CONTENTS

		Page
Acknowledgements		**c**
Abstract in English		**d**
Abstract in Thai		**f**
List of Tables		**j**
List of Figures		**k**
Statement of Originality in English		**m**
Statement of Originality in Thai		**n**
CHAPTER 1	**Introduction**	**1**
	1.1 Rationale	1
	1.2 Literature reviews	8
	1.3 Research objectives	20
	1.4 Scopes of research	20
	1.5 Significance of research	21
CHAPTER 2	**Theory**	**22**
	2.1 Fuel Cell	22
	2.2 Principle of PEM fuel cell	24
	2.3 PEM fuel cell current [43]	26
	2.4 PEM fuel cell potential [43]	28
	2.5 Current and potential relationship of PEM fuel cell [43]	32
	2.6 Fuel cell performance [43]	35
CHAPTER 3	**Variation of Nafion content and solvent types for MEA fabrication**	**41**
	3.1 Introduction	41
	3.2 Experiments	42
	3.3 Results and discussions	45

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

CHAPTER 4 Various Nafion contents in Pt/C concentration for MEA fabrications **56**

4.1 Introduction 56

4.2 Experiments 57

4.3 Results and discussions 60

CHAPTER 5 Conclusions **72**

5.1 Variation of Nafion content and solvent types for MEA fabrication 72

5.2 Various Nafion contents in Pt/C concentration for MEA fabrications 74

5.3 Recommendations for future work 75

REFERENCES **76**

APPENDIX **84**

CURRICULUM VITAE **92**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

LIST OF TABLES

		Page
Table 1.1	Comparison of the optimum Nafion content in each literature	5
Table 2.1	Classification of fuel cells [43]	23
Table 3.1	The physical properties of solvents	43
Table 3.2	Kinetic parameters calculated from fitting polarization curve in Figure 3.6	52
Table 4.1	Kine percentage of Nafion contents in catalyst inks for Pt/C catalysts of 10wt.%, 20wt.% and 40wt.% are described. Mass of Pt/C catalysts and dry mass of Nafion are calculated according to the percentage of Nafion contents, where the Pt loading was controlled at 0.3 mg/cm^2 and the The reactive area of MEA was 23 cm^2.tic parameters calculated from fitting polarization curve in Figure 3.6	61

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

LIST OF FIGURES

		Page
Figure 2.1	The schematic of a single cell components of PEM fuel cell	25
Figure 2.2	The typical cyclic voltrammogram of PEM fuel cell	34
Figure 2.3	The voltage losses from theoretical potential in fuel cell (polarization curve) [43]	35
Figure 2.4	The Plot of ΔV_{act} versus log i [43]	37
Figure 2.5	The overall voltage losses in PEM fuel cell as a function of current density [43]	40
Figure 3.1	The assembly procedural of single PEMFC	44
Figure 3.2	A fuel cell test station (Model 890E, Scribner Associated)	44
Figure 3.3	SEM image of the surface and cross – section of MEAs formed by the solvents; (a) THF, (b) ethanol, and (c) IPA at 500× magnification	45
Figure 3.4	The optical microscopy images of catalyst ink droplet stains which are sprayed on cover glass at the magnification of ×270 (left) and ×530 (right) [48]	46
Figure 3.5	Polarization curves of MEAs fabricated by various Nafion contents and solvents; (a) IPA (b) THF, and (c) ethanol	49
Figure 3.6	(a) Comparison of best MEA performances in each solvent (b) the fitting polarization curve from the experimental polarization curve by using equation (53) and (c) Tafel plot from activation region of polarization curve	51
Figure 3.7	Relationship between dielectric constant and δ of the solvents from Ngo *et al.* [17]	53
Figure 3.8	Chemical structure of Nafion	53
Figure 3.9	Morphology of Nafion agglomerates at different δ values of the solvent, (upper) simulation images and (lower) TEM images [17]	55

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Figure 4.1	CV testing by Princeton Applied Research potentiostat/ galvanostat model 263A	59
Figure 4.2	The SEM images of catalyst layer of MEAs with Pt/C concentration of 10wt.%, 20wt.% and 40wt.% at the Nafion content of 30%, (a) the in-plane image with magnification of 50,000 times; (b) the cross-section images with magnification of 500 times	62
Figure 4.3	Cyclic voltammogram of MEAs fabricated from various Nafion contents in each Pt/C concentration; (a) 10wt.% (b) 20wt.%, and (c) 40wt.% and the electrochemical surface areas versus Nafion contents of MEAs fabricated from each Pt/C concentration (d)	63
Figure 4.4	Polarization curves and cell resistances of Pt/C concentration of (a) 10%Pt/C, (b) 20%Pt/C and (c) 40%Pt/C for MEAs fabricated by various Nafion contents	65
Figure 4.5	Current density versus Nafion contents at cell potential of 0.4, 0.6 and 0.8 V for MEAs fabricated from Pt/C concentration of (a) 10%, (b) 20%, and (c) 40% (data from Figure 3)	67
Figure 4.6	The best performance comparison of MEA fabricated from 10% Pt/C, 20% Pt/C and 40%Pt/C at the relative humidity of 65% and 95%	68
Figure 4.7	The correlation between Pt/C concentration and optimal Nafion contents regardless of fabrication techniques, Pt loadings and operating conditions	70
Figure 4.8	Current density at cell potential of 0.8 V versus Nafion content, and ECSA versus Nafion content from cyclic voltammetry of Pt/C concentration 10wt.% (a), 20wt.% (b), and 40wt.% (c)	71

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

STATEMENT OF ORIGINALITY

1) Membrane Electrode Assembly (MEA) is the most important component of Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC). This research will study the effects of various catalyst ink compositions including solvent, Nafion and catalyst typical Pt/C for MEA fabrication by ultrasonic spray coating technique. The optimum mass faction of catalyst ink compositions will provide the best performance of PEMFC.

2) The effects of various catalyst ink compositions for MEA fabrication by ultrasonic spray have never fully studied before especially, the effects of various Nafion content in each solvent and catalyst types. Nafion is the proton conductor but it is electron insulator and the cause of mass transport problem. Thus the determining proper Nafion contents in other catalyst ink compositions will be carried out in this experiment.

3) The catalyst typical Pt/C will be selected in this experiment. The different Pt/C concentration provides different catalytic active areas and catalyst sizes as proved in our previous work. It is believed that the variation of Pt/C concentration would be required different proper Nafion contents to obtain the best PEMFC performance.

4) The effects of various Nafion content in solvents for MEA fabrication with ultrasonic spray will be firstly study in this work.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อความแห่งการริเริ่ม

1) เมมเบรนอิเล็กโทรดแอสเซมบลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน งานวิจัยนี้จะศึกษาผลของส่วนผสมน้ำหมึกตัวเร่งปฏิกิริยาตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งประกอบไปด้วย สารละลาย เนฟิออน และตัวเร่งปฏิกิริยาขนิดแพลทินั่มต่อคาร์บอน สำหรับการผลิตเมมเบรนอิเล็กโทรดแอสเซมบลีด้วยเทคนิคการพ่นแบบอัลตราโซนิค สัดส่วนโดยมวลที่เหมาะสมที่สุดของส่วนผสมน้ำหมึกตัวเร่งปฏิกิริยาจะให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

2) ผลกระทบของส่วนผสมน้ำหมึกตัวเร่งปฏิกิริยาตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการผลิตเมมเบรนอิเล็กโทรดแอสเซมบลี โดยใช้เครื่องพ่นแบบอัลตราโซนิค ยังไม่เคยมีการศึกษาอย่างละเอียดมาก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบของเนฟิออนในแต่ละสารละลายและในแต่ละตัวเร่งปฏิกิริยา เนฟิออนเป็นตัวนำโปรตอน แต่มันเป็นฉนวนของอิเล็กตรอน และเป็นสาเหตุของปัญหาการถ่ายเทมวลในเซลล์เชื้อเพลิงดังนั้นการหาปริมาณเนฟิออนที่เหมาะสมจะถูกทำในการทดสอบนี้

3) ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดแพลทินั่มต่อคาร์บอนจะถูกเลือกใช้ในการทดลองนี้ เปอร์เซ็นต์โดยมวลของ แพลทินั่มต่อคาร์บอนที่แตกต่างกันจะทำให้พื้นที่ในการทำปฏิกิริยา และขนาดอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาที่แตกต่างกันตามที่พิสูจน์ในงานก่อนหน้านี้ ดังนั้นจึงเกิดสมมติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โดยมวลของแพลทินั่มต่อคาร์บอนจะต้องปริมาณเนฟิออนที่เหมาะสมต่างกัน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงสูงที่สุด

4) ผลกระทบของปริมาณเนฟิออนที่เปลี่ยนแปลงในสารละลายละลายต่างๆ สำหรับการผลิตเมมเบรนอิเล็กโทรดแอสเซมบลีด้วยเครื่องพ่นอัลตราโซนิคจะศึกษาในงานนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved