

การสังเคราะห์ไอโซไพรนาออลจากไพโรลิซีน



นางสาวอรุณวรรณ ปัญญาภรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

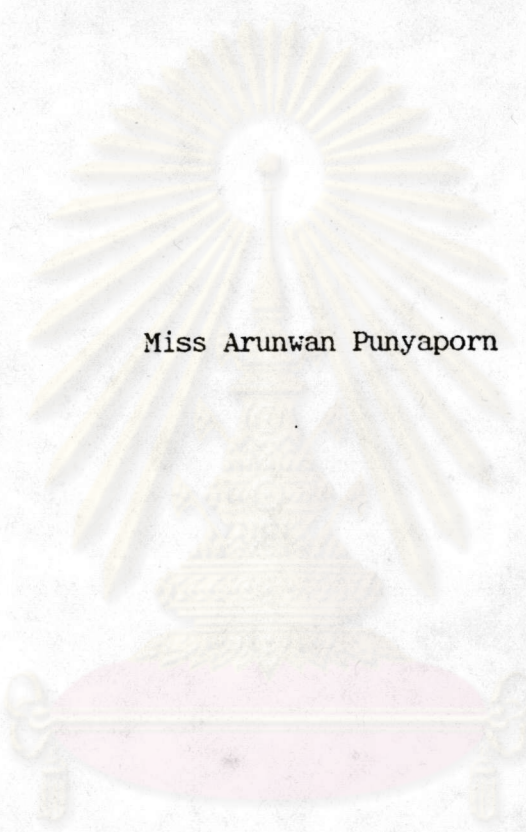
ISBN 974-569-702-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015697

10300843

ISOPROPANOL SYNTHESIS FROM PROPYLENE



Miss Arunwan Punyaporn

ศูนย์วิทยศาสตร์พยาบาล  
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-569-702-8



Thesis Title                      Isopropanol Synthesis from Propylene  
By                                      Miss Arunwan Punyaporn  
Department                        Chemical Engineering  
Thesis Advisor                    Associate Professor Wiwut Tanthapanichakoon

---

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in  
Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

.....*Thavorn Vajarabhaya*.....Dean of Graduate School  
(Professor. Thavorn Vajarabhaya, Ph.D)

Thesis Committee

.....*Chairit Satayaprasert*.....Chairman  
(Associate Professor Chairit Satayaprasert)

.....*Wiwut Tanthapanichakoon*.....Thesis Advisor  
(Associate Professor Wiwut Tanthapanichakoon)

.....*Sasithorn Boon Long*.....Member  
(Assistant Professor Sasithorn Boon-Long)

.....*Suwattana Phuangphuaaksook*.....Member  
(Associate Professor Suwattana Phuangphuaaksook)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



อรุณวรรณ ปัญญาภรณ์ : การสังเคราะห์ไอโซโพรพานอลจากโพรพิลีน (ISOPROPANOL SYNTHESIS FROM PROPYLENE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, 230 หน้า.

ไอโซโพรพานอลถูกสังเคราะห์จากโพรพิลีนและน้ำ โดยอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาในท่อปฏิกรณ์แบบไหลผ่าน ชุดทดลองที่สร้างขึ้นทำจากเหล็กกล้าปลอดสนิมผิวขัดมันเพื่อป้องกันการกัดกร่อน อันเนื่องมาจากน้ำ และถูกออกแบบให้สามารถทนความดัน 100 บรรยากาศที่อุณหภูมิสูงที่สุด 400°C ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้เป็นแบบซีโอไลต์ คือ โซเดียมวาเยซีโอไลต์ซึ่งมีองค์ประกอบของ  $SiO_2/Al_2O_3/Na_2O = 66.7 : 20.3 : 12.3$  จากนั้นเปลี่ยนตัวเร่งรูปโซเดียมวาเยให้เป็นเฮชวาย เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ จากผลการศึกษาพบว่าโดยทั่วไป ซีเล็กทริวิตีของไอโซโพรพานอลจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วเชิงเส้นเปลี่งจาก 2,000  $cm^{-1}$  ถึง 8,000  $cm^{-1}$  และตามอุณหภูมิจาก 200°C จนถึงประมาณ 230°C ที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ซีเล็กทริวิตีของไอโซโพรพานอลจะลดลง สำหรับผลสัฟเฟียเชิงเส้นเปลี่งโทมของไอโซโพรพานอลพบว่าที่ความดัน 75 psig จะให้ค่าผลสัฟเฟียเชิงเส้นเปลี่งโทมของไอโซโพรพานอลมีค่าสูงที่สุด 2.33 โมล/ลิตรตัวเร่งปฏิกิริยา.ชั่วโมง จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิจาก 200°C จนถึงประมาณ 250°C และเริ่มมีค่าน้อยลงที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ ในกรณีของการกระจายของผลิตภัณฑ์พบว่าที่อุณหภูมิสูงเกิน 250°C โดยที่ความเร็วเชิงเส้นเปลี่ง 2,000  $cm^{-1}$  และความดัน 105 psig ปฏิกิริยาข้างเคียงจะมีบทบาทสูง สรุปลแล้วภาวะที่ได้ผลสัฟเฟียเชิงเส้นเปลี่งโทมของไอโซโพรพานอลสูงที่สุดคือ 2.33 โมล/ลิตรตัวเร่งปฏิกิริยา.ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 230°C ความดัน 75 psig และความเร็วเชิงเส้นเปลี่ง 8,000  $cm^{-1}$

จากการเปรียบเทียบผลการทดลองในท่อนี้กับผลการทดลองของ ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบโซเดียมมอร์ดีไนท์ที่ผ่านการแลกเปลี่ยนไอออนแล้ว แต่แตกต่างกันที่อัตราส่วนของ  $SiO_2/Al_2O_3/Na_2O$  โมดีไนท์มีอัตราส่วนเป็น 87.7 : 7.3 : 5.1 และที่ใช้ตัวเร่งแบบออฟฟริทท์/อิริออนไนท์ ซึ่งมีอัตราส่วน  $SiO_2/Al_2O_3/Na_2O/K_2O = 70.8 : 15.6 : 2.36 : 11.2$  พบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิความดันและความเร็วเชิงเส้นเปลี่งคล้ายคลึงกันเชิงคุณภาพสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสามชนิด อนึ่งตัวเร่งแบบออฟฟริทท์/อิริออนไนท์จะให้ค่าผลสัฟเฟียเชิงเส้นเปลี่งโทมสูงกว่าเพื่อนภายใต้เงื่อนไขที่เปรียบเทียบกันได้ และยังให้ 2-บิวทินเป็นผลผลิตพลอยได้ ดังนั้นจึงเห็นได้ชัดเจนว่า ประเภทและอัตราส่วนประกอบของตัวเร่งปฏิกิริยามีผลมากต่อการสังเคราะห์ไอโซโพรพานอลและตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีที่สุดในจำนวน 3 ตัวคือ ออฟฟริทท์/อิริออนไนท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... วิศวกรรมเคมี .....  
 สาขาวิชา ..... วิศวกรรมเคมี .....  
 ปีการศึกษา ..... 2531 .....

ลายมือชื่อนิสิต ..... อรุณวรรณ ปัญญาภรณ์ .....  
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... รศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล .....



ARUNWAN PUNYAPORN : ISOPROPANOL SYNTHESIS FROM PROPYLENE. THESIS  
ADVISOR : ASSO. PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D. 230 PP.

Isopropanol was catalytically synthesized from  $C_3H_6$  and  $H_2O$  in a through-flow tubular reactor. The constructed reactor set<sup>36</sup> was made<sup>2</sup> of polished stainless steel to prevent corrosion from  $H_2O$  and was designed to withstand a pressure of 100 atg at a maximum temperature of  $400^\circ C$ . The zeolite catalyst was NaY composed of  $SiO_2/Al_2O_3/Na_2O = 66.7 : 20.3 : 12.3$ . The NaY catalyst was ion-exchanged to  $H-Y$  form<sup>23</sup> for<sup>2</sup> use in the synthesis. It was found that selectivity for isopropanol generally increased with space velocity from  $2,000 \text{ hr}^{-1}$  to  $8,000 \text{ hr}^{-1}$  and with temperature from  $200^\circ C$  to  $230^\circ C$ . Above  $230^\circ C$  the selectivity for isopropanol tended to decrease. With respect to space time yield (STY) it was found that maximum isopropanol STY of  $2.33 \text{ mol/l-cat.hr}$  occurred at  $8,000 \text{ hr}^{-1}$  when the pressure was 75 psig. The STY generally increased as temperature increased from  $200^\circ C$  to  $250^\circ C$ . It begin to decrease when temperature exceeded  $250^\circ C$ . With respect to product distribution it was found that at a temperature higher than  $250^\circ C$ , with space velocity  $2,000 \text{ hr}^{-1}$  and pressure 105 psig, side reactions would predominate. Overall, the optimum space time yield of isopropanol was observed to be  $2.33 \text{ mol/l-cat.hr}$  at  $230^\circ C$ , 75 psig and space velocity  $8,000 \text{ hr}^{-1}$ .

Comparison of the present experimental results with those obtained by Wiwut Tanthapanichakoon using an ion-exchanged Na-mordenite catalyst but with a different composition ( $SiO_2/Al_2O_3/Na_2O = 87.7 : 7.3 : 5.1$ ) and also an offretite/erionite mixed catalyst composed of  $SiO_2/Al_2O_3/Na_2O/K_2O = 70.8 : 15.6 : 2.36 : 11.2$  revealed that the qualitative effects of reaction temperature, pressure and space velocity were quite similar for all the three catalysts. The offretite/erionite catalyst gave the highest isopropanol yield under comparable conditions and had 2-butene as by products, while the other catalyst had not. It was obvious that catalyst type and composition wielded a great effect on isopropanol synthesis, and the best catalyst of the three studied was the offretite/erionite mixed catalyst.

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... Chemical Engineering  
สาขาวิชา ..... Chemical Engineering  
ปีการศึกษา ..... 1988

ลายมือชื่อนิสิต ..... อรุณวรรณ ปัญญาพร  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... วิวัฒน์ อรรถมนิชโก



#### ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to express her sincere appreciation to Associate Professor Wiwut Tanthapanichakoon for his valuable advice and unceasing assistance towards the completion of the thesis and also to Dr. Dhongchai Methanavin for his useful suggestions.

The author also wants to thank the thesis committees, Assistant Professor Chairit Satayaprasert, Assistant Professor Sasithorn Boon-Long and Assistant Professor Suwattana Phuangphuaksook and has relied heavily on friends, sisters and brothers for their assistance and encouragement.

The research was financially supported throughout by the Asahi Glass Foundation for Industrial Technology in Tokyo. Toyo Soda Manufacturing Co.Ltd. kindly supplied various samples of the zeolite catalysts, Thai Asahi Caustic Soda Co.Ltd. kindly donated some mercury, and the Graduate School, Chulalongkorn University provided supplementary financial assistance to the thesis work. Their contributions are gratefully acknowledged.

Most of all the author greatly appreciates her father and mother for their inspiration and encouragement.

ศูนย์วิทยุโทรพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## Content

	page
THAI ABSTRACT.....	iv
ENGLISH ABSTRACT.....	v
ACKNOWLEDGEMENT.....	vi
LIST OF TABLES.....	ix
LIST OF FIGURES.....	xi
CHAPTER	
I INTRODUCTION .....	1
II THEORY OF ISOPROPANOL SYNTHESIS.....	3
2.1 Literature Survey on Isopropanol Synthesis.....	3
2.2 Basic Knowledge of Isopropanol.....	18
2.3 Hydration Mechanism of Alkene.....	29
2.4 Thermodynamics of Isopropanol Synthesis .....	32
III CONSTRUCTION AND LEAK-TESTING OF REACTOR SET.....	36
3.1 Construction and Leak Testing of Reactor Set.....	36
3.2 Construction of Electric Furnace.....	40
IV PREPARATION OF ISOPROPANOL SYNTHESIS CATALYSTS.....	44
4.1 General Knowledge of Isopropanol Synthesis Catalysts .....	44
4.2 Preparation of Isopropanol Synthesis Catalysts....	48
V EXPERIMENTS ON ISOPROPANOL SYNTHESIS.....	52
5.1 Experimental Procedure of Isopropanol Synthesis...	52
5.2 Analysis of Experimental Data.....	58
VI DISCUSSION AND COMPARISON OF EXPERIMENTAL RESULTS.....	70
6.1 Discussion of Experimental Results for Catalyst No.1.....	70

CHAPTER	page
6.2 Comparison of Experimental Results between Catalysts No.1 and No.2.....	96
6.3 Comparison of Experimental Results among Catalysts No.1, No.2 and No.3 .....	139
CONCLUSIONS.....	164
REFERENCES.....	167
APPENDICES.....	173
A - Calibration Curves.....	174
B - Analysis Results of Experimental Data of Catalysts No.1, No.2 and No.3.....	184
VITA .....	211


  
 ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





## List of Tables

	page
Table 2.1 Special Specifications for Isopropanol Alcohol	20
Table 6.1 Summary of Experimental Conditions for Catalyst no.1 (NaY; $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 = 5.6:1$ )	71
Table 6.2 Comparison of Total Propylene Conversion between Catalysts no.1 and no.2	97
Table 6.3 Comparison of Isopropanol Selectivity between Catalysts no.1 and no.2	98
Table 6.4 Comparison of Space Time Yield of Isopropanol between Catalysts no.1 and no.2	100
Table 6.5 Comparison of Ethene Selectivity between Catalysts no.1 and no.2	101
Table 6.6 Comparison of Isobutene Selectivity between Catalysts no.1 and no.2	102
Table 6.7 Comparison of 1-Butene Selectivity between Catalysts no.1 and no.2	103
Table 6.8 Comparison of Ethanol Selectivity between Catalysts no.1 and no.2	104
Table 6.9 Comparison of n-Propanol Selectivity between Catalysts no.1 and no.2	105
Table 6.10 Comparison of ter-Butanol Selectivity between Catalysts no.1 and no.2	106
Table 6.11 Comparison of 2-Butanol Selectivity between Catalysts no.1 and no.2	107
Table 6.12 Comparison of n-Butanol Selectivity between Catalysts no.1 and no.2	108
Table 6.13 Comparison of STY of Ethene between Catalysts no.1 and no.2	109
Table 6.14 Comparison of STY of Isobutene between Catalysts no.1 and no.2	110

Table 6.15	Comparison of STY of n-Butene between Catalysts no.1 and no.2	111
Table 6.16	Comparison of STY of Ethanol between Catalysts no.1 and no.2	112
Table 6.17	Comparison of STY of n-Propanol between Catalysts no.1 and no.2	113
Table 6.18	Comparison of STY of ter-Butanol between Catalysts no.1 and no.2	114
Table 6.19	Comparison of STY of 2-Butanol between Catalysts no.1 and no.2	115
Table 6.20	Comparison of STY of n-Butanol between Catalysts no.1 and no.2	116



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## List of Figures

	page
Figure 2.1 Indirect Hydration for Manufacture of isopropyl alcohol, Courtesy of Gulf Publishing Company.	21
Figure 2.2 Veba-Chemie's direct hydration for manufacture of isopropyl alcohol. Courtesy of Gulf Publishing Company.	28
Figure 3.1 Schematic diagram of the constructed tubular reactor.	37
Figure 3.2 The Reactor Set for Isopropanol Synthesis.	39
Figure 3.3 The Inside of the Reactor Furnace.	40
Figure 3.4 Set of Measuring the Axial Temperature Distribution.	41
Figure 3.5 Axial Temperature Distribution within the Reactor Tube Inside the Electric Furnace.	43
Figure 4.1 Set of Ion-changing for Isopropanol Synthesis Catalysts.	49
Figure 4.2 Pellet Catalysts after Compressed.	50
Figure 4.3 The Reacted Catalyst.	51
Figure 5.1 Shimadzu TCD Gas Chromatography (Model 8AIT).	53
Figure 5.2 Shimadzu FID Gas Chromatography (Model 8AIF).	54
Figure 5.3 Schematic Diagram of a Thermal Conductivity Detector.	59
Figure 5.4 Schematic Diagram of a Gas Chromatography.	59
Figure 5.5 Calibration Curve for Propylene	61
Figure 5.6 Hydrogen Flame-ionization Detector.	62
Figure 5.7 Gas Chromatographical Data Using the PQ (GC-8AIT) Column.	64

	page
Figure 5.8 Gas Chromatographical Data Using the PQ (GC-8AIF) Column.	65
Figure 6.1 Effect of Temperature (200-300 °C) on Total Propylene Conversion (at 45 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	75
Figure 6.2 Effect of Temperature (200-300 °C) on Total Propylene Conversion (at 75 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	76
Figure 6.3 Effect of Temperature (200-300 °C) on Total Propylene Conversion (at 105 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	77
Figure 6.4 Effect of Temperature (200-300 °C) on Selectivity of Isopropanol (at 45 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	78
Figure 6.5 Effect of Temperature (200-300 °C) on Selectivity of Isopropanol (at 75 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	79
Figure 6.6 Effect of Temperature (200-300 °C) on Selectivity of Isopropanol (at 105 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	80
Figure 6.7 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	81
Figure 6.8 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 75 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	82

	page
Figure 6.9 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 105 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	83
Figure 6.10 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45-105 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	84
Figure 6.11 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45-105 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	85
Figure 6.12 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45-105 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	86
Figure 6.13 Effect of Temperature (200-300 °C) on Product Distribution (at 45 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	87
Figure 6.14 Effect of Temperature (200-300 °C) on Product Distribution (at 45 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	88
Figure 6.15 Effect of Temperature (150-280 °C) on Product Distribution (at 45 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	89
Figure 6.16 Effect of Temperature (150-300 °C) on Product Distribution (at 75 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	90
Figure 6.17 Effect of Temperature (180-280 °C) on Product Distribution (at 75 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	91

	page
Figure 6.18 Effect of Temperature (150-280 °C) on Product Distribution (at 75 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	92
Figure 6.19 Effect of Temperature (200-300 °C) on Product Distribution (at 105 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	93
Figure 6.20 Effect of Temperature (200-300 °C) on Product Distribution (at 105 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	94
Figure 6.21 Effect of Temperature (200-300 °C) on Product Distribution (at 105 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.1	95
Figure 6.22 Effect of Temperature (150-250 °C) on Total Conversion of Propylene (at 45 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	118
Figure 6.23 Effect of Temperature (150-250 °C) on Total Conversion of Propylene (at 75 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	119
Figure 6.24 Effect of Temperature (150-250 °C) on Total Conversion of Propylene (at 105 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	120
Figure 6.25 Effect of Temperature (150-250 °C) on Selectivity of Isopropanol (at 45 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	121
Figure 6.26 Effect of Temperature (150-250 °C) on Selectivity of Isopropanol (at 75 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	122

	page	
Figure 6.27	Effect of Temperature (150-250 °C) on Selectivity of Isopropanol (at 105 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	123
Figure 6.28	Effect of Temperature (150-250 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	124
Figure 6.29	Effect of Temperature (150-250 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 75 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	125
Figure 6.30	Effect of Temperature (150-250 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 105 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	126
Figure 6.31	Effect of Temperature (150-250 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45-105 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	127
Figure 6.32	Effect of Temperature (150-250 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45-105 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	128
Figure 6.33	Effect of Temperature (150-250 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45-105 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	129
Figure 6.34	Effect of Temperature (150-250 °C) on Product Distribution (at 45 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	130
Figure 6.35	Effect of Temperature (150-250 °C) on Product Distribution (at 45 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	131

	page
Figure 6.36 Effect of Temperature (150–250 °C) on Product Distribution (at 45 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	132
Figure 6.37 Effect of Temperature (150–250 °C) on Product Distribution (at 75 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	133
Figure 6.38 Effect of Temperature (150–250 °C) on Product Distribution (at 75 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	134
Figure 6.39 Effect of Temperature (150–250 °C) on Product Distribution (at 75 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	135
Figure 6.40 Effect of Temperature (150–250 °C) on Product Distribution (at 105 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	136
Figure 6.41 Effect of Temperature (150–250 °C) on Product Distribution (at 105 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	137
Figure 6.42 Effect of Temperature (150–250 °C) on Product Distribution (at 105 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.2	142
Figure 6.43 Effect of Temperature (200–300 °C) on Total Conversion of Propylene (at 45 psig, 2000–8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	143
Figure 6.44 Effect of Temperature (200–300 °C) on Total Conversion of Propylene (at 75 psig, 2000–8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	144



	page
Figure 6.45 Effect of Temperature (200-300 °C) on Total Conversion of Propylene (at 105 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	145
Figure 6.46 Effect of Temperature (200-300 °C on Selectivity of Isopropanol (at 45 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	146
Figure 6.47 Effect of Temperature (200-300 °C) on Selectivity of Isopropanol (at 75 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	147
Figure 6.48 Effect of Temperature (200-300 °C) on Selectivity of Isopropanol (at 105 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	148
Figure 6.49 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	149
Figure 6.50 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 75 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	150
Figure 6.51 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 105 psig, 2000-8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	151
Figure 6.52 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45-105 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	152
Figure 6.53 Effect of Temperature (200-300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45-105 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	153

	page
Figure 6.54 Effect of Temperature (200–300 °C) on Space Time Yield of Isopropanol (at 45–105 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	154
Figure 6.55 Effect of Temperature (200–300 °C) on Product Distribution (at 45 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	155
Figure 6.56 Effect of Temperature (200–300 °C) on Product Distribution (at 45 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	156
Figure 6.57 Effect of Temperature (200–300 °C) on Product Distribution (at 45 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	157
Figure 6.58 Effect of Temperature (200–300 °C) on Product Distribution (at 75 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	158
Figure 6.59 Effect of Temperature (200–300 °C) on Product Distribution (at 75 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	159
Figure 6.60 Effect of Temperature (200–300 °C) on Product Distribution (at 75 psig, 8000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	160
Figure 6.61 Effect of Temperature (200–300 °C) on Product Distribution (at 105 psig, 2000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	161
Figure 6.62 Effect of Temperature (200–300 °C) on Product Distribution (at 105 psig, 5000 hr <sup>-1</sup> ) for Catalyst no.3	162

Figure 6.63 Effect of Temperature (200-300 °C) on Product Distribution (at 105 psig, 8000 hr<sup>-1</sup>) for Catalyst no.3 162



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย