

OBTENCIÓN DE UN PLASMA JET A PARTIR DE UNA DESCARGA DE BARRERA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA

M. H. Guerra Mutis*, C. V. Peláez Uribe, R. Cabanzo Hernandez
MaresOil Ltda. - Laboratorio de Control Magnético de Fluidos
Instituto Colombiano del Petróleo ICP - ECP
Km. 7 vía Piedecuesta, Santander
Colombia

RESUMEN

En este trabajo experimental se presenta la generación de un Plasma JET a partir de una descarga controlada por una barrera dieléctrica (DBD) a presión atmosférica en un flujo de Helio (He) y en un campo de corriente alterna (AC) a 60 Hz; se determinan además las características eléctricas del circuito de la descarga, se hace un análisis cualitativo a partir de la interpretación del espectro de emisión del Plasma JET y se establece la aplicabilidad del sistema tanto para el tratamiento de fluidos en fase líquida como para el tratamiento superficial de materiales.

ABSTRACT

In this experimental work appears the generation of a Plasma JET from a discharge controlled by a dielectric barrier (DBD) at atmospheric pressure in Helium (He) flux and in an oscillating current field (AC) at 60 Hz; in addition the electrical characteristics of the circuit of the discharge are determined, a qualitative analysis from its emission spectrum has been performed and its establish the applicability of the system for the processing of a flux in liquid phase and materials processing.

INTRODUCCIÓN

Las DBD poseen características que la hacen un medio altamente reactivo [1]: el volumen de descarga está formado por micro descargas, la temperatura electrónica promedio es del orden de los 5 eV, la temperatura global excede solo en unas decenas de grado la temperatura ambiente y pueden ser obtenidas a presiones de gas por encima de la presión atmosférica; tienen su aplicación industrial principal en la generación de ozono[2] aunque recientemente se ha encontrado su viabilidad para el tratamiento de superficies metálicas[3] y en el procesamiento de sustancias con alta presión de vapor (plásticos). De otro modo el Plasma JET o antorcha plásmica se aplica industrialmente en sistemas de soldadura y fundición (tipo TIG-MIG). La característica fundamental radica tanto en el alto grado de ionización como en el encontrarse en equilibrio termodinámico global con temperaturas que llegan hasta los 2000 °C, en flujos de gas y con velocidades de partículas que superan en algunos casos la velocidad del sonido [1]. El Laboratorio de Control Magnético de Fluidos (CMF) del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), desde 1998 ha venido explorando la aplicación de los mecanismos de reacción del Plasma al tratamiento de hidrocarburos[4] en fase líquida y gaseosa. A lo largo de esta exploración se han evaluado diferentes dispositivos experimentales siendo el que se presenta en este trabajo uno de los más representativos por las implicaciones en la incorporación de la tecnología del plasma a esta industria.

* e-mail: mguerra@maresoil.com

EXPERIMENTAL

El dispositivo y la descarga aparecen en la Figura 1. El plasma JET es generado a partir de una descarga de barrera dieléctrica. Fundamentalmente el principio de operación parte del barrido de las especies activas que se generan en el volumen de la descarga a través de la acción de un flujo de gas entre los 3000 y 4000 ml/min. El reactor consta de un par de electrodos concéntricos, estando la superficie interna del electrodo exterior recubierta en su extensión por un dieléctrico.

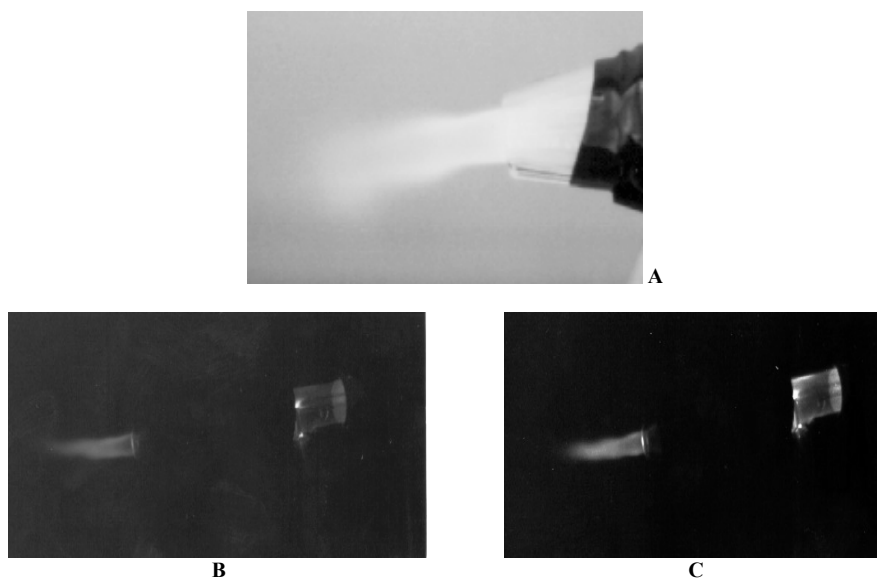


Figura No.1. Imagen del Plasma JET obtenido. A,B: Plasma JET en aire y Helio. B: Plasma JET en Helio y Metano.

El electrodo interno se conecta a una fuente de alto voltaje a 60 Hz y el externo a tierra. El acceso de los gases de trabajo, en este caso He y CH₄, se hace desde el extremo cerrado del reactor. La determinación del voltaje de la descarga se hace a través de una punta para alto voltaje (TEKTRONIX P6015A) acoplada a un osciloscopio (TEKTRONIX TDS 210). Simultáneamente se determina la corriente utilizando para esto un circuito adicional en serie con la línea que va a tierra. En la Figura 2 pueden apreciarse las respectivas curvas de corriente y de voltaje; se determina un voltaje aplicado de 13 kV_{rms} y una corriente de descarga del orden de los 200 mA. Para la obtención del espectro de emisión de la descarga (véase Figura 3) se utilizó un espectrofotómetro (OCEAN OPTICS UV-VIS S2000) con una resolución de 1.5 nm. Este espectro corresponde a la descarga Jet generada en un flujo de He.

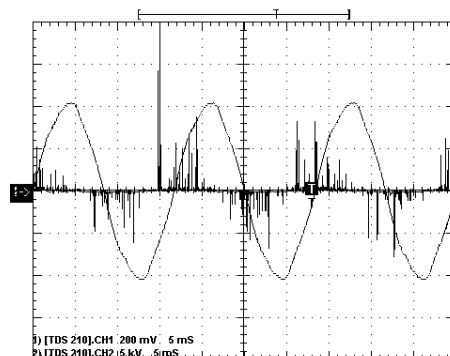


Figura No.2. Curvas de Voltaje y Corriente del circuito de la descarga.

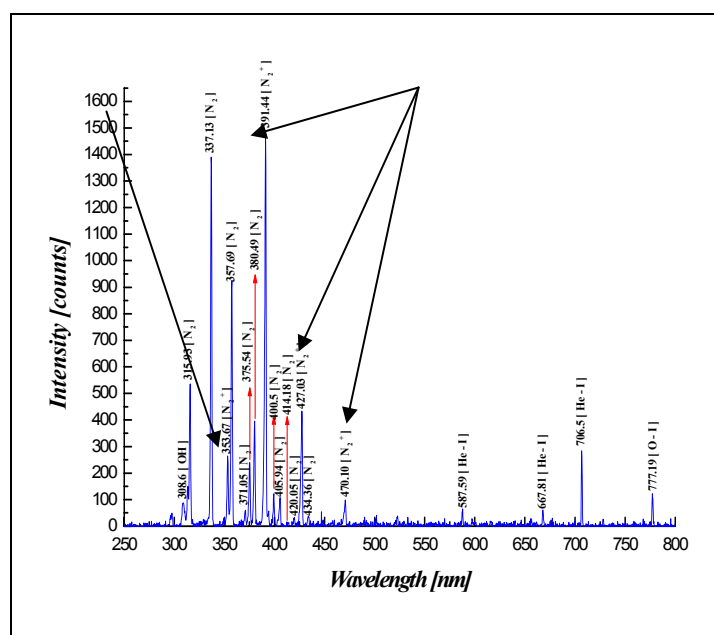


Figura No. 3. Espectro de Emisión del Plasma JET.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las características de corriente y de voltaje para el circuito de la descarga corresponden a una descarga de barrera de barrera dieléctrica[5]. Las oscilaciones en la curva de corriente corresponden a las múltiples micro descargas que se generan en el volumen del reactor. Con respecto al espectro se identifica la presencia de especies excitadas de Nitrógeno molecular que corresponden a aquellas que se generan cuando reacciona con la descarga Jet. Se nota un cambio en la tonalidad y en la intensidad de la descarga: en el caso de He como gas de trabajo la tonalidad va de color rosa en la zona de mayor concentración hasta azul en la zona de interacción con el aire ambiente. En la región de los 300 nm a los 450 nm del espectro de emisión se encuentra el grupo de líneas y

bandas correspondientes al Nitrógeno, siendo la más representativa por su reactividad y por su potencial en el tratamiento superficial de materiales, la que corresponde a la cabeza de la banda del Primer Sistema Negativo del N_2^+ ubicada en 391,4 nm (verse Figura 3). Los mecanismos de reacción involucrados en el proceso de generación de esta especie iónica son[6]:



La reacción (2) se considera la más probable¹ teniendo como base la clase de gas, el caudal del mismo y el potencial aplicado. En esta reacción la producción de esta especie iónica es principalmente debida a la interacción del N_2 con átomos de He en estado meta estable a través del proceso de ionización conocido como efecto Penning. De hecho en 706,5 nm se identifica una línea que corresponde a la presencia de He en estado base y varía en intensidad dependiendo del flujo de gas lo que corrobora la afirmación precedente, es decir, aunque el tiempo de vida media de esta especie meta estable es relativamente grande en comparación con otras especies activas se hace una rápida transferencia de la energía excedente a través de la interacción con la alta densidad de especies neutras presentes en el medio ambiente con las que se encuentran al salir del reactor. Evidentemente cabe la posibilidad de que exista la generación de otras especies activas debido a la composición química del aire en condiciones normales, pero para este trabajo solo es relevante la descomposición del Nitrógeno por sus implicaciones, como se expuso antes, en el tratamiento superficial de materiales tanto plásticos como metálicos; de hecho en este estudio solo se percibió la presencia de ozono al iniciar el proceso de la descarga. Con respecto al tratamiento de fluidos en fase líquida se observa que la descarga se mantiene en estado estable aún fluyendo el líquido en su seno y las características eléctricas del circuito de la descarga varían para mantener la estabilidad del plasma. Dentro del grupo de sustancias en fase líquida que han sido ensayadas se cuentan: crudos pesados, fracciones de hidrocarburos y aguas residuales. Se está llevando a cabo esta investigación con resultados prometedores en tratamiento de fracciones de hidrocarburos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo hace parte del Proyecto de Investigación “Mejoramiento de la Calidad del Crudo Mediante Plasma”; los autores agradecen a ECOPEPETROL – ICP - por el desarrollo de esta investigación. M. H. Guerra Mutis agradece a MARESOIL Ltda. y a la UIS. R. Cabanzo agradece a la UIS.

REFERENCIAS

- [1] John Reece Roth. Industrial Plasma Engineering Vol. 2: Applications to Non-Thermal Plasma Processing Cap. 15, pag. 51 – 52 (2001).
- [2] I. Stefanovi et al. Plasma Sources Sci. Technology. Vol. 10 pag. 406 – 416 (2001).
- [3] G. Nutsch et al. 2nd International Symposium on Heat and Mass Transfer under Plasma Conditions. Tekirova, Antalya, Turkey 19-23 April (1999).
- [4] C. V. Peláez. Instituto Colombiano del Petróleo. Proyecto I+D, (1998 – 2001).
- [5] N. Gherardi et al. Plasma Sources Sci. Technology. Vol. 9 pag. 340 – 346 (2000).
- [6] F. Gouda et al. 1999 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena. *Pag 496 – 499 (1999)*

¹ Dadas las condiciones experimentales es más probable que el He se promueva al estado singlete.