PARTIAL OXIDATION OF METHANE IN A MULTI-STAGE GLIDING ARC SYSTEM

Ms. Piyaphon Thakonpatthanakun

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
Case Western Reserve University, The University of Michigan,
The University of Oklahoma, and Institut Français du Pétrole
2004

ISBN 974-9651-38-3

Thesis Title:	Partial Oxidation of Methane in a Multi-stage Gliding Arc System
By:	Ms. Piyaphon Thakonpatthanakun
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej
	Prof. Lance L. Lobban

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

K. Bunyakiat .... College Director

(Assoc. Prof. Kunchana Bunyakiat)

Thesis Committee:

Sumaeth Chavadej ....

(Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej)

Pramoch R. ....

(Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

Lance Lobban ....

(Prof. Lance L. Lobban)

....

(Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon)

ABSTRACT

4571019063: PETROCHEMICAL TECHNOLOGY
Piyaphon Thakonpatthanakun: Partial Oxidation of Methane in a Multi-stage Gliding Arc System.
Thesis Advisors: Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej and Prof. Lance L. Lobban, 77 pp. ISBN 974-9651-38-3
Keywords: Gliding Arc Discharge / Partial Oxidation of Methane / Synthesis Gas Production

Natural gas, with methane as the main component is regarded as a very desirable fuel and chemical feedstock. Conventional processes of methane conversion to produce H_2, methanol, and synthesis gas require high temperature and high pressure over catalysts. Nonthermal plasma is considered to be a promising technology for methane conversion since it can be operated in ambient conditions. A multi-stage gliding arc discharge system was employed in this study to investigate the effects of CH_4/O_2 feed molar ratio, total flowrate, frequency, voltage, and gap width on methane conversion and product distribution. Air was used instead of pure O_2 in the feed gas since it can reduce investment and operating cost. A four-stage plasma system in series was set up to determine the effect of stage number on the conversion of methane. The results showed that increasing stage number, residence time, applied voltage or gap distance enhanced both CH_4 and O_2 conversion in contrast with the negative effects of CH_4/O_2 feed molar ratio, total feed flowrate and frequency. The optimum condition was found at a CH_4/O_2 feed molar ratio of 3/1, a feed flowrate of 150 cm^3/min and a frequency of 300 Hz for the maximum CH_4 and O_2 conversion and high synthesis gas selectivity. The energy consumption of the gliding arc system was found to be very low about 15.3-18.5 eV/molecule of methane converted as compared to 21 eV/molecule of methane converted obtained from the corona discharge system with pin and plate electrodes.

บทคัดย่อ

ปิยาภรณ์ ถกลพัฒนกุล: การออกซิเดชั่นบางส่วนของก๊าซมีเทนในระบบประกายไฟฟ้าร่อนแบบหลายขั้นตอน (Partial Oxidation of Methane in Multi-stage Gliding Arc System) อ. ที่ปรึกษา: รศ. ดร. สุเมธ ชวเดช และ ศ. ดร. แลนซ์ แอล ลอบแบน 77 หน้า ISBN 974-9651-38-3

ก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ที่พบในก๊าซธรรมชาติ วิธีดั้งเดิมที่ใช้ในการเปลี่ยนก๊าซมีเทนเป็นก๊าซไฮโดรเจน, เมทานอล และก๊าซสังเคราะห์ เป็นกระบวนการที่ต้องควบคุมการทำงานที่อุณหภูมิและความดันสูงบนตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี การใช้ประกายไฟฟ้าร่อนที่อุณหภูมิต่ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการเปลี่ยนก๊าซมีเทน เนื่องจากสามารถดำเนินการได้ที่สภาวะบรรยากาศ ระบบประกายไฟฟ้าร่อนแบบ 4 ขั้นตอนถูกสร้างขึ้นเพื่อศึกษาการออกซิเดชั่นบางส่วนของก๊าซมีเทน อากาศถูกใช้แทนการใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินการ วัตถุ ประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากอัตราส่วนระหว่างก๊าซมีเทนต่อก๊าซออกซิเจนในก๊าซขาเข้า, อัตราการไหลเข้าของก๊าซ, ความถี่, ความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงของก๊าซมีเทนและก๊าซออกซิเจนรวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้ระบบประกายไฟฟ้าร่อนแบบ 4 ขั้นตอน จากการศึกษาพบว่าจำนวนขั้นตอนของเครื่องปฏิกรณ์ประกายไฟฟ้าร่อนช่วยเพิ่มค่าการเปลี่ยนรูปของทั้งก๊าซมีเทนและก๊าซออกซิเจน เมื่อความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปของทั้งก๊าซมีเทนและก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างก๊าซมีเทนต่อก๊าซออกซิเจนในก๊าซขาเข้า, อัตราการไหลเข้าของก๊าซและ ความถี่ ผลการทดลองแสดงประสิทธิภาพสูงสุดของการเปลี่ยนรูปของก๊าซมีเทนและก๊าซออกซิเจน รวมทั้งการเลือกสรรของการเกิดก๊าซสังเคราะห์ที่อัตราส่วนระหว่างก๊าซมีเทนต่อก๊าซออกซิเจนในก๊าซขาเข้าเท่ากับ 3/1, อัตราการไหลเข้าของก๊าซ 150 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และความถี่ 300 เฮิร์ซ โดยพบว่าพลังงานที่ใช้ในระบบประกายไฟฟ้าร่อนต่ำเพียง 15.3-18.5 อิเล็กตรอนโวลท์/โมเลกุลมีเทนที่เปลี่ยนไป ซึ่งเทียบกับ 21 อิเล็กตรอนโวลท์/โมเลกุลมีเทนที่เปลี่ยนไปของระบบโคโรนาที่ใช้ขั้วไฟฟ้าแบบปลายแหลมและแผ่น

ACKNOWLEDGEMENTS

This work would not have been possible without the assistance of the following individuals and organization.

First of all, I deeply indebted to Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej and Professor Lance L. Lobban, who provided useful recommendations, creative comments, and encouragement throughout the course of my work. Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej, my Thai advisor, has not only taught to me about theoretical knowledge but also made me realize that research work is very challenging.

This thesis work is partially funded by Postgraduate Education and Research Programs in Petroleum and Petrochemical Technology (PPT Consortium).

I deeply appreciate C.P.O. Poon Arjpru, who assisted me to design and set up a new experimental instrument and electrical parts. I would like to thank the Petroleum and Petrochemical College's staff for their help in many aspects.

Special thanks go to Ms. Korada Supat, Ms. Kanokwan saktrakool and Mr. Siriphong Roatluechai for their valuable suggestions throughout this research work.

Finally, I would like to take this opportunity to thank all of my PPC friends for their friendly assistance, cheerfulness, creative suggestions, and encouragement. I had the most enjoyable time working with all of them. Also, I am greatly indebted to my parents and my family for their support, love and understanding.

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**