DISEÑO DE UN PERMEAMETRO DE LÍQUIDO

Mario Duarte[1] , Ricardo Gallegos[2]

[1]Ingeniero en Petróleo.

[2]Director de Tesis, Ingeniero en Petróleo, Universidad de Zulia en Maracaibo Venezuela en 1973, Profesor de ESPOL desde 1973.

Master en Ingeniería en petróleo, Universidad de Wioming, USA, 1979

Master en Administración de Empresas en Universidad de Tulane, 2000

Master en Administración de Empresas, ESPOL Ecuador, 2001

Resumen

El presente trabajo desarrolla el diseño de un permeámetro de líquidos para la determinación de la permeabilidad efectiva de las rocas de los yacimientos de petróleo, teniendo como modelo el permeámetro existente en el mercado el cual es comercializado por la compañía Ruska de los Estados Unidos y cual tiene como finalidad su aplicación en el laboratorio de petrofísica de la Facultad I.C.T. de la ESPOL.

En su primera parte se revisan todos los conceptos teóricos relacionados con la permeabilidad como son el trabajo realizado por Henry Darcy quien asentó las bases para el estudio del flujo de fluidos en medios porosos mediante la ley que lleva su nombre la cual es útil para calcular la permeabilidad, además se mencionan los factores que afectan la permeabilidad y los métodos usados para la determinación de la permeabilidad.

Finalmente se describen cada uno de los elementos que constituyen el permeámetro de líquido diseñado y además se explica el procedimiento a seguir con el objetivo de determinar la permeabilidad de las rocas yacimiento y el análisis estadístico de los resultados obtenidos mediante el permeámetro

Summaries

The present works develops the design of a permeameter of liquid for the determination of the effective permeability of the rocks of the beds of petroleum, having as it model the existent permeameter in the market which is commercialized for the Ruska company of the United Stated and who has as purpose their application in the laboratory of petrophysics of the faculty I.C.T of the ESPOL.

In their first part revise to him all the theoretical concepts related with the permeability in any way whatever the work made by Henry Darcy who agreed with the bases for the study of the flow of fluids in porous media by means of the law that takes their name the who is useful to calculate the permeability moreover it mentions to him the factors that affect the permeability and the used methods for the determination of the permeability.

Finally it describes to him everyone of the elements that constitute the permeameter of liquid designed and also the procedure is explained to follow with the objective of deciding the permeability of the bed rocks and the statistical analysis of the obtained results by means of the permeameter.

Introducción

Una de las propiedades petrofísica de gran importancia en el estudio del flujo de fluidos a través de un medio poroso en los yacimientos petrolíferos es la permeabilidad, cuya medida indica que tan hábil es el yacimiento para permitir el paso de un determinado fluido. Es así que en el año de 1856 el Físico francés Henry Darcy dio el primer paso para poder modelar los medios porosos mediante una ley que en su honor lleva su nombre.

Diferentes son los métodos que se han inventado para poder obtener la permeabilidad de una formación la cual afecta directamente en la producción de hidrocarburos y hoy en día existen muchas técnicas útiles para elevar el valor de esta propiedad petrofísica mediante trabajos de estimulación o cañoneo. Una de las formas mas comunes para medir la permeabilidad es mediante un prueba de restauración de presión en la cual se registran datos de presión como función del tiempo de cierre del pozo lo cual da resultados de permeabilidad buenos pero no exactos.

El objetivo de esta tesis es diseñar un permeámetro de líquido para determinar un valor más confiable y real de la permeabilidad de las rocas de los yacimientos petrolíferos haciendo uso de la ley de Darcy.

Contenido

<u>Permeabilidad.</u>

La facilidad con la cual un fluido puede moverse a través del espacio poroso intercomunicado de la roca denota el grado de permeabilidad poseída por la roca. La roca es más o menos permeable dependiendo sobre si la roca permite el paso de fluidos dentro de la misma en mayor o menor facilidad. Es similar a las tuberías donde la longitud y la horizontalidad permite al fluido moverse mas fácilmente. Muchas rocas son impermeables al movimiento de agua, petróleo o gas aunque tienen una alta porosidad. Algunas de estas son arcillas, anhidrita y algunas arenas altamente cementada.

Si los poros de una roca no están interconectados no habrá permeabilidad; por consiguiente es de esperar que exista una relación entre la permeabilidad y la porosidad efectiva.

La ecuación de Darcy para flujo lineal es:

$$v = \frac{k}{\mu}\frac{dp}{dl}$$

En la cual los diferentes parámetros tienen las siguientes dimensiones:

$v : L/T$

$\mu : M/LT$

$l = L$

$P = ML/L^2T^2$

Entonces el análisis dimensional de la permeabilidad es de la siguiente forma:

$$\frac{L}{T} = \frac{[k]}{\left[M/LT\right]}\frac{\left[ML/L^2T^2\right]}{L}$$

Dando como resultado que las unidades de la permeabilidad es $[k] = [L^2]$; entonces la unidad de la permeabilidad debe ser cm^2 en el sistema cgs o m^2 en el sistema SI.

Se dice que una roca tiene una permeabilidad de un darcy cuando un fluido con una viscosidad de un centipoise avanza a una velocidad de un centímetro por segundo bajo un gradiente de presión de una atmósfera por centímetro. La figura 1.4 muestra un medio poroso cuya permeabilidad es un darcy.

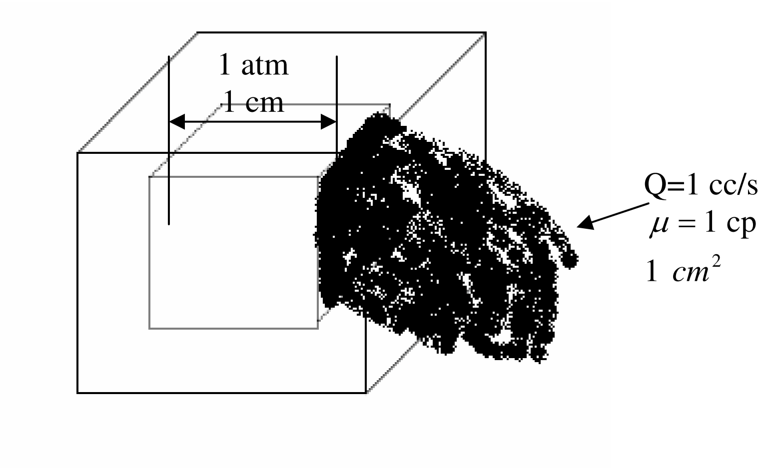

FIGURA 1 MEDIO POROSO CON 1 DARCY

Existen tres tipos de permeabilidades que son:

Permeabilidad absoluta o específica

Permeabilidad efectiva

Permeabilidad relativa

Es la permeabilidad absoluta de una roca cuando un fluido homogéneo satura 100% el espacio de la misma.

Es la conductividad de un material poroso a una fase cuando dos o más fases están presentes y también se miden en darcy. Cuando dos o mas fases están fluyendo simultáneamente en un medio poroso permeable, como por ejemplo en un proceso de desplazamiento, la permeabilidad efectiva a una fase dada es menor que la permeabilidad absoluta y es función de la saturación de la fase.

Es la razón entre la permeabilidad efectiva y la permeabilidad absoluta. Consecuentemente habrá permeabilidades relativas al agua (k_{rw}), al petróleo (k_{ro}) y al gas (k_{rg}), donde:

$$k_{rw} = \frac{k_w}{k} \qquad k_{ro} = \frac{k_o}{k} \qquad k_{rg} = \frac{k_g}{k}$$

La permeabilidad relativa a un fluido particular depende de la saturación de ese fluido en la roca o sea de la fracción del espacio poroso ocupada por dicho fluido, son muy usadas las curvas de permeabilidad relativa en función de la saturación de un fluido determinado.

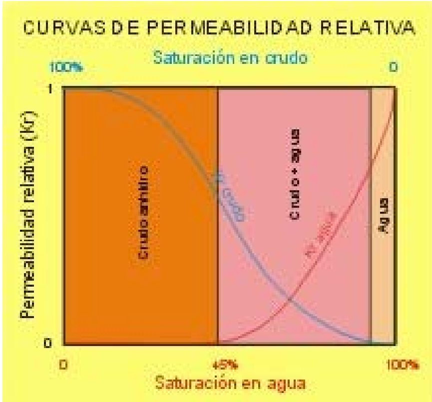

FIGURA 2 CURVA DE PERMEABILIDAD RELATIVA

<u>Partes del permeámetro diseñado y esquema de funcionamiento del permeámetro diseñado.</u>

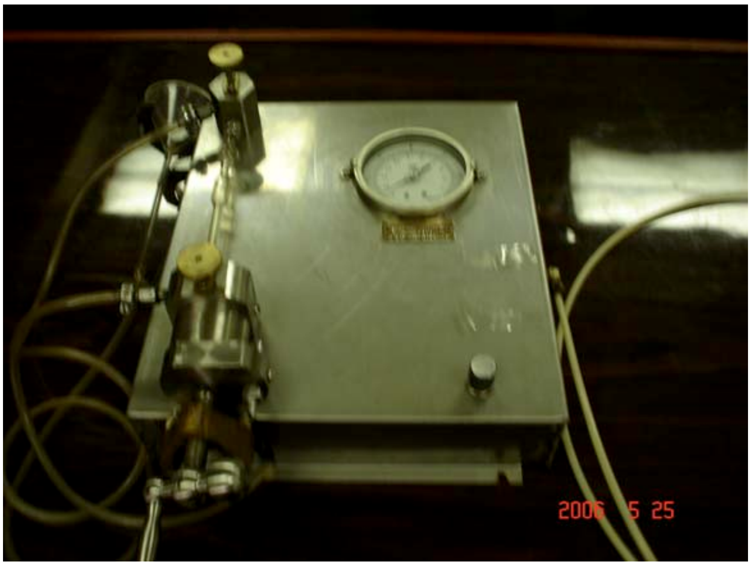

FIGURA 3 PERMEAMETRO

El porta núcleo es el dispositivo usado por el permeámetro para almacenar los núcleos que se desean evaluar su permeabilidad. El porta núcleo esta conformado de tres partes que son: la prensa de ajuste, el fondo de drenaje y camisa.

La válvula de corte esta hecha en hierro y es de gran importancia en el funcionamiento del permeámetro. Esta válvula consta de 4 orificios que tienen varias funciones. Tiene un orificio que tiene un diámetro de 3/16" va conectado mediante una manguera plástica a un embudo de vidrio al cual se llena con agua destilada la función de este orificio es permitir el ingreso del fluido de prueba dentro del núcleo hasta que este se inunde y suba hasta la bureta para poder controlar el volumen de fluido de prueba a ser inyectado por el núcleo para determinar la permeabilidad.

El permeámetro requiere de un equipo de medida del volumen de fluido de prueba inyectado para de esta forma poder calcular el caudal requerido por la ley de Darcy. Además este debe ser capaz de ayudar en la lectura del tiempo necesario para que un volumen dado de fluido de prueba ingrese en el núcleo para tal fin se utiliza una bureta.

La válvula de línea de gas esta hecha de hierro y esta compuesta por tres orificios y una llave. El orificio 1 va conectado a la parte superior de la bureta y trabaja conjuntamente con la llave y el orificio 3. Cuando se requiere llenar la bureta con agua destilada es necesario de que exista comunicación de la atmósfera con la parte superior de la bureta es aquí cuando la válvula de gas realiza su primera función que es la de permitir llenar la bureta mediante venteo para ello la llave debe ser cerrada.

El regulador tiene la misión de mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primaria) y del consumo de CO_2. La presión primaria siempre ha de ser mayor que la secundaria. Es regulada por la membrana , que es sometida, por un lado, a la presión de trabajo, y por el otro a la fuerza de un resorte , ajustable por medio de un tornillo .

El permeámetro de líquido cuenta con un manómetro de 41/2" de diámetro que esta en escalas de 0-30 psi y 0-2.2 bar el cual es usado para medir la presión con la cual el fluido atraviesa el núcleo. El tipo de manómetro usado para dicha función es un manómetro Bourdon.

Con el fin de almacenar agua destilada se utiliza un embudo de vidrio con 60º de inclinación, este embudo se encuentra situado en la esquina superior izquierda esta ubicación es estratégica puesto que al tener una elevación permite que se genere una presión hidrostática que obliga al fluido a ingresar a la bureta.

Conclusiones

- La permeabilidad es una propiedad petrofísica de gran importancia en el estudio de las rocas yacimientos que contienen petróleo especialmente en la producción de hidrocarburos.

- Existen diferentes métodos que pueden ser usados para determinar la permeabilidad absoluta de una roca yacimiento los cuales son los métodos directos e indirectos.

- Los métodos directos para determinar la permeabilidad tienen menos factores que afecten su medida real y por ende resultan más confiables que los métodos indirectos.
- Los núcleos analizados en el permeámetro se les deben extraer líquidos residuales y eliminar el gas que contenga por que si esto ocurre la permeabilidad que se determina es la permeabilidad

- Cuando el núcleo no es saturado al vacío la determinación de la permeabilidad es errónea debido a que junto al fluido de prueba ingresa aire en el espacio poroso de la roca.

Referencias

1. M. Duarte, “Diseño de un Permeámetro de Líquido”, (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)

2. Sylvain Pirson, Oil Reservoir Engineering, (Second Edition, Graw- Hill Book Company, 1958) pp. 98-125

3. John Lee, Well Testing, (First Edition, Society of Petroleum Engineers of AIME, 1982) pp. 41-56

4. Gene Anderson, Coring and Core Analysis Handbook, (Penn Well Books, 1975) pp. 21-59