en el fondo de la carrera ascendente de la unidad de bombeo, **E** es el módulo de la elasticidad del material de la varilla de succión, **d_r** es el diámetro de las varillas de succión, **ρ_s** es una densidad del material del medio de bombeo, **ρ_f** es la densidad del líquido, **η** es un coeficiente de pandeo de las varillas de succión adentro de la tubería por unidad de la longitud de la tubería.