

# Study on Generation of Oxyhydrogen Mixture by Electrolysis

陳裕傑、王啟聖；胡永楠

E-mail: 9806185@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

In this thesis, the focus starts from theory of electrolysis to design of a prototype of electrolyze apart from previous studies on electrolysis. This thesis aims at hydrogen as combustible fuel. Therefore, a combination of hydrogen and oxygen gases will not be separated. According to operating experience on innovative technology and design, observation on effect of energy efficiency, hydrogen yield, and energy consumption was performed based on different operational parameters. In addition, this thesis also made an attempt to use pulsed DC as a power supply to explore its difference from a direct DC power supply in efficiency. The experimental results showed that the temperature of the electrolysis has a great influence on the energy efficiency. In the current electrolyzer, the overall energy efficiency is more than 70%; under the conditions of at a temperature of 55 °C, electrolyte (NaOH) concentration of 15wt%, current density of 12.5 mA/cm<sup>2</sup>, the mixture of hydrogen and oxygen production is 326 cc / min with up to 83% energy efficiency. In addition, the preliminary results of the pulsed DC testing did not show a significant difference from the direct DC power supply. The pulsed DC testing under the conditions of the current density of 87.5 mA/cm<sup>2</sup> and temperature of 55 °C has oxyhydrogen production up to 2142 cc / min.

Keywords : water electrolysis、Oxyhydrogen、current density

## Table of Contents

封面內頁 簽名頁 博碩士論文暨電子檔案上網授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	iii	
. . . . . iv	ABSTRACT . . . . .	v	誌謝 . . . . .	v
. . . . . vi	目錄 . . . . .	vii	圖目錄 . . . . .	vii
. . . . . x	表目錄 . . . . .	xii	第一章 緒論 . . . . .	xii
. . . . . 1	1.1 前言 . . . . .	1	1.1.2 研究動機與方法 . . . . .	1
. . . . . 4	1.3 文獻回顧 . . . . .	6	1.4 論文架構 . . . . .	6
. . . . . 10	第二章 理論基礎 . . . . .	11	2.1 氫 - 能源的攜帶者 . . . . .	11
. . . . . 11	2.2 目前產氫技術探討 . . . . .	12	2.2.1 化石能源製氫 . . . . .	12
. . . . . 13	2.2.2 水中製氫 . . . . .	15	2.2.3 生物質製氫 . . . . .	15
. . . . . 16	2.3 電解水產氫簡介 . . . . .	17	2.3.1 水電解法產製氫氣原理 . . . . .	17
. . . . . 18	2.3.2 水電解產氫技術比較 . . . . .	19	2.4 電解水反應參數之研究 . . . . .	19
. . . . . 24	2.4.1 溫度對電解反應之影響 . . . . .	24	2.4.2 壓力對電解反應之影響 . . . . .	24
. . . . . 25	2.4.3 導電度對電解反應之影響 . . . . .	25	2.4.4 電流密度對電解反應之影響 . . . . .	26
. . . . . 26	2.4.5 電極間距對電解反應之影響 . . . . .	26	2.4.6 電極材料對電解反應之影響 . . . . .	27
. . . . . 27	2.4.7 極化電壓 . . . . .	27	2.5 法拉第電解定律 . . . . .	28
. . . . . 28	2.6 分解電壓 . . . . .	29	2.7 塔弗方程式 . . . . .	30
. . . . . 30	2.8 效率計算 . . . . .	31	2.8.1 法拉第效率 . . . . .	31
. . . . . 31	2.8.2 電壓效率 . . . . .	32	2.8.3 能量效率 . . . . .	32
. . . . . 32	第三章 電解器元件設計製作 . . . . .	33	3.1 設計理念 . . . . .	34
. . . . . 34	3.2 電解槽材質選擇與設計 . . . . .	34	3.2.1 極板材料選擇 . . . . .	34
. . . . . 34	3.3 電解液選擇 . . . . .	35	3.4 密封材質的選擇 . . . . .	35
. . . . . 35	3.5 氣體過濾系統 . . . . .	36	第四章 實驗方法與設備 . . . . .	36
. . . . . 36	4.1 實驗簡述 . . . . .	40	4.2 電源供應 . . . . .	40
. . . . . 40	4.3 實驗裝置與材料 . . . . .	41	4.3.1 實驗藥品 . . . . .	41
. . . . . 41	4.4 實驗儀器 . . . . .	42	4.5 實驗步驟 . . . . .	42
. . . . . 42	4.6 實驗氣體分析 . . . . .	43	4.7 實驗注意事項 . . . . .	43
. . . . . 43	第五章 實驗結果與討論 . . . . .	48	5.1 直流電源測試 . . . . .	48
. . . . . 48	5.1.1 電解質濃度對效率的影響 . . . . .	49	5.1.2 電流密度對效率的影響 . . . . .	49

52	5.1.3 溫度對效率的影響	56	5.1.4 效率計算
59	5.2 脈衝電流電解測試	65	5.3 電解產氫濃度分析
69	第六章 結論與建議	70	6.1 結論
70	6.2 未來展望與建議	71	參考文獻
73	圖目錄 圖1-1 未來能源趨勢圖	3	圖2-1 Current Hydrogen Production
18	圖2-2 鹼性電解法	20	圖2-3 固體高分子電解質水電解法
21	圖2-4 固體氧化物高溫電解	22	圖3-1 氣體過濾器
37	圖3-2 槽體頂部	37	圖3-3 槽體與溝槽
38	圖3-4 不銹鋼電極板	38	圖3-5 電極組裝
39	圖3-6 完成圖	39	圖4-1 實驗裝置簡圖
41	圖4-2 TCD惠斯頓電橋裝置示意圖	45	圖4-3 Aglient 6890氣相層析儀(Gas Chromatograph)
46	圖5-1 不同操作溫度在電流3A下產氣速率	49	圖5-2 27℃, 不同電流密度電壓與電解質濃度關係圖
50	圖5-3 35℃, 不同電流密度電壓與電解質濃度關係圖	50	圖5-4 45℃, 不同電流密度電壓與電解質濃度關係圖
51	圖5-5 55℃, 不同電流密度電壓與電解質濃度關係圖	51	圖5-6 濃度5% 電流密度與電壓關係
53	圖5-7 濃度10% 電流密度與電壓關係	53	圖5-8 濃度15% 電流密度與電壓關係
54	圖5-9 濃度20% 電流密度與電壓關係	54	圖5-10 濃度25% 電流密度與電壓關係
55	圖5-11 濃度5% 溫度與電壓關係	57	圖5-12 濃度10% 溫度與電壓關係
57	圖5-13 濃度15% 溫度與電壓關係	57	圖5-14 濃度20% 溫度與電壓關係
58	圖5-15 濃度25% 溫度與電壓關係	59	圖5-16 溫度27度 不同濃度下電壓效率
60	圖5-17 溫度35度 不同濃度下電壓效率	61	圖5-18 溫度45度 不同濃度下電壓效率
61	圖5-19 溫度55度 不同濃度下電壓效率	62	圖5-20 溫度27度 不同濃度下能量效率
63	圖5-21 溫度35度 不同濃度下能量效率	63	圖5-22 溫度45度 不同濃度下能量效率
64	圖5-23 溫度55度 不同濃度下能量效率	64	圖5-24 不同濃度, 溫度與電壓的關係圖
66	圖5-25 不同濃度, 溫度與電流的關係圖	66	圖5-26 不同濃度, 溫度與能源效率的關係圖
67	圖5-27 不同濃度, 溫度與流量的關係圖	67	圖5-28 溫度30℃, 脈衝電流與直流電流能源效率之比較
3	表1-1 國內能源進口依存度	4	表2-1 Higher (HHV) and Lower (LHV) Heating values of some common fuels
12	表2-2 電解水產氫型比較	24	

## REFERENCES

1. 燃料的來源 – 氫, 燃料電池資訊網
2. 曲新生, 產氫與儲氫技術, 五南, 2007
3. 曲新生, 氫能技術, 五南, 2007
4. 毛宗強, 氫能-21世紀的綠色能源, 新文京開發, 2007
5. 黃柏升, 電解水產氫效率之參數分析, 中央大學機械工程研究所, 2008
6. 宋宛倫, 超音波應用對於電解水產氫氣組現象之研究, 雲林科技大學環境與安全衛生工程研究所, 2008
7. 張志麟, 氫氣產生器與太陽能, 台大機械所, 2002
8. 董成祥, 電解水產氫之電解液流場效應分析, 中央大學機械工程研究所, 2008
9. 許盈盈, 固態電解質純水電解器產氫元件之設計與性能分析, 台大機械所, 2005
10. 蕭金河, 獨立可移動式氫氣供給系統研究, 明道大學材料暨系統工程研究所, 2006
11. 陳天祥, 以固體高分子聚合物電解槽高壓水製氫系統研究, 明道大學材料暨系統工程研究所, 2006
12. Williamson, S., Lukic, M., Emadi, A. "Comprehensive drive train efficiency analysis of hybrid electric and fuel cell vehicles based on motor-controller efficiency modeling", Power Electronics, IEEE Transactions on Volume 21, Issue 3, May 2006
13. S.Dunn, "Hydrogen futures: toward a sustainable energy system", Hydrogen Energy, Vol.27, pp.235-264, 2002
14. J.M. Gras, P. Spiteri, "Corrosion of stainless steels and nickel based alloys for alkaline water electrolysis," International Journal of Hydrogen Energy, Vol.18, pp.561-566, 1993.
15. J. Koryta, J. Dvořák, and L. Kavan, Principles of electrochemistry, second edition, John Wiley, New York, 1993
16. S. Licht, B. Wang, S. Mukerji, T. Soga, M. Umeno, H. Tributsch, "Over 18% solar energy conversion to generation of hydrogen fuel; theory and experiment for efficient solar water splitting", International Journal of Hydrogen Energy, Vol.26, pp.653-659, 2001
17. N. Nagai, M. Takeuchi, T. Kimura, and T. Oka, "Existence of optimum space between electrodes on hydrogen production by water electrolysis", International Journal of Hydrogen Energy, Vol.28, pp.35-41, 2003
18. Richa Kothari, D. Buddhi, R.L. Sawhney, "Studies on the effect of temperature of the electrolytes on the rate of production of hydrogen" International Journal of Hydrogen Energy, Vol.30, pp.261-263, 2005
19. Alfredo Ursua, Luis Marroyo, Eugenio Gubia, Luis M. Gandia, Pedro M. Dieguez, Pablo Sanchis, "Influence of the power supply on the energy efficiency of an alkaline water electrolyser", International Journal of Hydrogen Energy, Vol.34, pp.3221-3233, 2009
20. S. Licht, "Solar water splitting to generate hydrogen fuel—a photothermal electrochemical analysis," International Journal of Hydrogen Energy, Vol.30, pp.459-470, 2005
21. V. D. Stankovic, R. Grujic, A. A.Wragg, "Water electrolysis and pressure drop behaviour in a three-dimensional electrode," Journal of applied electrochemistry, Vol.28, pp.321-327, 1998
22. Egil Rasten, Georg Hagen, Reidar Tunold, "Electrocatalysis in water electrolysis with solid polymer electrolyte", Electrochimica Acta, Vol.48, pp.3945-3952, 2003
23. Dragica Lj. Stoji, Milica P. Mareta, Sofija P. Sovilj, epan S. Milija, "Hydrogen generation from water electrolysis—possibilities of energy saving

”, Journal of Power Sources, Vol. 118, pp. 315-319, 2003 24. W. Kreuter, H. Hofmann, “ Electrolysis: The important energy transformer in a world of sustainable energy ”, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 23, pp. 661-666, 1998 25. Oystein Ulleberg, “ Modeling of advanced alkaline electrolyzers: a systemsimulation approach ”, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 28, pp. 21-33, 2003 26. Kazuo Onda, Takahiro Kyakuno, Kikuo Hattori, Kohei Ito, “ Prediction of production power for high-pressure hydrogen by high-pressure water electrolysis ”, Journal of Power Sources, Vol.132,pp.64-70, 2004 27. Amitava Roy, Simon Watson, David Infield, “ Comparison of electrical energy efficiency of atmospheric and high-pressure electrolyzers ”, International Journal of Hydrogen Energy, Vol.31,pp.1964-1979, 2006 28. Yoshinori Tanaka, Sakae Uchinashi, Yasuhiro Saihara, Kenji Kikuchi, Takuji Okaya, Zempachi Ogumi, “ Dissolution of hydrogen and the ratio of the dissolved hydrogen content to the produced hydrogen in electrolyzed water using SPE water electrolyzer ”, Electrochimica Acta, Vol.48,pp.4013-4019,2003 29. Robert A. Hefner III, “ The age of energy gases ”, The GHK Company, 6305 Waterford Blvd., Suite 470, Oklahoma City, OK 73118, USA, 2002 30. 經濟部能源局, <http://www.moeaec.gov.tw/>