

電漿產氫重組器設計與分析研究

郭季鑫、王啟聖；胡永楠

E-mail: 9805477@mail.dyu.edu.tw

摘要

本論文針對燃料使用電漿重組後產生的合成氣體，進行分析與探討電漿重組器的功能。此研究，設計脈衝式電弧電漿重組器，使燃料（甲烷、LPG）與水氣進行重組，而經由電漿解離之後燃料與水重組產出富氫合成氣體。整個論文研究包括電弧電漿之設計、燃料進料設計、實驗方法、量測、數據收集與氣體分析等。電弧電漿之系統包括腔體、洩壓閥、電極、交流馬達、變頻器、高壓線圈；燃料進料系統包括超音波震盪器、流量計、流量控制器；量測分析系統包括氣相層析儀（GC）、電壓錶、直流電流錶等。探討參數包括，燃料選擇（甲烷、LPG）、燃料進料流率（35~300 mL/min）、輸入功率（15~115 W）、電極數目、放電方式（電極形狀）、電極距離（12~24 mm）、電弧頻率（15~240 Hz）等。由實驗結果得知，燃料進料率降低、電極對數增加、尖端對平面放電、電弧頻率（60 Hz）和電弧長度（16 mm）、適度增濕水氣等，可使氫氣濃度與氫氣產率增加。整體而言甲烷，最佳氫氣濃度為60%、氫氣產率為48%；LPG，最佳氫氣濃度可達54%、氫氣產率為27%。

關鍵詞：電漿、電弧、脈衝式

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書	iii	中文摘要	iii
iv 英文摘要	iv	v 誌謝	v
vi 目錄	vi	vii 圖目錄	vii
ix 表目錄	ix	x 表目錄	x
xi 表目錄	xi		
第一章 緒論	1	1.1 前言	1
1.1.2 研究動機與方法	1	2.1.3 文獻回顧	2
3 第二章 理論基礎	3	9.2.1 電漿原理概說	9
9.2.2 電漿基本反應	9	9.2.3 電漿區分	9
11.2.4 不平衡電漿的種類	11	17.2.5 低電壓電漿電壓-電流關係	17
23 第三章 實驗設備與方法	23	26.3.1 實驗流程	26
26.3.2 實驗系統設計	26	27.3.3 偵測器	27
31.3.4 實驗步驟	31	33.3.5 反應物與產物的分析與計算	33
35 第四章 實驗結果	35	37.4.1 電極距離影響	37
37.4.2 流量不同影響	37	43.4.3 頻率不同影響	43
48.4.4 電極數目影響	48	53.4.5 放電方式不同影響	53
58.4.6 加濕度影響	58	63.4.7 LPG與CH4實驗比較影響	63
67 第五章 結論及未來研究方向與建議	67	73.5.1 結論	73
73.5.2 未來研究方向與建議	73	74 參考文獻	74
75 附錄	75	80 圖目錄	80
12 圖 2-1 典型的熱電漿與非平衡電漿的溫度及電子密度分佈	12	13 圖 2-2 電漿中電子與氣體分子溫度隨壓力變化	13
15 圖 2-3 氫氣的平衡組成隨溫度的變化	15	25 圖 3-1 實驗流程圖	25
26 圖 2-4 電漿產生之電壓對對流關係圖	26	27 圖 3-2 系統設計配置	27
29 圖 3-3 電弧放電	29	32 圖 3-4 各偵測器分析解析度	32
33 圖 3-5 TCD的惠斯頓電橋裝置示意圖	33	38 圖 4-1 不同電極距離之氫氣濃度影響	38
39 圖 4-2 不同電極距離之氫氣產率影響	39	40 圖 4-3 不同電極距離之甲烷濃度影響	40
41 圖 4-4 不同電極距離之甲烷轉化率影響	41	42 圖 4-5 不同電極距離之能量轉化率影響	42
43 圖 4-6 不同流量之氫氣濃度影響	43	44 圖 4-7 不同流量之氫氣產率影響	44
45 圖 4-8 不同流量之甲烷濃度影響	45	46 圖 4-9 不同流量之甲烷轉化率影響	46
47 圖 4-10 不同流量之能源效率影響	47	49 圖 4-11 不同頻率之氫氣濃度影響	49
49 圖 4-12 不同頻率之氫氣產率影響	49	49 圖 4-13 不同頻率之甲烷濃度影響	49

50 圖 4- 14不同頻率之甲烷轉化率影響	51 圖 4- 15不同頻率之能源效率影響
52 圖 4- 16電極數目不同之氫氣濃度影響	53 圖 4- 17電極數目不同之氫氣產率影響
54 圖 4- 18電極數目不同之甲烷濃度影響	55 圖 4- 19電極數目不同之甲烷轉化效率影響
56 圖 4- 20電極數目不同之能量效率影響	57 圖 4- 21放電方式不同之氫氣濃度影響
58 圖 4- 22電極數目不同之氫氣產率影響	59 圖 4- 23電極數目不同之甲烷濃度影響
60 圖 4- 24電極數目不同之甲烷轉化率影響	61 圖 4- 25電極數目不同之能源效率影響
62 圖 4- 26氣體中含水量不同之氫氣濃度影響	63 圖 4- 27氣體中含水量不同之氫氣產率影響
64 圖 4- 28氣體中含水量不同之甲烷濃度影響	65 圖 4- 29氣體中含水量不同之甲烷轉化率影響
66 圖 4- 30氣體中含水量不同之能源影響	67 圖 4- 31不同燃料之氫氣濃度比較
68 圖 4- 32不同燃料之氫氣產率比較	69 圖 4- 33不同燃料之未反應燃料比較
70 圖 4- 34不同流量之甲烷轉化率影響	71 圖 4- 35不同流量之能源效率影響
72 附圖1實驗設備實體圖	82 附圖 2實驗分析數據圖
83 表目錄表 2- 1典型熱電漿與低溫電漿之基本特性	17 附表 1國外非熱電漿重組效能
80 附表 2國外含有催化劑重組系統效能	81 附表 3頻率與總損耗電能關係
81 附表 4氣體之熱值關係表	81 附表 5氧化鋁陶瓷的物理性質
82	

參考文獻

- [1]O.Mutaf-Yardimci , A.V.Saveliev , A.A. Fridman , L.A. Kennedy, “ Employing plasma as catalyst in hydrogen production, ” Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 23, No. 12, pp. 1109-1111, 1998.
- [2]Shuiliang Yao , Akira Nakayama , Eiji Suzuki , “ Acetylene and hydrogen from pulsed plasma conversion of methane ” ,Catalysis Today, Vol. 71, pp. 219-223, 2001.
- [3]L. Fulcheri , Y. Schwob , “ From methane to hydrogen, carbon black and water ” Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 20, No.3, pp. 197-202, 1995.
- [4]L. Bromberg , D.R. Cohn , A. Rabinovich , N. Alexeev , “ Plasma catalytic reforming of methane ” International Journal of Hydrogen Energy vol. 24, pp. 1131-1137, 1999.
- [5]L.Bromberg , D.R.Cohn , A.Rabinovich , “ Plasma reformer-fuel cell system for decentralized power applications, ” Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 22, No. 1, pp. 83-94, 1995.
- [6]Lingjun Song , Xinghu Li , Tianlei Zheng “ Onboard hydrogen production from partial oxidation of dimethyl ether by spark discharge plasma reforming ” International Journal of Hydrogen Energy vol. 33, pp. 5060-5065, 2008.
- [7]M.G.Sobacchi , A.V.Saveliev , A.A.Fridman , L.A.Kennedy , S.Ahmed , T.Krause , “ Experimental assessment of a combined plasma/catalytic system for hydrogen production via partial oxidation of hydrocarbon fuels ” Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 27, pp. 635-642, 2002.
- [8]G.Petitpasa , J.-D.Rolliera , A.Darmonb , J.Gonzalez-Aguilara , R.Metkemeijera , L.Fulcheria , “ Acomparative study of non-thermal plasma assisted reforming technologies ” International Journal of Hydrogen Energy vol. 32, pp.2848-2867, 2007.
- [9]Bromberg L, Cohn DR, Rabinovich A, Alexeev N, Samokhin N, Hadidi K, et al, “ Onboard plasmatron hydrogen production for improved vehicles ” PSFC JA-06-03, 2006.
- [10]Broberg L, Hadidi K, Cohn DR, “ Experimental investigation of plasma assisted reforming of propane ” PSFC/ JA-05-15, 2005.
- [11]Roth, J. R., “ Industrial Plasma Engineering, ” V.1: Principles, IOP Publishing Ltd, Bristol and Philadelphia ,1995.
- [12]Maher I. Boulos “ Thermal Plasma Processing ” IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE. VOL. 19, NO.6, DECEMBER 1991.
- [13]D. S. Rickerby A. Matthews “ Advanced Surface Coatings: a Habdbook of Surface Engineering ” ,Blackie & Son Ltd., London, p. 196. 1991.
- [14]Anderson, Edward E. “ Thermodynamics ” PWS Publishing Company 1994.
- [15]郭福升、孫亦文、洪昭南 “ 大面積常壓電漿技術之研究 ” 成功大學，民國92年。
- [16]Jocelyn Luche,Olivier Aubry,Ahmed Khacef,Jean-MarieCormier “ Syngas production from methane oxidation using a non-thermal plasma:Experiments and kinetic modeling ” ,Chemical Engineering Journal 149 35-41,2009.
- [17]張家豪，魏鴻文 “ 電漿源原理與應用之介紹 ” 物理雙月? , 28卷2期 2006。
- [18]Eliasson, B. and Kogelschatz, U. “ Modeling and Applications of Silent Discharge Plasma ” ,IEEE.Trans. Plasma Sci. 19,309,1991.
- [19]傅昭銘 “ 圖解電漿入門 ” 世茂出版有限公司，2007 [20]黃鎮江 “ 綠色能源 ” 全華圖書公司，2008。
- [21]曲新生、陳發林 “ 氫能技術 ” 五南文化事業，2006。
- [22]魏大欽、黃曉鳳 “ 微波電漿技術應用於甲烷重組之研究 ” 中原大學化學工程學系碩士論文，民國90年。
- [23]魏大欽、施伯勳 “ 表面波微波電漿重組甲烷及二氧化碳之研究與反應機制分析 ” 中原大學化學工程學系碩士，民國94。
- [24]尹慶中、楊宗勳 “ 電漿重組產氫之電極設計與參數影響研究 ” 交通大學工學院碩士，民國95年。
- [25]洪榮芳、施宏杰 “ 火花放電之電漿反應對於甲烷產出氫氣之特性研究 ” 崑山科技大學機械系碩士，民國93。

- [26]洪榮芳、廖政勳 “ 燃料電漿轉換器電極材料及形狀對於產氫特性的影響 ” 崑山科技大學機械系碩士，民國95。
- [27]洪榮芳、蔡賢德 “ 節能式火花放電之常壓電漿燃料轉換器於低碳燃料之產氫特性研究 ” 崑山科技大學機械系碩士，民國95。 -77-
- [28]蔡政賢、張琬渝 “ 常壓微波電漿結合銀觸媒轉化甲烷產氫之研究 ”，高雄應用科技大學化學工程系碩士，民國96。
- [29]施明憲 “ 柴油電漿重組產氫反應器設計 ”，全國與燃料電池學術研討會，民國95。
- [30]郭政靈、許瑞榮、蘇漢宗、李羅權 “ 高空大氣放電現象的多樣性與複雜性 ” 物理雙月?，28卷2期 2006。
- [31]巨研科技股份有限公司 “ GC6890介紹 ” 2002。
- [32]洪昭南 “ 電漿反應器 ” 化工技術，2卷3期，124-135，1995。
- [33]Brian Chapman, Glow Discharge Processes, John Wiley & Sons, Inc, United State of America, 1980, Chapter 5.
- [34]K. Pochner, W. Neff, R. Lebert, Atmospheric pressure gas for surfacetreatment, p394-398, 1995.
- [35]陳彥政、洪昭南 “ 電弧放電之研究及應用 ” 成功大學，民國93 [36]B. Chapman Glow discharge processes, John Wiley & Sons, Inc, 1980.
- [37]B. Eliasson, U. Kogelschatz “ Non Equilibrium Volume Plasma Chemical Processing ” IEEE transaction on plasma science, n 6, 19, 1063-1077, 1991.
- [38]J. S. Chang, P. A. Lawless, T. Yamamoto “ Corona Discharge Process ” IEEE transactions on plasma science, vol. 19, no. 6, 1152, 1991.
- [39]U. Kogelschatz, B. Eliasson, W. Egli “ From ozone generators to flat television screens: history and future potential of dielectric-barrier discharges ” Pure Appl. Chem., vol. 71, no. 10, 1819-1828, 1999.
- [40]M. A. Lieberman, and A. J. Lichtenberg, Principles of Plasma Discharges and Materials Processing. New York, Wiley, 1994.
- [41]S.W. Chau, K.L. Hsua, D.L. Linc, J.S. Chenc, C.C. TzengM “ odeling and experimental validation of a 1.2 MW DC transferred well-type plasma torch ” Computer Physics Communications, 177 114 – 117, 2007.
- [42]Ji-Jun Zoua, Yue-ping Zhangb, Chang-Jun Liua “ Hydrogen production from partial oxidation of dimethyl ether using corona discharge plasma ” International Journal of Hydrogen Energy 32 958 – 964, 2007.
- [43]Yazhong Chen, Hengyong Xu, Yuzhong Wang, Guoxing Xiong “ Hydrogen production from the steam reforming of liquid hydrocarbons in membrane reactor ” Catalysis Today 118, 136 – 143, 2006.
- [44]Surya Shandy, Daniel Westerheim, Alan Cisar, Zoran Minevski, Brian Hennings, and Harry Jabs “ Plasma reforming pf heavy fuls ” lynn tech, Inc 7607 eastmark, college station, tx 77840 [45]Yu Chao, Ching-Tsuen Huang, How-Ming Lee, Moo-Been Chang, “ Hydrogen production via partial oxidation of methane with plasma-assisted catalysis ” INTE RNATI ONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENE RGY 33, 664 – 671, 2008.