

Calentamiento de Crudos Pesados por inducción Electromagnética

Investigación terminada

Jessica Delgado Jaimes,

Ingeniería en Energía

Jdelgado211@unab.edu.co

Aura María Rueda Loza

Ingeniería en Energía

arueda267@unab.edu.co

Universidad Autónoma de Bucaramanga

RESUMEN

La producción de calor mediante inducción electromagnética es un método eficiente y sin contacto, con aislamiento físico entre la fuente de calor y el material, alcanzando una elevada eficiencia energética durante el proceso. La generación de calor es inherente a un fenómeno que controlado puede ser rápido, con características que no pueden ser reproducidas por otros métodos de generación de calor. Este mecanismo de producción de calor fue estudiado en este trabajo, con la finalidad de dar los primeros pasos en cuanto a la propuesta de una manera de facilitar el transporte de crudos pesados, reduciendo su viscosidad cinemática por calentamiento. Como resultados de este trabajo se encuentra el desarrollo de un prototipo que permite probar con fluidos de diferentes condiciones reológicas el comportamiento ante el calentamiento por inducción. Así mismo se desarrollaron simulaciones en la herramienta COMSOL Multiphysics simulaciones del comportamiento de la temperatura del fluido en el área de inducción.

ABSTRACT

The production of heat by electromagnetic induction is an efficient and contactless method, physical isolation between the heat source and the material has a high energy efficiency in the process. Heat generation is inherent to the phenomenon that can be controlled quickly, are characteristics that can not be reproduced by other methods of heat generation. This mechanism of heat production was studied in this work, in order to take the first steps regarding the proposal for a way to facilitate the transport of heavy oil, reducing its kinematic viscosity by heating. As a result of this work is the development of a prototype that allows testing with fluids of different rheological behavior conditions before induction heating. Likewise, simulations were developed in the software tool COMSOL Multiphysics about the behavior of the fluid temperature in the induction area.

Área de Conocimiento

Ingenierías.

Palabras Clave

Calentamiento por Inducción electromagnética, Corrientes de Foucault, Transporte de crudos pesados.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las reservas de crudo son en su mayoría crudos pesados y extra pesados, encontrándose principalmente en el continente americano, específicamente en Canadá (45,6%). En Venezuela, las reservas de crudos pesados y extra pesados que

constituyen el 70,3%, sin embargo tienen yacimientos constituidos por crudos livianos y medianos que presentan baja productividad o que están sometidos a condiciones de altas presiones y altas temperaturas. Debido a esto se genera la importancia de estudiar y desarrollar tecnologías que permitan optimizar la explotación de los crudos pesados y extra pesados.

Los crudos pesados y extra pesados tienen gravedades API menores a 20° y altas viscosidades, lo cual genera un alto costo de inversión inicial para su extracción y para el acondicionamiento de corrientes de producción.

Algunas técnicas ampliamente empleadas y estudiadas para la recuperación mejorada de crudos muy viscosos son la inyección de vapor o de agua caliente, la inyección de fluidos miscibles y la combustión in situ. Sin embargo, estas técnicas presentan inconvenientes cuando: la inyectividad del yacimiento es pobre, existe la presencia de acuíferos, las arenas son muy delgadas, los yacimientos son muy profundos y presentan altas presiones, o cuando se encuentran en áreas pobladas o de difícil acceso.

El calentamiento electromagnético se basa en la transformación de energía eléctrica en energía térmica, a causa del movimiento de las moléculas sin que se produzcan cambios en su estructura. La radiación electromagnética genera un campo eléctrico que induce el movimiento de las moléculas a través de dos vías: por la rotación de las moléculas polares cuyos dipolos se alinean con el campo eléctrico producido por la radiación, y por la migración de los iones cargados eléctricamente que son atraídos o repelidos por dicho campo eléctrico. Por lo tanto, la aplicación de esta tecnología depende de la presencia de fluidos polares en el yacimiento.

OBJETIVOS

Elaborar el perfil de la distribución de temperatura a través del tubo y del aceite mediante la herramienta de simulación fenómenos físicos COMSOL, para su posterior análisis con los datos obtenidos experimentalmente.

Obtener la gráfica de la dirección, magnitud e intensidad del campo magnético para conocer el comportamiento del calor cedido por histéresis y corrientes parasitas.

Realizar el modelado de la densidad del flujo magnético para determinar como la energía magnética está influyendo en el tubo de acero galvanizado.

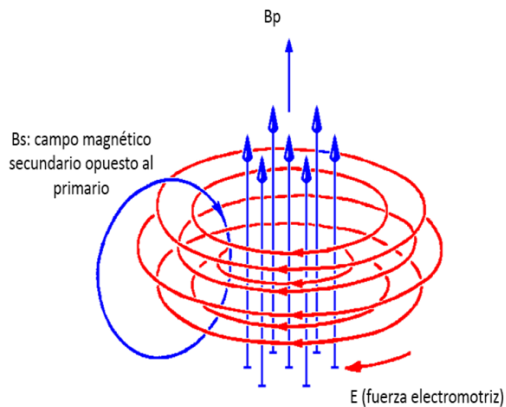
Grficar la relación voltaje-temperatura del tubo de acero al carbón con el aceite SAE 40 y el tubo de acero al carbón sin el aceite SAE 40 para analizar su tendencia

FENOMENOS FISICOS.

Las corrientes de Foucault

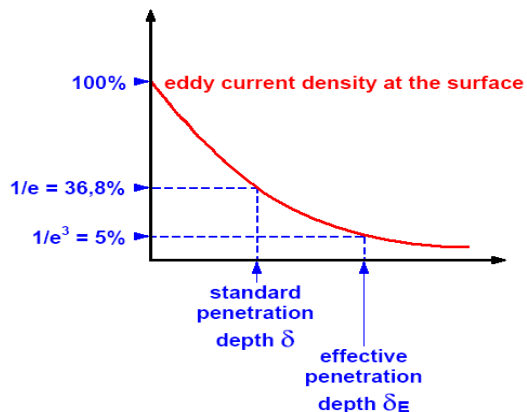
Las corrientes de Foucault, o corrientes parásitas o Eddy Current, son corrientes que circulan en el interior de conductores como consecuencia de campos magnéticos variables con el tiempo en los mismos. Son circuitos cerrados de corriente inducida que circula en planos perpendiculares al flujo magnético. Normalmente viajan en paralelo a la bobina del devanado y el flujo se limita al área del campo magnético inductor.

Corrientes de Foucault se concentran cerca de la superficie adyacente a una bobina de excitación y su fuerza disminuye con la distancia desde la bobina es decir, disminuye la densidad de corriente de Foucault exponencialmente con la profundidad. Este fenómeno se conoce como el efecto de la piel.

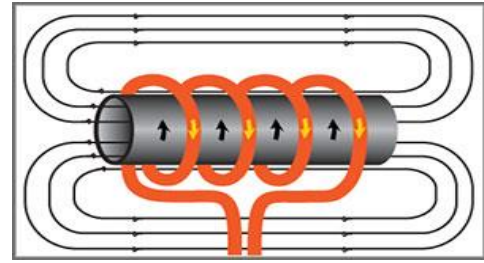


Efecto de la piel se presenta cuando las corrientes parásitas que fluyen en el objeto de prueba a cualquier profundidad producen campos magnéticos que se oponen al campo primario, reduciendo así el flujo magnético neto y causando una disminución en el flujo de corriente a medida que aumenta la profundidad.

Alternativamente, Eddy Current cerca de la superficie pueden ser vistos como blindaje de la bobina magnética campo, debilitando así el campo magnético a mayores profundidades y la reducción de las corrientes inducidas.



A frecuencias cada vez mayores la densidad absoluta de corrientes de Foucault en la superficie del material aumenta, aumentando el flujo del campo magnético secundario generándose un mayor blindaje a la penetración del material



Las corrientes parásitas fluyen en contra de la resistividad eléctrica del metal.

Histéresis

Cuando un material ferromagnético, sobre el cual ha estado actuando un campo magnético, cesa la aplicación de éste, el material no anula completamente su magnetismo, sino que permanece un cierto magnetismo residual. Para desmagnetarlo será precisa la aplicación de un campo contrario al inicial. Este fenómeno se llama histéresis magnética, que quiere decir, inercia o retardo.

Profundidad de penetración

El flujo de corriente inducida en la pieza es más intenso en la superficie, y decrece rápidamente por debajo de esta. Así, la zona exterior se calentará más rápidamente que la interior; el 80% del calor producido en la pieza se genera en la "piel" externa. A esto se le denomina "profundidad de penetración" de la pieza. La profundidad de penetración decrece cuando decrece la resistividad, aumenta la permeabilidad o aumenta la frecuencia.

La profundidad de penetración estándar se describe como la siguiente función:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi * f * \mu_0 * \mu_r}} \quad (1)$$

Dónde:

ρ Es la resistividad del material

f La frecuencia de la corriente en la bobina de calentamiento

μ_0 Es la permeabilidad magnética del vacío ($4\pi \times 10^{-7}$)

μ_r Permeabilidad magnética relativa del material

Transferencia de potencia/energía

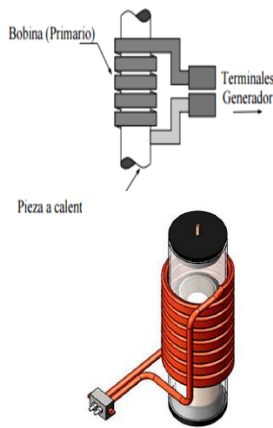
$$P = \pi * d * h * H^2 * \sqrt{\pi * \rho * \mu_0 * \mu_r * f * C * F} \quad (2)$$

d:diámetro del cilindro(m)
h:largo del tubo (m)
H:intensidad del campo magnetico (A/m)
ρ:resistividad(Ω*m)
 μ_0 :intensidad del campo magnetico ($4\pi \times 10^{-7}$) (H/m)
 μ_r :permeabilidad relativa
f:frecuencia (Hz)
C:factor de
F:factor de transmision de potencia acoplamiento

ELEMENTOS QUE COMPONEN AL CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN ELECTROMAGNETICA

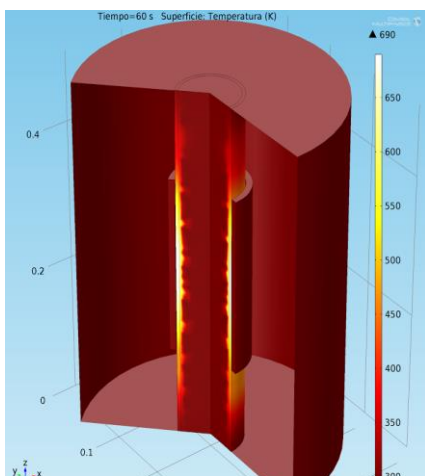
Los elementos básicos de un sistema de calentamiento por inducción son: un generador de corriente alterna, una bobina inductora, y la pieza de trabajo.

El generador envía corriente alterna a través de la bobina, generando un campo magnético. Cuando se coloca la pieza de trabajo en la bobina, el campo magnético induce corrientes de Foucault en la pieza, generando cantidades precisas de calor limpio, localizado, sin que exista contacto físico entre la bobina y la pieza de trabajo.

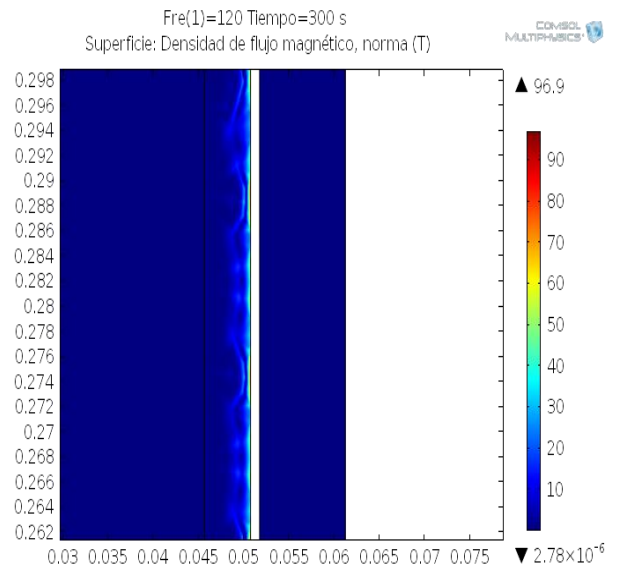


RESULTADOS

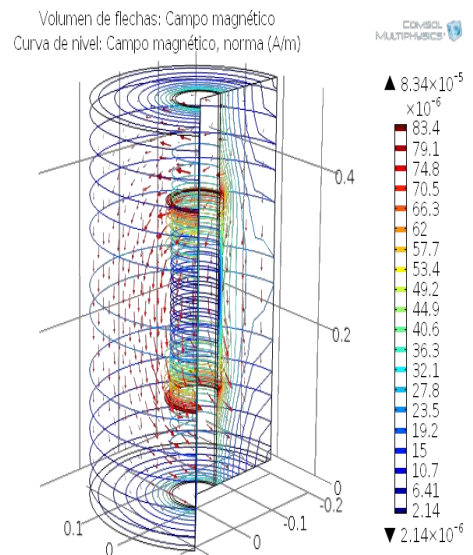
Resultados basados en la herramienta de modelado y análisis para prototipaje de fenómenos físicos COMSOL Multiphysics.



DISTRIBUCION DE TEMPERATURA: Muestra la distribución de temperaturas a través del tubo y del aceite. El diferencial de temperaturas en el sistema es de 397 K

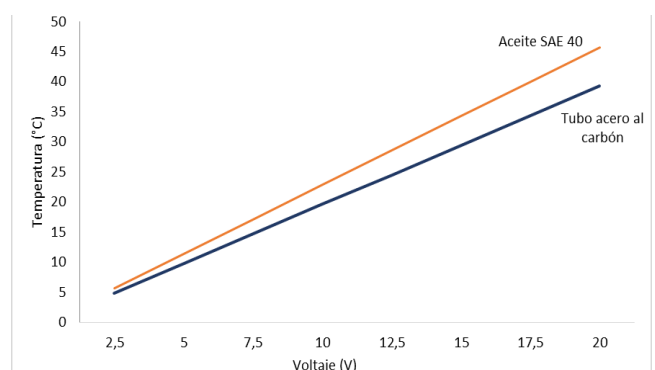


DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO: Muestra la profundidad de penetración del campo magnético en el tubo de acero galvanizado.



DIRECCION DEL CAMPO MAGNETICO: Muestra las direcciones y las magnitudes en las cuales se desplaza el campo magnético.

Figura. Relación voltaje vs temperatura.



RELACION VOLTAJE-TEMPERATURA: Muestra la variación de la temperatura a medida que el voltaje que se induce a la resistencia es aumentado.

CONCLUSIONES

El proceso de calentamiento por inducción electromagnética es un método para obtener calor continuo y de forma rápida, tiene una elevada eficiencia energética durante el proceso.

Las corrientes de Foucault inducidas en el material son utilizadas para la producción de calor en todo el sistema. La temperatura de este proceso se aumenta debido a la tensión al cual es sometido, ya que a mayor tensión o voltaje la temperatura aumenta proporcionalmente.

Resultados obtenidos por medio de la herramienta de modelado y análisis para prototipaje virtual de fenómenos físicos COMSOL muestran un gradiente de temperatura en el proceso de 77°C sin embargo en la experimentación realizada la temperatura máxima que se obtuvo fue de 45,7°C esto se debe al calor perdido por histéresis y las corrientes parasitas, otro factor que influye en este delta de temperaturas es el aceite tomado por COMSOL y el experimental, ya que la densidad del aceite tomado por el simulador es estándar y la densidad del aceite implementado experimentalmente tiene un valor de 0,855 gr/lt.

REFERENCIAS

Barrios Monroy Miguel, “Diseño de un pozo que se sometera a estimulación con calentamiento electromagnético” (Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander,2005)

Ing. Somogyi Doval, “Estudio de diferentes esquemas de calentamiento dieléctrico para la recuperación mejorada de crudo.” (Caracas, Enero del 2004)

Carl Curtis, “Yaciminetos de petróleo pesado” (Puerto de la Cruz, Venezuela)

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Semillero	Semillero De Investigación En Vigilancia Tecnológica De Eficiencia Energética Y Fuentes No-Convencionales (SIVIT)
Tutor del Proyecto	Cesar Giovanni Acevedo Arenas
Grupo de Investigación	Grupo De Investigación En Recursos Energía Y Sostenibilidad (GIRES)
Línea de Investigación	Fuentes energéticas y transformación de energía
Fecha de Presentación	12 de noviembre de 2015