

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

(1 เมษายน 53 ถึง 31 มีนาคม 2554)

โครงการวิจัยการใช้วัสดุนาโนเป็นตัวรองรับของตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-แนคตาและเมทัลโลซีน

Application of nanomaterials for catalyst supports for Ziegler-Natta and metallocene catalysts

(สัญญาเลขที่ CU-CLUSTER-Advanced-4-54-53)

โดย

ศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม	หัวหน้าโครงการ
รองศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด จงสมจิตร	ผู้ร่วมโครงการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุงใจ ปิ่นประณีต	ผู้ร่วมโครงการ

ศูนย์เชี่ยวชาญด้านตัวเร่งปฏิกิริยาและวิศวกรรมที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

(1 เมษายน 53 ถึง 31 มีนาคม 2554)

โครงการวิจัยการใช้วัสดุนาโนเป็นตัวรองรับของตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-แนคตาและเมทัลโลซีน

Application of nanomaterials for catalyst supports for Ziegler-Natta and metallocene catalysts

(สัญญาเลขที่ CU-CLUSTER-Advanced-4-54-53)

โดย

ศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม	หัวหน้าโครงการ
รองศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด จงสมจิตร	ผู้ร่วมโครงการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุใจ ปั้นประณต	ผู้ร่วมโครงการ

ศูนย์เชี่ยวชาญด้านตัวเร่งปฏิกิริยาและวิศวกรรมที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณจุฬาลงกรณ์ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการส่งเสริมการทำงานวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช หรือ CU-CLUSTER-FUND ภายใต้โครงการวิจัยการใช้วัสดุนาโนเป็นตัวรองรับของตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-แนตตาและเมทัล โลซีน (สัญญาเลขที่ CU-CLUSTER-Advanced-4-54-53) ซึ่งอยู่ในกลุ่มวิจัยวัสดุขั้นสูง (Advanced Materials Cluster)

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการใช้ตัวกระตุ้นที่ผสมกันต่อการ โคพอลิเมอร์ไรเซชันของเอทิลีนกับหนึ่งเฮกซีนด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-แนคตาที่มีซิลิกากับแมกนีเซียมคลอไรด์เป็นตัวรองรับ โดยมีรายละเอียดดังนี้ งานวิจัยนี้แสดงถึงผลของการผสมตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมบนเอทิลีนพอลิเมอร์ไรเซชัน และเอทิลีน/ 1-เฮกซีน โคพอลิเมอร์ไรเซชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซิกเกลอร์-แนทธานบนตัวรองรับ แมกนีเซียม/ ซิลิกา ลำดับที่หนึ่ง ตัวเร่งปฏิกิริยาซิกเกลอร์-แนทธานถูกเตรียมโดยการเติมซิลิกา จากนั้น ตัวเร่งปฏิกิริยาทำการทดสอบในปฏิกิริยาเอทิลีน พอลิเมอร์ไรเซชัน และเอทิลีน/ 1- เฮกซีน โคพอลิเมอร์ไรเซชัน โดยเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมที่ใช้ ไตรเอทิลอลูมิเนียม (TEA), ไตร-เอ็น- เฮกซิลอลูมิเนียม (TnHA) ไดเอทิลอลูมิเนียมคลอไรด์ (DEAC) และสารผสม TEA+DEAC, TEA+TnHA, TnHA+DEAC, TEA+DEAC+TnHA ถูกใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมในการศึกษานี้ จากการทดลองพบว่าในกรณีของเอทิลีน พอลิเมอร์ไรเซชัน ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วม TnHA แสดงค่าแอกทิวิตีที่สูงที่สุดเนื่องจากการเพิ่มขนาดของกลุ่มแอลคิล มากไปกว่านั้นการทดลองนี้ได้ทำการมุ่งความสนใจไปที่การผสมตัวเร่งปฏิกิริยาร่วม ค่าแอกทิวิตีสามารถเพิ่มสูงขึ้นเป็นสามเท่าเมื่อใช้สารผสมของตัวเร่งปฏิกิริยาร่วม และแอกทิวิตีของเอทิลีนพอลิเมอร์ไรเซชัน เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตามลำดับดังนี้ TEA+DEAC+TnHA > TEA+DEAC > TEA+TnHA ทั้งค่าแอกทิวิตีของ โคพอลิเมอร์ไรเซชัน และค่าความเป็นผลึกของ โคพอลิเมอร์ที่ผลิตได้ เปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมจาก TEA เป็น สารผสม TEA+DEAC+TnHA หรือ TnHA และ DEAC สำหรับค่าแอกทิวิตีของ เอทิลีน/ 1- เฮกซีน โคพอลิเมอร์ไรเซชัน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตามลำดับดังนี้ TEA+DEAC+TnHA > TEA+TnHA > TEA+DEAC > TnHA+DEAC > TEA > TnHA > DEAC เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของ โคพอลิเมอร์ที่ได้จากการผสมตัวเร่งปฏิกิริยาร่วม TEA+DEAC+TnHA พบว่าค่าความเป็นผลึกมีค่าลดลงเมื่อทำการผสม TnHA เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วม เชื่อได้ว่าตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมมีอิทธิพลต่อโครงสร้างของ โคพอลิเมอร์ การเพิ่มขึ้นของการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลพอลิเมอร์ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักของรูปร่างพอลิเมอร์

คำสำคัญ (ไทย)

ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-แนคตา; ซิลิกา; พอลิเอทิลีน; ตัวกระตุ้นผสม; เอทิลีนพอลิเมอร์ไรเซชัน

Abstract

This research reveals the effects of mixed activators on ethylene polymerization and ethylene/1-hexene copolymerization over $\text{MgCl}_2/\text{SiO}_2$ -supported Ziegler-Natta (ZN) catalysts. First, the conventional ZN catalyst was prepared with SiO_2 addition. Then, the catalyst was tested for ethylene polymerization and ethylene/1-hexene (E/H) copolymerization using different activators. Triethyl aluminum (TEA), tri-n-hexyl aluminum (TnHA) and diethyl aluminum chloride (DEAC), TEA+ DEAC, TEA+ TnHA, TnHA+ DEAC, TEA+ DEAC+ TnHA mixtures, were used as activators in this study. It was found that in the case of ethylene polymerization with the sole activator, TnHA exhibited the highest activity among other activators due to increased size of alkyl group. Further investigation was focused on the use of mixed activators. It showed that the activity of ethylene polymerization apparently increased within the order of TEA+ DEAC+ TnHA > TEA+ DEAC > TEA+ TnHA. The activity can be enhanced by a factor of three when the mixed activators were employed. The synthesized copolymers were strongly changed in both of copolymerization activity and crystallinity when the activators were changed from TEA to TEA+ DEAC+ TnHA mixtures or pure TnHA and pure DEAC. It showed that the activity of ethylene/1-hexene copolymerization apparently increased within the order of TEA+ DEAC+ TnHA > TEA+ TnHA > TEA+ DEAC > TnHA+DEAC > TEA > TnHA > DEAC. Considering the properties of obtained copolymer with the mixed TEA+ DEAC+ TnHA, the crystallinity of copolymer decreased due to the presence of TnHA in the mixed activator. The activator exerted strong influences on copolymer structure. The increased molecular weight distribution (MWD) was observed without significantly change in polymer morphology.

Keywords: Ziegler-Natta catalyst; silica support; polyethylene; mixed activator; ethylene polymerization

สารบัญ

	หน้า
กิติกรรมประกาศ	2
บทคัดย่อภาษาไทย	3
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	4
บทนำ	6
เนื้อหางานวิจัย	10
บรรณานุกรม	12
ภาคผนวก	14

Reprint บทความวิจัย

ประวัตินักวิจัย

บทนำ

วัสดุนาโน ตามคำจำกัดความ หมายถึง วัสดุที่มีขนาดต่ำกว่า 100 นาโนเมตรลงไป วัสดุนาโนจะมีสมบัติบางประการที่ต่างจากวัสดุที่มีขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น พลังงานพื้นผิว (Surface energy) ที่สูง มีพื้นผิวสูงเป็นต้น ปกติตัวเร่งปฏิกิริยาต้องการตัวรองรับที่มีพื้นผิวสูง จึงมีความพยายามที่จะนำวัสดุนาโน มาเป็นตัวรองรับของตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงการนี้จึงได้ทำการวิจัยเพื่อนำเอาวัสดุนาโนเมต ที่เหมาะสมมาเป็นตัวรองรับของตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-แนคตาและตัวเร่งปฏิกิริยาเมทัล โลซิน ทั้งนี้ปัจจุบันในทางการค้าและอุตสาหกรรมได้มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-แนคตา และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเมทัล โลซิน ในการผลิตพอลิ โอลิฟิน โดยส่วนใหญ่แล้วเทคโนโลยีในการผลิตพอลิ โอลิฟินจะใช้กระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบวัฏภาคแก๊สและสเลอรี ดังนั้นการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาเมทัล โลซิน และซีเกอร์แนคตาจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาให้ใช้กับระบบเดิมที่มีอยู่ได้ นั่นคือ การใช้ตัวรองรับเช่น ซิลิกา ไทเทเนีย และอะลูมินา มาปรับปรุงตัวเร่งปฏิกิริยา เมทัล โลซินและซีเกอร์แนคตา จึงเป็นที่นิยมในปัจจุบัน โดยตัวรองรับประเภทหนึ่งที่นิยมนำมาใช้และนำมาทำการศึกษา คือ ตัวรองรับที่มีขนาดอนุภาคอยู่ในระดับนาโนเมตร เป็นต้น

นาโนซิลิกา

ปี 2003 Garcia และคณะ [1] ได้สังเคราะห์พอลิโพรพิลีนผสม (Polypropylene (PP) composites) ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคทรงกลมขนาดนาโนของซิลิกาและ $MgCl_2$ ซึ่งเป็นตัวรองรับของตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-แนคตาโดยที่ซิลิกาจะถูกเตรียมจะมีขนาดอนุภาคตั้งแต่ นาโนจนถึงไมโคร โดยที่พื้นผิวของอนุภาคซิลิกาจะถูกปรับปรุงด้วยสารซิลีนเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาและช่วยให้พอลิเมอไรซ์กับตัวรองรับอยู่ร่วมกัน (synergy) โดยเป็นการลด hydrophobicity รอบๆ bulk ของพื้นผิวของอนุภาคได้ โดยผลของตัวรองรับ (filler) หรือตัวรองรับนาโนซิลิกาที่มีต่อ โครงสร้างผลึกและขนาดผลึกของพอลิโพรพิลีนถูกศึกษา โดยเครื่อง DSC และ WAXD ค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยา (reaction kinetics) ของนาโนของผสม (nanocomposite. ศึกษาเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่มีขนาดเป็นไมโครซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งพบว่าขนาดอนุภาคนาโนไม่ทำให้ค่าความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดอนุภาคมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยา และการเติมซิลิกามีผลต่อค่าการเกิดผลึก(the degree of crystallinity) ของพอลิโพรพิลีนอีกด้วย

ปี 2005 Jongsomjit และคณะ [2] ได้ทำการสังเคราะห์พอลิเมอไรซ์คอมโพสิตด้วยวิธีอินซิทู ในระบบ พอลิเมอไรเซชันร่วมระหว่าง เอทิลีน/1-เฮกซีน กับตัวเร่งปฏิกิริยาเมทัล โลซินใช้เมทิลอะลูมิเนียมออกเซนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วม ทั้งนี้ได้ใช้ตัวรองรับซิลิกาที่มีอนุภาคนาโนเป็นตัวรองรับ ผลที่ได้พบว่า ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของตัวรองรับ เนื่องจากเมื่ออนุภาคซิลิกาเพิ่มขึ้น ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมเมทิลอะลูมิเนียมออกเซนที่ขี้ดัด

บนตัวรองรับก็จะเพิ่มขึ้น สำหรับการวิเคราะห์การกระจายตัวของธาตุพบว่า ออกซิเจนและซิลิกอน เกิดการกระจายตัวได้ดีบนตัวรองรับ และเมื่อเปรียบเทียบผลของขนาดตัวรองรับพบว่าการใช้ตัวรองรับซิลิกาขนาดนาโนให้ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาดำเมื่อเทียบกับอนุภาคขนาดไมโครซึ่งได้รายงานไว้ในบทความวิจัยอื่น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากความเกาะเกาะในการเข้าทำปฏิกิริยาของตัวอนุภาค

ปี 2007 Jongsomjit และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาถึงผลของการใช้นาโนซิลิกา และนาโนเซอร์โคเนียเป็นสารเติมแต่งต่อลักษณะโครงสร้างของนาโนคอมโพสิตของพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น ซึ่งสังเคราะห์ได้โดยวิธีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอินซิทูด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเซอร์โคโนซีน พบว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณเท่ากัน เมื่อใช้นาโนเซอร์โคเนียเป็นสารเติมแต่งจะสามารถสังเคราะห์พอลิเมอร์ได้มากกว่าการใช้นาโนซิลิกาเป็นสารเติมแต่งประมาณ 5 เท่าที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากอันตรกิริยาระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมเมทิลอะลูมิเนียมออกเซนกับนาโนซิลิกามีค่ามาก ส่วนจุดหลอมเหลวของพอลิเมอร์ที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาภาพ TEM เพื่อศึกษาถึงการกระจายตัวของสารเติมแต่งในพอลิเมอร์คอมโพสิต พบว่าเกิดการเกาะกันของสารเติมแต่งไม่ว่าจะใช้ซิลิกาหรือเซอร์โคเนียก็ตาม ในส่วนของลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่ได้จะมีโครงสร้างของโมเลกุลที่คล้ายกันและโคพอลิเมอร์มีลักษณะเป็น random copolymer

ปี 2007 Jongsomjit และคณะ [4] ศึกษาผลของขนาดอนุภาคนาโนซิลิกาต่อความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาและคุณสมบัติของคอมโพสิตระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นกับนาโนซิลิกาที่สังเคราะห์โดยพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอินซิทูด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเซอร์โคโนซีนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมเมทิลอะลูมิเนียมออกเซน พบว่านาโนซิลิกาขนาดใหญ่กว่าจะให้ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่สูงกว่าเนื่องจากมีอันตรกิริยาระหว่างซิลิกากับตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมน้อย และสารเติมแต่งที่มีอนุภาคใหญ่กว่ายังทำให้เกิดการแทรกตัวของ 1-เฮกซีน เข้าไปในสายโซ่โคพอลิเมอร์ได้มากกว่าส่งผลให้จุดหลอมเหลวมีค่าต่ำลง เนื่องจากการแทรกตัวของ 1-เฮกซีนที่มากขึ้นจะทำให้ความเป็นผลึกลดลง และจากภาพถ่าย TEM พบว่าอนุภาคนาโนซิลิกากระจายตัวได้ไม่ดีในเนื้อพอลิเมอร์มีลักษณะที่เกิดการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนของอนุภาคที่คล้ายทรงกลม

ปี 2007 Li และคณะ[5] ได้เปรียบเทียบการใช้ซิลิกาในระดับขนาดนาโนและไมโครเป็นตัวรองรับสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาบิสไซโคลเพนตะไดอีนิลเซอร์โคเนียมไดคลอไรด์ร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมเมทิลอะลูมิเนียมออกเซนสำหรับปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเอทิลีน พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้นาโนซิลิกาเป็นตัวรองรับจะให้ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันดีกว่าตัวรองรับขนาดไมโคร และที่อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 60 องศาเซลเซียส ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาที่ได้จากตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ซิลิกาในระดับขนาดนาโนจะมีค่ามากกว่าการใช้ซิลิกาขนาดไมโครถึง 4.5 เท่า ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเนื่องมาจากส่วนที่ว่องไวในการเร่งปฏิกิริยาส่วนมากอยู่ที่

พื้นผิวด้านนอกของตัวเร่งปฏิกิริยาขนาดนาโนทำให้ไม่มี internal diffusion resistance และอีกเหตุผลหนึ่งอาจจะเนื่องมาจากเกิดการกระจายตัวของส่วนที่ว่องไวในการเร่งปฏิกิริยาบนตัวเร่งปฏิกิริยาระดับขนาดนาโน จากภาพ SEM ของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ ซึ่งให้เห็นว่าเนื้อพอลิเมอร์ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กๆ อยู่ร่วมกับเส้นใยบางๆ จำนวนมาก และพอลิเมอร์ที่ได้เป็นพอลิเอทิลีนเชิงเส้นที่มีความเป็นผลึกสูงมาก

ปี 2009 Kuo-Tseng และคณะ [6] ทำการสังเคราะห์พอลิเอทิลีนเชิงเส้นความหนาแน่นต่ำแบบเส้นตรง โดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเมทัลโลซีนที่ถูกรองรับด้วยซิลิกา พบว่า การใช้ซิลิกาขนาดนาโนเป็นตัวรองรับจะให้ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาที่สูงและพอลิเมอร์ที่ผลิตได้ยังให้น้ำหนักโมเลกุลที่สูง เกิดการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลต่ำเมื่อเทียบกับอนุภาคระดับไมโครผลที่ได้นี้เนื่องจากส่วนที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของอนุภาคนาโนจะอยู่บนพื้นผิวของตัวรองรับทำให้ความต้านทานของการแพร่ภายในรูพรุนต่ำ เมื่อเทียบกับตัวรองรับอนุภาคไมโครที่ส่วนว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาจะอยู่ภายในตัวรองรับทำให้ความว่องไวต่ำ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการใช้อนุภาคนาโนเป็นตัวรองรับ ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของระบบเอทิลีน/1-ออกทีน จะสูงกว่าระบบเอทิลีน/1-เฮกซีน

นาโนอะลูมินา

ปี 2007 Desharun และคณะ [7] ได้ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์นาโนคอมโพสิทระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นกับอะลูมินาที่มีขนาด 100 นาโนเมตร ด้วยวิธีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอินซิทู โดยใช้เซอร์โคโนซีน/เมทิลอะลูมินอกเซน เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างอะลูมิเนียมต่อเซอร์โคเนียมที่มีต่อความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา โดยพบว่า ความว่องไวจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนระหว่างอะลูมิเนียมต่อเซอร์โคเนียมสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการมีส่วนที่ว่องไวในการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันมากขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีตัวรองรับอะลูมินา พบว่าระบบดังกล่าวจะให้ค่าความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาที่มากกว่า เนื่องจากว่าไม่มีความเกาะกะของโครงสร้างตัวรองรับ และในระบบที่มีอะลูมินาจะมีแรงอันตรกิริยาระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับตัวรองรับ ส่งผลให้ค่าความว่องไวลดลง เมื่อนำพอลิเมอร์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติ พบว่าการมีอะลูมินาจะทำให้ 1-เฮกซีน เข้าแทรกไปทำปฏิกิริยาได้ยาก ส่งผลให้พอลิเมอร์มีความเป็นผลึกและอุณหภูมิหลอมเหลวสูงขึ้น นอกจากนี้อะลูมินายังช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการตัดสายโซ่ ทำให้พอลิเมอร์มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น แต่ยังคงมีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลเหมือนเดิม สำหรับการกระจายตัวของอะลูมินาในเนื้อพอลิเมอร์ พบว่า อะลูมินาจะเกาะกลุ่มกันเป็นก้อน แต่มีการกระจายตัวที่ดีในเนื้อพอลิเมอร์

นาโนเซอร์โคเนีย

ปี 2006 Esmailic และคณะ [8] ได้สังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาซิกเกลอร์-แนคคาโดยใช้ เซอร์โคเนียที่มีขนาดอนุภาคเป็นนาโนเป็นตัวรองรับเพื่อใช้ในการพอลิเมอร์ไรเซชันของเอทีลีน เพื่อศึกษาโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาและ โครงสร้างสัณฐานของพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้น

ปี 2006 Jongsomjit และคณะ[9] ศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์นาโนคอมโพสิตระหว่าง พอลิเอทีลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นกับเซอร์โคเนียที่มีขนาดนาโน ด้วยวิธีพอลิเมอร์ไรเซชัน แบบอินซิitu โดยใช้เซอร์โคโนซีน/เมทิลอะลูมิเนียมออกเซน เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า การเพิ่ม อัตราส่วนระหว่างอะลูมิเนียมต่อเซอร์โคเนีย จะทำให้พอลิเมอร์ที่ได้มีปริมาณมากขึ้น แต่มี ปริมาณน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีเซอร์โคเนีย เนื่องจากการมีตัวรองรับเซอร์โคเนีย จะทำให้มีความเกาะของ โครงสร้างเกิดขึ้น โดยในแต่ละระบบจะมีปริมาณเซอร์โคเนียในเนื้อ พอลิเมอร์ประมาณร้อยละ 23-25 เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของพอลิเมอร์นาโนคอมโพสิตที่ได้ พบว่า ระบบที่มีเซอร์โคเนียจะมีอุณหภูมิหลอมเหลวและอุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึกที่ต่ำกว่า เล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีเซอร์โคเนีย เนื่องจากอนุภาคเซอร์โคเนียจะทำให้พอลิ เมอร์ที่ได้มีความเป็นผลึกลดลง เมื่อศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคเซอร์โคเนีย พบว่า ก่อนการ ทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน อนุภาคเซอร์โคเนียที่มีขนาดประมาณ 6-35 นาโนเมตร จะเกาะ กลุ่มกันเป็นก้อน แต่ภายหลังจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแล้ว อนุภาคเซอร์โคเนียจะมีการกระจายตัวที่ดีในเนื้อพอลิเมอร์ นอกจากนี้ Jongsomjit และคณะ ได้เสนอว่าปฏิกิริยาพอลิ เมอร์ไรเซชันจะเกิดขึ้นรอบๆ ตัวรองรับ ทำให้พอลิเมอร์นาโนคอมโพสิตที่ได้มีการกระจายตัว ของอนุภาคเซอร์โคเนียที่ดี

นาโนไทเทเนีย

ในปี 2008 Jongsomjit และคณะ [10] ศึกษาผลของขนาดของนาโนไทเทเนีย ที่ถูก นำมาใช้ผลิตพอลิเอทีลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น ด้วยวิธีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอินซิitu โดยมี ตัวเร่งปฏิกิริยาเซอร์โคโนซีน/โมดิฟายเมทิลอะลูมิเนียมออกเซนแบบแห้ง พบว่า ไทเทเนียที่มีเฟสรู ไทล์เป็นองค์ประกอบที่มากขึ้น จะส่งผลให้จุดอ่อนไวมีน้อยลง ดังนั้น ความว่องไวในการผลิตพอลิ เมอร์จึงน้อยตามไปด้วย นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาความเสถียรของ โมดิฟายเมทิลอะลูมิเนียมออกเซน แบบแห้งบนตัวรองรับ พบว่าอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ความว่องไวในการผลิตพอลิเมอร์ต่ำ คือ ความเสถียรของ โมดิฟายเมทิลอะลูมิเนียมออกเซนแบบแห้งบนตัวรองรับไทเทเนียเฟสรู ไทล์มีค่าต่ำ โดยพอลิเมอร์ที่ได้จากการศึกษานี้จะได้ พอลิเมอร์ชนิดสุ่ม และเมื่อเพิ่มปริมาณ 1-เฮกซีน ลงใน ปฏิกิริยา จะส่งผลให้ ค่าความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ที่ได้ต่ำลง

นาโนซีโอไลต์

ในปี 2008 Covarrubias และคณะ [11] ทำการเตรียมผลึกของนาโนซีโอไลต์ ใช้สำหรับ เป็นตัวรองรับของตัวเร่งปฏิกิริยาเมทัล โลซีนกับตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมเมทิลอะลูมิเนียมออกเซนใน

ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน พบว่า เมทัลโลซีนที่ยึดเกาะบนตัวรองรับซีโอไลต์ให้ความว่องไวในการผลิตพอลิเมอร์สูง เนื่องจาก นาโนซีโอไลต์มีพื้นที่ผิวสูง นอกจากนี้ การใช้ซีโอไลต์เป็นตัวรองรับของเมทัล โลซีนยังส่งผลให้ความต้องการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมเมทิลอะลูมิเนียมออกเซน น้อยลงสำหรับการพอลิเมอไรเซชันของเอทิลีนด้วย

นาโน-MCM-41 (Mobil Composition of Matter)

ปี 2008 Semsarzadeh และคณะ [12] ได้สังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา $TiCl_4/MgCl_2$ บนตัวรองรับซิลิกาและ MCM-41 ที่มีอัตราส่วนของ Mg/Ti ต่างกันเพื่อใช้ในการพอลิเมอไรเซชันของเอทิลีน (Ethylene Polymerization) พบว่าความว่องไวเกิดขึ้นภายใน nanochannels ของ MCM-41 โมโนเมอร์ของเอทิลีนจะแพร่เข้าไปใน channels และทำให้เกิดสายโซ่ของพอลิเอทิลีนจนกลายเป็นเส้นใยขนาดนาโน ตัวเร่งปฏิกิริยาบนตัวรองรับ MCM-41 จะแสดงค่าความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยาและ melting points ,ค่าความเป็นผลึก (crystallinity)และน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเอทิลีนสูงค่ากว่าตัวรองรับซิลิกา

เนื้อหางานวิจัย

ในส่วนของเนื้อหางานวิจัยซึ่งกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย อภิปราย วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลการทดลองนั้น คณะผู้วิจัยขออ้างตามบทความวิจัยที่ได้การตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ คือ วารสาร Molecules ซึ่งมี impact factor (JCR 2009) = 1.738 ดังนี้ โดยบทความดังกล่าวเป็นผลที่ได้จากโครงการนี้ และได้มีกิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) สำหรับสัญญาเลขที่ CU-CLUSTER-Advanced-4-54-53 แล้ว โดยรายละเอียดของเนื้อหาของบทความ (Reprint) เป็นไปตามเอกสารแนบในภาคผนวก

Article

The Influence of Mixed Activators on Ethylene Polymerization and Ethylene/1-Hexene Copolymerization with Silica-Supported Ziegler-Natta Catalyst

Nichapat Senso¹, Supaporn Khaubunsongserm², Bunjerd Jongsomjit¹ and Piyasan Praserttham^{1,*}

¹ Center of Excellence on Catalysis and Catalytic Reaction Engineering, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

² PTT Research and Technology Institute, PTT Public Company Limited, Wangnoi, Ayuthaya 13170, Thailand

* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: piyasan.p@chula.ac.th; Tel.: +662-218-6869; Fax: +662-218-6868.

Acknowledgements

The authors thank the Thailand Research Fund (TRF), Office of the Higher Education Commission (CHE), Chulalongkorn University for Royal Golden Jubilee Fund under contract No. CU-CLUSTER-Advanced-4-54-53, and PTT Company for the financial support of this project.

บรรณานุกรม

- [1] Monserrat Garc, Werner E. van Zyl, Mattijs G. J. ten Cate, Jan W. Stouwdam, Henk Verweij, Makarand S. Pimplapure, and Guinter Weickert. "Novel Preparation of Hybrid Polypropylene/Silica Nanocomposites in a Slurry-Phase Polymerization Reactor" *Industrial Engineering Chemistry Research*, Volume 42, 2003, Pages 3750-3757
- [2] Bunjerd Jongsomjit, Joongjai Panpranot, Piyasan Praserttham, Effect of nanoscale SiO₂ and ZrO₂ as the fillers on the microstructure of LLDPE nanocomposites synthesized via in situ polymerization with zirconocene, *Materials Letters* 61 (2007) 1376–1379
- [3] Ekrachan Chaichana, Bunjerd Jongsomjit*, Piyasan Praserttham, Effect of nano-SiO₂ particle size on the formation of LLDPE/SiO₂ nanocomposite synthesized via the in situ polymerization with metallocene catalyst, *Chemical Engineering Science* 62 (2007) 899 – 905
- [4] BUNJERD JONGSOMJIT*, EKKRACHAN CHAICHANA, PIYASAN PRASERTHDAM, LLDPE/nano-silica composites synthesized via *in situ* polymerization of ethylene/1-hexene with MAO/metallocene catalyst
JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 40 (2005) 2043 – 2045
- [5] Kuo-Tseng Li • Chi-Lun Dai • Cheng-Yu Li, Synthesis of linear low density polyethylene with a nano-sized silica supported Cp₂ZrCl₂/MAO catalyst, *Polym. Bull.* DOI 10.1007/s00289-009-0167-3
- [6] R. Van Grieken *, A. Carrero, I. Suarez, B. Paredes, Ethylene polymerization over supported MAO/(nBuCp)₂ZrCl₂ catalysts: Influence of support properties, *European Polymer Journal* 43 (2009) 1267–1277
- [7] Chanathip Desharun, Bunjerd Jongsomjit *, Piyasan Praserttham, Study of LLDPE/alumina nanocomposites synthesized by in situ polymerization with zirconocene/d-MMAO catalyst, *Catalysis Communications* 9 (2008) 522–528
- [8] Babak Esmaeili, Jamal Chaouki, Charles Dubois "Polymerization Compounding on the Surface of Zirconia Nanoparticles" *Macromolecular Symposia*, Volume 243 Issue 1, Pages 268 - 276

- [9] Chanathip Desharun, Bunjerd Jongsomjit *, Piyasan Prasertdam, Study of LLDPE/alumina nanocomposites synthesized by in situ polymerization with zirconocene/d-MMAO catalyst *Catalysis Communications* 9 (2006) 522–528
- [10] Wathanyoo Owpradit, Bunjerd Jongsomjit, A comparative study on synthesis of LLDPE/TiO₂ nanocomposites using different TiO₂ by *in situ* polymerization with zirconocene/dMMAO catalyst, *Materials Chemistry and Physics* 112 (2008) 954–961
- [11] Cristian Covarrubias a,*, Rauñ l Quijada a,b, Reneñ Rojas, Ethylene polymerization using dealuminated ZSM-2 zeolite nanocrystals as an active metallocene catalyst support, *Applied Catalysis A: General* 347 (2008) 223–233
- [12] Mohammad Ali Semsarzadeh ,Alireza Aghili "Novel Preparation of Polyethylene from Nano-extrusion Polymerization Inside the Nanochannels of MCM-41/MgCl₂/TiCl₄ Catalysts", *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*, Volume 45, 2008, pages 680–686

ภาคผนวก

1. Reprint บทความวิจัยที่เป็นผลลัพธ์ของ โครงการ
2. ประวัตินักวิจัย

Article

The Influence of Mixed Activators on Ethylene Polymerization and Ethylene/1-Hexene Copolymerization with Silica-Supported Ziegler-Natta Catalyst

Nichapat Senso¹, Supaporn Khaubunsongserm², Bunjerd Jongsomjit¹ and Piyasan Praserttham^{1,*}

¹ Center of Excellence on Catalysis and Catalytic Reaction Engineering, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

² PTT Research and Technology Institute, PTT Public Company Limited, Wangnoi, Ayuthaya 13170, Thailand

* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: piyasan.p@chula.ac.th; Tel.: +662-218-6869; Fax: +662-218-6868.

Received: 15 November 2010; in revised form: 10 December 2010 / Accepted: 14 December 2010 / Published: 16 December 2010

Abstract: This article reveals the effects of mixed activators on ethylene polymerization and ethylene/1-hexene copolymerization over MgCl₂/SiO₂-supported Ziegler-Natta (ZN) catalysts. First, the conventional ZN catalyst was prepared with SiO₂ addition. Then, the catalyst was tested for ethylene polymerization and ethylene/1-hexene (E/H) co-polymerization using different activators. Triethylaluminum (TEA), tri-*n*-hexyl aluminum (TnHA) and diethyl aluminum chloride (DEAC), TEA+DEAC, TEA+TnHA, TnHA+DEAC, TEA+DEAC+TnHA mixtures, were used as activators in this study. It was found that in the case of ethylene polymerization with a sole activator, TnHA exhibited the highest activity among other activators due to increased size of the alkyl group. Further investigation was focused on the use of mixed activators. The activity can be enhanced by a factor of three when the mixed activators were employed and the activity of ethylene polymerization apparently increased in the order of TEA+DEAC+TnHA > TEA+DEAC > TEA+TnHA. Both the copolymerization activity and crystallinity of the synthesized copolymers were strongly changed when the activators were changed from TEA to TEA+DEAC+TnHA mixtures or pure TnHA and pure DEAC. As for ethylene/1-hexene copolymerization the activity apparently increased in the order of TEA+DEAC+TnHA > TEA+TnHA > TEA+DEAC > TnHA+DEAC > TEA > TnHA > DEAC. Considering the

properties of the copolymer obtained with the mixed TEA+DEAC+TnHA, its crystallinity decreased due to the presence of TnHA in the mixed activator. The activators thus exerted a strong influence on copolymer structure. An increased molecular weight distribution (MWD) was observed, without significant change in polymer morphology.

Keywords: Ziegler-Natta catalyst; silica support; polyethylene; mixed activator; ethylene polymerization

1. Introduction

Progress in catalyst technology has led to the synthesis of a rich set of new polymers with different structures and performances to meet the progressive demands of modern industry and life [1-12]. Recently, branched polyethylenes such as linear low-density polyethylene (LLDPE) have grown in importance in industry because of the specific properties that can be obtained by varying comonomer content and polymerization conditions. The recent development of homogeneous single-site catalyst makes it possible to synthesize the copolymers with completely different structures and performances from traditional polyethylenes [13]. The ethylene/ α -olefin copolymers obtained by metallocene catalysts show homogeneous comonomer distribution and narrow molecular weight distributions in comparison with those obtained with traditional Ziegler-Natta (ZN) catalysts [14]. The correlation between the structures of the ethylene/ α -olefin copolymers obtained with ZN catalysts and their properties has been extensively studied [15,16]. However, easy methods to control polymer properties and catalytic activity in polymerization system are still of concern to the industry.

One of the most important factors in ethylene and ethylene/ α -olefin polymerization is the choice of alkyl aluminum used to control the activity and polymer characteristics. The alkyl aluminums are often added to the reactor during slurry polymerization with ZN catalyst and conventional supported metallocene/MAO catalyst to scavenge impurities. In polymerization systems, alkyl aluminums also act as activators responsible for the generation of active sites. There are many reports on the use of alkyl aluminum as activators in the polymerization of ethylene and ethylene/ α -olefins using ZN catalysts [17-23]. Trialkyl aluminum compounds are usually preferred over the halogen-containing analogues because higher polymerization rates can be obtained with the former. Alkyl aluminums such as trimethyl aluminum (TMA), triethyl aluminum (TEA), tri-*n*-hexyl aluminum (TnHA) and triisobutyl aluminum (TiBA), as well as diethyl aluminum chloride (DEAC) have been used in olefin polymerizations [24-31]. In general, it has been found that an increase in size of the alkyl groups (C_nH_{2n+1}) up to approximately $n = 11$ has enhanced catalytic activity. The study by Wanke *et al.* [18] revealed that increasing the size of alkyl group with $n < 11$ produces an increase in the activity and when a very large alkyl groups ($n = 18$) was used, the catalytic activity was very low upon when using the ZN catalyst for ethylene polymerization. An exception to these general trends was observed by Nooijen [17]. His results showed a strong effect of activators (TEA, TiBA, TnOA and IPRA) diffusion on the rate of activation of $MgCl_2$ -supported Ziegler-Natta catalyst in slurry polymerization. At a constant ratio of activator to catalyst, the maximum activity depends on the diffusion of the activator.

The properties of polymer, such as the morphology of polymer product particles [22], were also controlled by type of activator, the product molar mass distribution, the average catalyst activity, and the shape of the activity-time profiles [22,23]. Increasing the size of the ligands attached to aluminium atoms increased the average molar masses and resulted in narrower molar weight distributions of polyethylene [18]. Terano *et al.* [23] reported that the molecular weight distribution (MWD) of the polyethylene obtained from the functionalized SiO₂-supported catalyst changed markedly from broad and multimodal to narrow and unimodal depending on the type of activator used. In the case of TEA, a broad trimodal MWD was observed, while for DEAC, the MWD of polyethylene was very narrow and unimodal [23]. In the case of poly[propylene-co-(7-methyl-1,6-octadiene)], the different activators produced polypropylene with a wide range of MWD [32].

Not only single activators are used in α -olefin polymerization, but also mixtures of alkyl aluminums are interesting subjects for improvement of the catalytic activity and polymer properties. Fan *et al.* [20] synthesized PE-PP copolymers using TEA, TIBA or TEA+TIBA mixtures as activators with MgCl₂/SiO₂/TiCl₄/diester-ZN catalyst in a slurry polymerization process. Their results showed that the behaviors of the TEA/TIBA mixture in catalytic systems were not a simple superposition of those activated by the TEA or TIBA alone. When a 50:50 TEA+TIBA mixture was used, the copolymerization activity became the highest, and the yields of both systems were highly random copolymers. In their articles, rapid exchange between the alkyl groups in mixtures of TEA with the *iso*-butyl group in TIBA may be an important reason for the increase in catalytic activity and yields of both the random copolymer and the segmented copolymer parts, which were close to the highest level in PE-PP copolymer.

In spite of these interesting results, the effect of mixed alkyl aluminum on catalytic activity of ethylene polymerization and ethylene/1-hexene copolymerization, and polymer properties has received little attention, even though it could be of crucial importance to successfully design and operate industrial polymerization processes. In the current study, the effect of various activator mixtures on activity, product morphology and molecular weight distribution of polyethylene and ethylene/1-hexene copolymer synthesized by the MgCl₂/SiO₂/TiCl₄/THF-ZN catalyst was investigated. The obtained polymers were characterized by means of X-ray diffraction (XRD), gel permeation chromatography (GPC), differential scanning calorimetry (DSC), and nuclear magnetic resonance (¹³C-NMR) techniques.

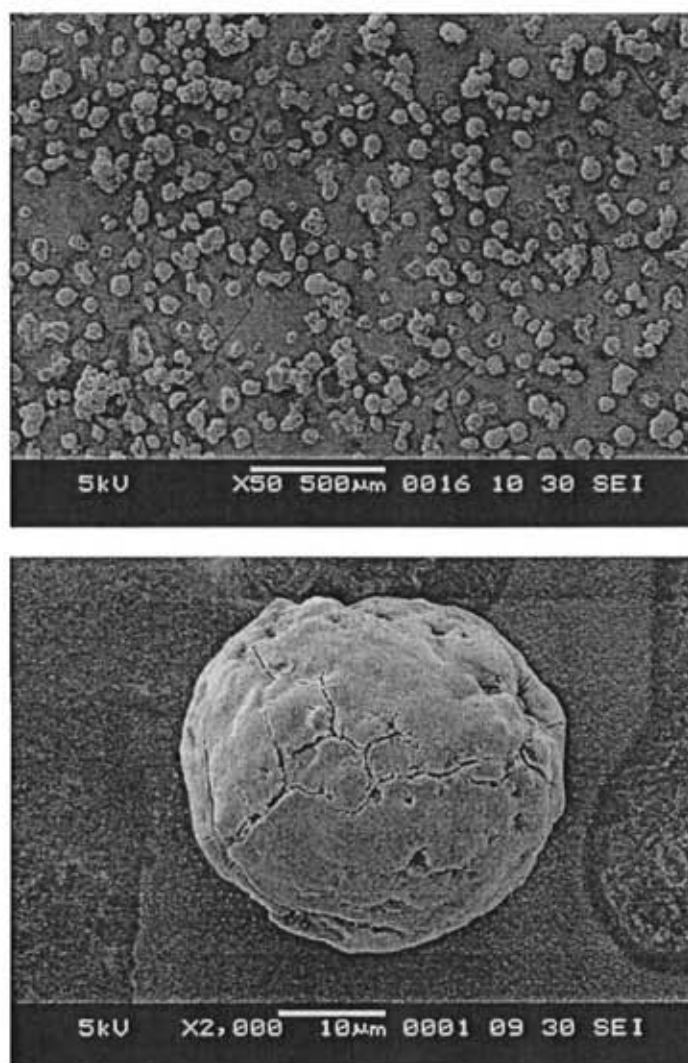
2. Results and Discussion

2.1. Catalyst characterization

In general, the MgCl₂/SiO₂/TiCl₄/THF-ZN catalyst has been developed for an excellent morphology control of polymer particles under the fluidized bed reactor conditions [33,34]. Kim *et al.* [34,35] reported that catalyst characteristics such as the ratio of SiO₂/MgCl₂ had an influence on the shape and size of the MgCl₂/SiO₂/TiCl₄/THF-ZN catalyst used for ethylene polymerization and ethylene/1-butene copolymerization. In this study, the MgCl₂/SiO₂/TiCl₄/THF-ZN catalyst was prepared as described in the experimental part using a SiO₂/MgCl₂ molar ratio of 1:1. Based on this preparation, the presence of Ti content in catalyst is 2.33 wt% (ICP). The shape and size of the catalyst were observed by SEM as

shown in Figure 1. The prepared catalyst exhibits a spherical shape and unimodal size distribution. Thus, the aggregated and melted form of catalyst particles seen in Figure 1 (top) are only present in a small amounts. These fractions possibly resulted from contact of catalyst particles with moisture and oxygen, when analyzed by SEM. The average diameter of obtained catalyst is approximately 30, μm as seen in Figure 1 (bottom).

Figure 1. SEM micrographs of $\text{MgCl}_2/\text{SiO}_2/\text{TiCl}_4/\text{THF-ZN}$ catalyst.

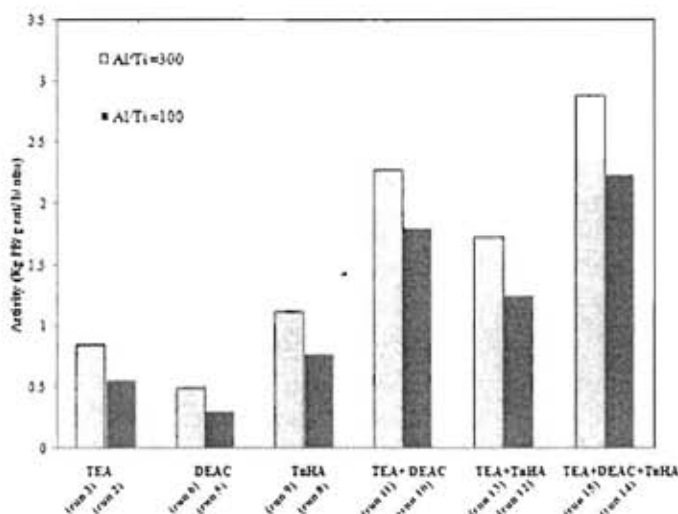


2.2. Ethylene homo-polymerization

For commercial production of polyethylene, the $\text{MgCl}_2/\text{SiO}_2$ -supported ZN catalyst exhibits high catalytic activity when TEA is used as activator. This activator provides the highest activity among other activators, including diethyl aluminum chloride (DEAC) and tri-*n*-hexyl aluminum (TnHA) [24]. The $\text{MgCl}_2/\text{SiO}_2/\text{TiCl}_4/\text{THF-ZN}$ catalyst shows high catalytic activity for ethylene polymerization. In this work, the effects of different types of alkyl aluminums including TEA, DEAC, TnHA and mixed

alkyl aluminums on activity were investigated. The Al/Ti molar ratio was fixed at 100 and 300. The polymerization activities with various activators are shown in Figure 2 and Table 1.

Figure 2. Effect of various activators on ethylene polymerization activity using $\text{MgCl}_2/\text{SiO}_2/\text{TiCl}_4/\text{THF-ZN}$ catalyst.



Note: Total mass of supported catalyst = 0.006 mmol of Ti, titanium content = 2.33 mmol Ti/g cat; Polymerization temperature = 80 °C, $P_{\text{tot}} = 8$ bar, $P_{\text{H}_2} = 3.5$ bar; Polymerization time = 2 h, ratio of Al/Ti = 100 and 300.

Table 1. Description of ethylene polymerization with various activators.

Run number	Activator ^a			Al/Ti	Activity ^b (kg PE/g cat/h/atm)
	TEA (mol%)	DEAC (mol%)	TnHA (mol%)		
1	100	-	-	100	0.53
2	100	-	-	100	0.55
3	100	-	-	300	0.83
4	-	100	-	100	0.32
5	-	100	-	100	0.30
6	-	100	-	300	0.48
7	-	-	100	100	0.78
8	-	-	100	100	0.76
9	-	-	100	300	1.10
10	50	50	-	100	1.79
11	50	50	-	300	2.25
12	50	-	50	100	1.25
13	50	-	50	300	1.71
14	33	33	33	100	2.23
15	33	33	33	300	2.86

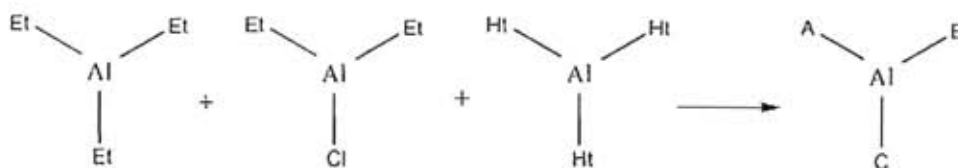
^a Concentrations of TEA, DEAC and TnHA are 0.300 mmol/mL; ^b Ti concentration is 0.006 mmol/mL.

Considering the single activators, the catalytic activity was the highest when TnHA was employed, whereas DEAC exhibited the lowest activity. A similar trend was observed with regards to change in Al/Ti ratio. These results were also consistent with those reported by Lynch *et al.* [18] and Hammawa *et al.* [22]. For trialkyl aluminum with $n < 11$, the activity increases with the size of alkyl group [22]. It was observed that DEAC was a less effective activator than TnHA, as reported by Haward *et al.* [24].

They explained that there was an optimal ligand size for producing maximum catalyst activity. Based on this work, by mixing activators having different sizes of alkyl groups, the catalytic activity of each system was in the order of; TEA+DEAC+TnHA > TEA+DEAC > TEA+TnHA, as listed in Table 1. In addition, the mixed DEAC+TnHA (50:50) was also tested for ethylene polymerization (data not shown), but it gave low activity than seen for DEAC or TnHA alone. Hence, the catalytic activity can be enhanced by a factor of three when the suitable mixed activators are employed.

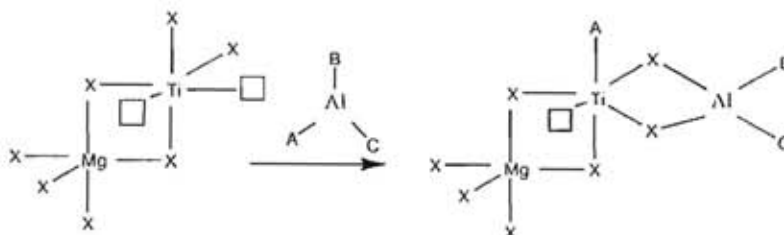
These results can be described by: (i) each type of alkyl aluminum has different reducing ability towards the catalyst, and hence produces different types of active sites [22], (ii) the optimal ligand size for producing maximum catalyst activity can be obtained by mixing the various types of activator [24], and (iii) it is related to the real mechanistic roles of alkyl aluminum activator in the formation of the active site in heterogeneous Ziegler-Natta catalysis, using either a monometallic or bimetallic active site model. Besides, changes in forms of mixed alkyl aluminums during polymerization were also a possible reason. To determine the rapid exchange of alkyl groups in the mixed alkyl aluminums, $^1\text{H-NMR}$ measurements were performed by Hatada *et al.* [36]. They found that the $^1\text{H-NMR}$ spectrum of the mixture of TEA and DEAC at room temperature displayed a rapid intermolecular exchange of ethyl groups. However, a new $^1\text{H-NMR}$ signal occurred upon the measurement at low temperature. In Scheme 1, we propose that the formation of new alkyl groups after mixing various alkyl groups may occur through various possible mechanisms. It should be noted that besides the formation of Al-ABC (as shown), other forms of mixed activator such as Al-ACC, Al-BBC, Al-BCC, and so on can occur.

Scheme 1. The possible formation of new alkyl groups after mixing (A, B and C refer to ethyl, *n*-hexyl and Cl).



The new alkyl groups may be suitable for adding more steric hindrance to the surface of catalyst enhancing the performance of ethylene to occupy the active species, as illustrated in Scheme 2. Moreover, the formation of catalyst might have a reducing ability to produce active sites for ethylene polymerization.

Scheme 2. Suggested mechanism of active site formation activated by new alkyl aluminum type (X: -Cl; A, B or C: ethyl, *n*-hexyl or Cl; □: coordination vacancy).



2.3. Ethylene/1-hexene copolymerization

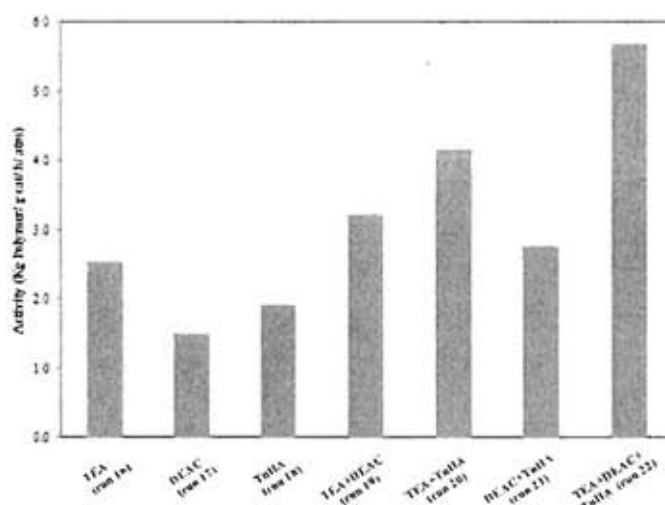
It is known that ethylene/1-hexene (EH) polymerization is also catalyzed by $\text{MgCl}_2/\text{SiO}_2/\text{TiCl}_4/\text{THF-ZN}$ catalyst in the slurry polymerization system using TEA as activator. However, the EH copolymerization with the catalyst activated by DEAC or TnHA has been found to exhibit different catalytic activity when compared to the system activated by TEA. To further explore the possibility of modifying catalytic activity and EH copolymer properties via changes in activator, TEA, DEAC, TnHA and their mixtures were employed in the equal molar ratio for each activator in the mixture. The Al/Ti molar ratio was kept constant at 300. The results are summarized in Table 2 and Figure 3.

Table 2. Activity of ethylene/1-hexene copolymerization with various ratios of activators and % 1-hexene insertion.

Run number	Activator ^a used			Activity (kg polymer/g cat/ h/ atm)	1-hexene insertion (mol%) ^b
	TEA (mol%)	DEAC (mol%)	TnHA (mol%)		
16	100	-	-	2.53	1.27
17	-	100	-	1.50	0.49
18	-	-	100	1.91	1.90
19	50	50	-	3.22	0.70
20	50	-	50	4.15	1.26
21	-	50	50	2.75	0.60
22	33	33	33	5.69	1.10

^a Ratio of Al/Ti = 300; ^b 1-hexene insertion was determined by $^{13}\text{C-NMR}$.

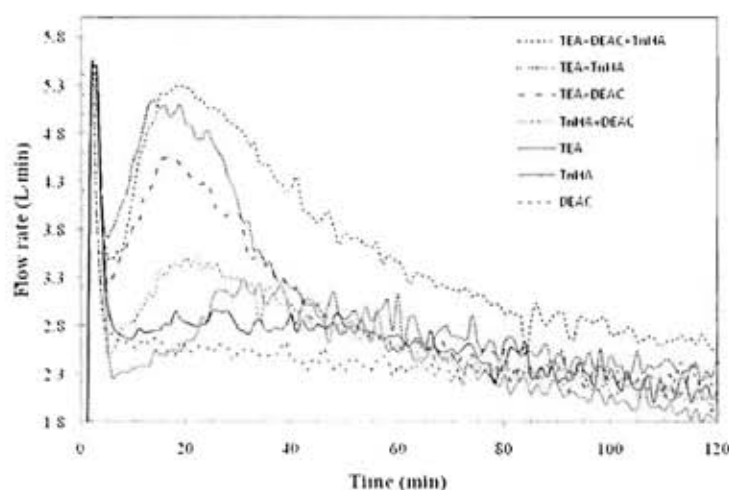
Figure 3. Effect of mixed activators on catalytic activity of $\text{MgCl}_2/\text{SiO}_2/\text{TiCl}_4/\text{THF-ZN}$ catalyst for ethylene/1-hexene copolymerization.



Note: Total mass of supported catalyst = 0.006 mmol Ti, titanium content = 2.33 mmol Ti/ g-cat, 1-hexene = 50 mL, polymerization temperature = 80 °C, P_{tot} = 8 bar, P_{H_2} = 3.5 bar, polymerization time = 2 h, ratio of Al/Ti = 300.

Interestingly, the kinetic profile behaviors of ethylene/1-hexene copolymerization with various activators were not a simple superposition of those activated by TEA, DEAC or TnHA alone, as shown in Figure 4. From this viewpoint, this result supports the notion of a change of alkyl groups in the alkyl aluminum mixture as mentioned before. From Table 2 and Figure 3, it was evident that the activator exerted strong influence on both catalytic activity and copolymer properties. The activity increased upon mixing TEA, DEAC and TnHA (TEA+DEAC, TEA+TnHA and TEA+DEAC+TnHA). The insertion of 1-hexene in copolymer increased in the order of TnHA > TEA > DEAC > mixed activators. No relationship between the catalytic activity and 1-hexene insertion was found with the different activators.

Figure 4. Kinetic profile based on ethylene consumption with various activators for ethylene/1-hexene copolymerization.



Note: Total mass of supported catalyst = 0.006 mmol Ti, titanium content = 2.33 mmol Ti/ g-cat, 1-hexene = 50 mL, polymerization temperature = 80 °C, P_{tot} = 8 bar, P_{H_2} = 3.5 bar, polymerization time = 2 h, ratio of Al/Ti = 300.

Many explanations have been put forth for the reported co-monomer effects on the enhancement of catalytic activity and can be classified as follows: (i) chemical and physical effects of co-monomer on the catalyst generation of active sites [37], (ii) increasing propagation rate constant (k_p) [37], (iii) enhancement of the diffusion due to lower crystallinity [38], (iv) fracturing the catalyst, and (v) changing the oxidation state of Ti [38]. It seems that some of these explanations cannot possibly explain the mixed activator behavior, which should be concerned with the change in the active sites for the ZN catalyst with using different types of alkyl aluminum. Based on 1-hexene insertion, it seems that DEAC can effectively activate those active sites that produce partly crystalline copolymer, whereas the other activators such as TEA and TnHA were more efficient activators of active sites that produce amorphous copolymer. In the case of TEA+DEAC+TnHA mixture, it was able to activate both types of active sites, leading to a copolymerization system with high activity and slightly lower content of 1-hexene insertion. On the other hand, TnHA itself can produce a copolymer having relatively higher degree of 1-hexene insertion.

2.4. Polymer characterization

2.4.1. Gel permeation chromatography (GPC) analysis

The M_w , M_n and MWD of the corresponding polymers are shown in Table 3. The MWD of the obtained polyethylene (Al/Ti ratio 300) gradually changed depending on the types of activator used. Apparently, TnHA produced polymers with a broader MWD as compared to polyethylene obtained from TEA and DEAC. Thus, the use of different types of activators in ethylene polymerization resulted in changes of the M_w and MWD values of polyethylene. The mixed alkyl aluminum system tended to exhibit a broad polyethylene MWD, as shown in Table 3. This result was also consistent with the dependence of MWD on the type of alkyl aluminum activator as shown in a previous report [24]. This interesting phenomenon was considered to stem from the existence of multiplicity in the nature of active sites with different propagation, termination and chain transfer rates on the surface of functionalized $MgCl_2/SiO_2$ -supported ZN catalyst. According to the GPC profiles (not shown), it might be speculated that mainly two kinds of active titanium precursors exist on the surface of functionalized $MgCl_2/SiO_2$ -supported ZN catalyst. The various alkyl aluminum activators may provide different types of active sites and different oxidation state of Ti. The M_w , M_n and MWD results of the copolymers are also given in Table 3. The TEA, DEAC and TnHA gave M_w of 295, 364 and 336 kg/mol, and MWD of 3.7, 3.6 and 4.2, respectively. The average molecular weights of copolymers obtained from mixed activators tended to decrease compared to those obtained with a single activator. On the contrary, the MWD of copolymers increased as the follows: TEA+DEAC+TnHA (5.6) > TEA+TnHA (4.5) > TnHA (4.3) > TnHA+DEAC (3.8) = TnHA+DEAC (3.8) > TEA (3.7) > DEAC (3.6). These results showed no relationship among the M_w , MWD, reducing power and activity in copolymerization system.

Table 3. M_w , M_n and polydispersity (M_w/M_n) of polyethylene and ethylene/1-hexene copolymer.

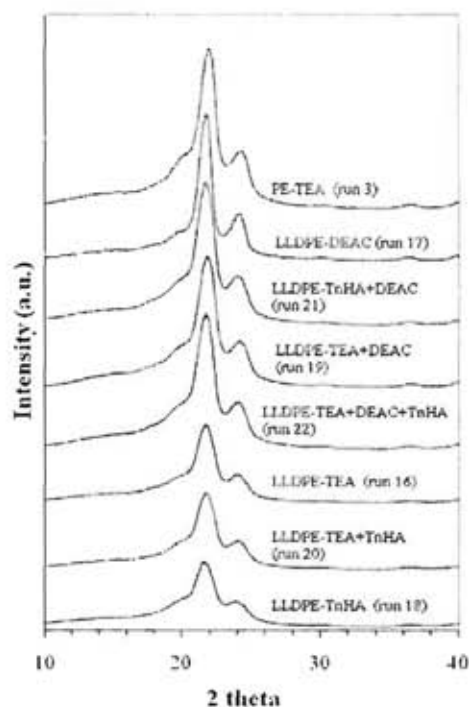
Run	Monomer	Activator	M_n (kg/mol)	M_w (kg/mol)	M_w/M_n^a	T_m^b (°C)	d^c (g/mL)	Crystallinity (%)	
								DSC ^d	X-ray ^e
3	Ethylene	TEA	74	299	4.0	136.5	0.955	66.0	71.3
6		DEAC	51	180	3.5	136.3	0.957	67.7	-
9		TnHA	103	474	4.6	135.9	0.956	66.3	-
11		TEA+ DEAC	31	175	5.6	136.3	0.957	67.7	-
13		TEA+ TnHA	86	344	4.0	135.9	0.957	67.7	-
15		TEA+ DEAC+ TnHA	55	283	5.2	136.3	0.957	67.6	-
16	Ethylene/ 1-hexene	TEA	165	295	3.8	120.7	0.926	41.0	46.2
17		DEAC	56	364	6.5	124.4	0.943	55.5	60.1
18		TnHA	79	336	4.2	97.5	0.914	30.7	35.4
19		TEA+ DEAC	77	294	3.8	122.5	0.941	54.0	59.1
20		TEA+ TnHA	56	255	4.5	111.6	0.918	34.1	38.2
21		TnHA+ DEAC	54	209	3.8	123.7	0.943	55.3	60.3
22		TEA+ DEAC+ TnHA	48	272	5.6	119.5	0.923	38.4	42.2

^a Polydispersity index, evaluated as M_w/M_n , and determine by GPC analysis; ^b Melting temperature determined by DSC analysis; ^c Copolymer density determined according to the semi-empirical equation: $d = (2195 + \Delta H_m)/2500$; ^d Crystallinity degree determined according to the equation: $(\Delta H_m/\Delta H_m^0) \times 100$, assuming $\Delta H_m^0 = 293$ J/g; ^e Crystallinity degree determined by XRD according to the equation: $W_{c,x} = (I_{110} + 1.42I_{200}) / (I_{110} + 1.42I_{200} + 0.68I_a)$.

2.4.2. X-ray diffraction (XRD) and thermal properties

It is well known that the melting enthalpy (ΔH_m) of an EH copolymer decreases with increasing comonomer content [30]. The insertion of the α -olefin reduces both the degree of crystallinity and the melting temperature of the copolymer. Randall [39] found that for EH copolymer, the density of the sample decreases with increasing the comonomer content. Table 3 shows the melting temperatures of the EH copolymers obtained with different activators. It was very interesting that both melting temperature and enthalpy of melting decreased with TnHA. Figure 5 shows the XRD patterns of EH copolymers and homopolymer (PE) obtained with different activators. It was observed that the copolymers exhibit two crystalline peaks at 2θ degree of 21.1 and 23.58 assigned to 110 and 200 spacing and one amorphous peak at 2θ degree of 19.48. It was evident that the degree of crystallinity decreased with increasing comonomer content. The degrees of crystallinity calculated from both enthalpy and XRD are shown in Table 3. The results are very close to those reported by Mo *et al.* [14] and Quijada [1]. The values from XRD measurement are higher than those obtained from the DSC measurement. This can be attributed to different treatment of polymer samples prior to measurement for each technique. It can be accepted that different activators had no effect on the crystallinity of the polyethylene. However, in the case of EH copolymer, changes in activator can alter the crystallinity of copolymer due to different insertion of 1-hexene, as determined by the ^{13}C -NMR.

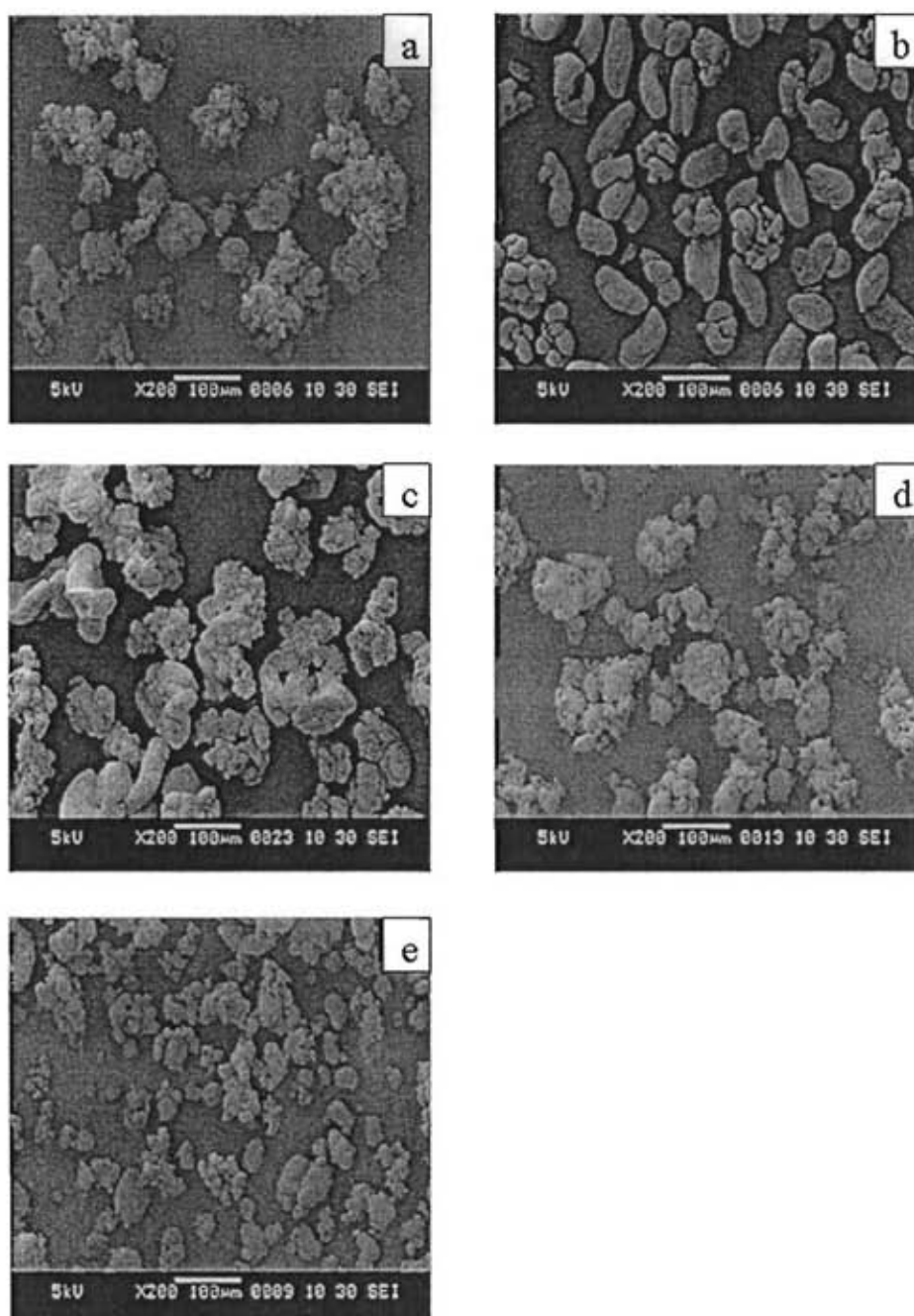
Figure 5. XRD patterns of PE and EH copolymers obtained with various activators.



Different polymerization systems produced different polyethylene particle shapes, as seen by SEM in Figure 6. These results may result from the different reducing powers of the activators. In addition,

alkyl aluminums also participate in the termination of polymer chain growth, *i.e.* act as chain transfer agents, and/or reactivation of dormant sites [40].

Figure 6. SEM micrographs of secondary product particles obtained with different activators; (a) TEA, (b) DEAC, (c) TnHA, (d) TEA+DEAC, (e) TEA+DEAC+TnHA.



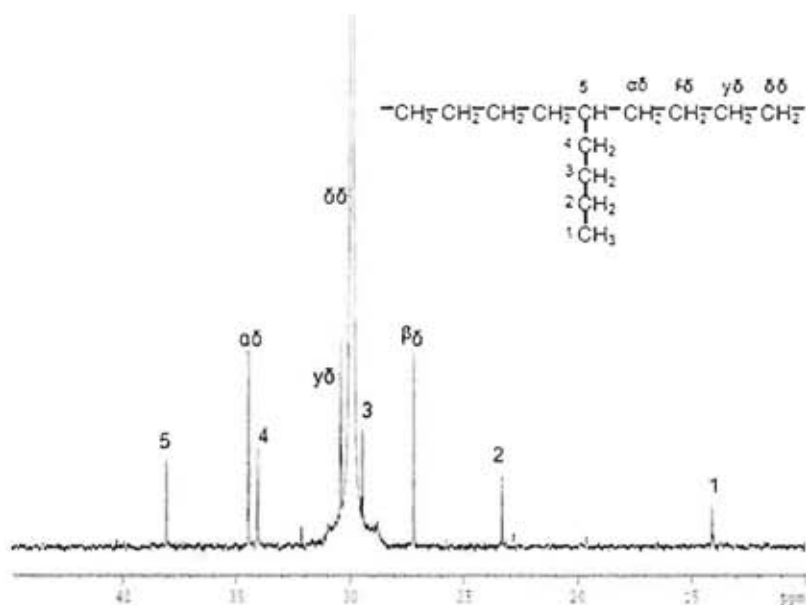
2.4.3. ^{13}C -NMR analysis

The incorporation of 1-hexene in copolymers was determined by ^{13}C -NMR spectroscopy. The chemical dislocations in the copolymers were calculated according to the work of Randall [39]. Table 4 shows 1-hexene incorporation in EH copolymers with different activators in the polymerization system. It was found that copolymers had 1-hexene insertion in the range of 0.49–1.90 mol%, depending on the type of activator used. Apparently, DEAC produced copolymer having the lowest 1-hexene insertion (0.49 mol%). On the contrary, TnHA gave the highest 1-hexene insertion in the copolymer (1.90 mol%). It is worth noting that the alkyl aluminum mixtures such as TEA+DEAC and TnHA+DEAC produced copolymer having 1-hexene insertion values around 0.70 and 0.60 mol%, respectively. Similarly, TEA and TEA+TnHA had a 1-hexene insertion that was very close to that of TEA alone. It should be noted that 1-hexene unit was isolated by ethylene units, and no sequence of double co-monomer units or alternating ethylene/1-hexene units were found, as shown in Figure 7. The same results were also obtained with other activators.

Table 4. Triad distribution based on ^{13}C -NMR for EH copolymer obtained from different activators.

Run	Activator	[HHH]	[EHH]	[EHE]	[EEE]	[HEH]	[HEE]	%E	%H
16	TEA	0.0	0.7	0.6	97.0	0.2	1.2	98.73	1.27
17	DEAC	0.0	0.2	0.3	98.8	0.1	0.6	99.51	0.49
18	TnHA	0.0	1.2	0.7	96.3	0.4	1.4	98.10	1.90
19	TEA+DEAC	0.0	0.2	0.5	98.2	0.1	1.0	99.30	0.70
20	TEA+TnHA	0.0	0.7	0.6	97.2	0.2	1.2	98.74	1.26
21	TnHA+DEAC	0.0	0.2	0.4	98.4	0.2	0.8	99.40	0.60
22	TEA+DEAC+TnHA	0.0	0.4	0.7	97.4	0.1	1.4	98.89	1.11

Figure 7. A typical ^{13}C -NMR spectrum of EH copolymer obtained with TEA.



3. Experimental

3.1. Chemicals

All reactions were performed under purified argon atmospheres using a standard glove box and Schlenk techniques. Polymerization grade ethylene, donated by the PTT Company, was used as received. Triethylaluminum (TEA), tri-*n*-hexylaluminum (TnHA), diethyl aluminum chloride (DEAC), donated by Tosoh Akzo Corp., were stored in a glove box and used without further purification. TiCl₄ (Aldrich), MgCl₂ (anhydrous) was donated by Tosoh Akzo Corp. Silica (specific surface area of 150 m²/g), supplied by Grace Davision, was heated under vacuum at 400 °C for 6 h. Hexane purchased from Aldrich Chemical Company Inc., was purified by passing it through a 13X molecular sieves column. Tetrahydrofuran and 1-hexene were dried over dehydrated CaCl₂ and distilled over sodium/benzophenone under an argon atmosphere prior to use. Ultra high purify (UHP) argon (99.999%) was purchased from Thai Industrial Gas Co., Ltd. and was further purified by passing through 3Å molecular sieves, BASF catalyst R3-11G, NaOH and phosphorus pentoxide (P₂O₅) to remove traces of oxygen and moisture.

3.2. Catalyst preparation

The catalyst was prepared in a 500 mL vessel equipped with temperature control, and a turbine agitator. Anhydrous tetrahydrofuran (150 mL) was added to the vessel. The tetrahydrofuran was heated to 50 °C, and then magnesium metal (0.12 g) was added, followed by titanium tetrachloride (2 mL). The mixture was continuously agitated. The temperature was held at about 70 °C for 3 h. At the end of this time, magnesium dichloride (4.5 g) was added and heating was continued at 70 °C for another 3 h. Then, Grace Davision silica (4.5 g) was added over several minutes and the mixture was stirred for 1 h. This mixture was washed with hexane, and then dried under vacuum. The titanium content in the catalyst is 2.33 wt% (ICP).

3.3. Polymerization reaction

The slurry polymerization was performed in hexane solution (1,000 mL) with various activator mixtures as shown in Table 1 (Al/Ti molar ratio = 100 and 300). First hexane (1,000 mL) was added into the reactor under argon atmosphere. After that, activators and catalyst were introduced into a 2 L stainless steel reactor equipped with a magnetic stirrer, and the reactor was then evacuated to remove the argon. Hydrogen (P_{H₂} = 3.5 bar) was fed into the reactor prior to the introduction of ethylene. The polymerization reaction was initiated by introducing the ethylene (P_{C₂H₄} = 4.5 bar). The total pressure in the reactor was 8 bar. The polymerization reaction was held constant at 80 °C and terminated after 2 h by quenching with dilute hydrochloric acid solution in methanol. The resulting polymer was isolated and dried under vacuum.

The EH copolymerization was performed as follows; the 2 L autoclave was evacuated and purged with argon several times similar to the ethylene polymerization. After hexane (950 mL) was added at 80 °C, the solution of activator such as TEA, DEAC, TnHA and TEA+DEAC+TnHA mixtures, 1-hexene (50 mL) and the catalyst (Al/Ti = 300) were added into reactor sequentially. Then, the 3.5 bar

of hydrogen was fed into the reactor. The ethylene gas was fed into reactor and the total pressure in reactor was raised to 8 bar and held constant by continuous feed. After 2 h, the copolymerization was terminated using the same procedure as mentioned for ethylene polymerization.

3.4. Polymer characterization

A high temperature GPC (PL-GPC220) equipped with a viscometric detector, differential optical refractometer and four Styragel HT type columns (HT3, HT4, HT5, and HT6) with a 1×10^7 exclusion limit for polystyrene was used to determine the molecular weight (M_w) and molecular weight distributions (MWD) of the polymers produced. The analyses were performed at 160 °C using 1,2,4-trichlorobenzene as the solvent. The columns were calibrated with standard narrow MWD polystyrene.

The comonomer contents of the resultant copolymers were determined by ^{13}C -NMR spectroscopy. The measurements were performed at 110 °C on Bruker 400 MHz instrument using 1,2,4-trichlorobenzene as solvent. The thermal behavior of polyethylene and EH copolymers was examined with a Perkin-Elmer Pyris Diamond DSC at standard heating/cooling rate of 10 °C/min, under N_2 flow. The samples were first melted to 180 °C (1st scan) and kept at this temperature for 3 min, then cooled to 50 °C, and again heated up to the melting with the same heating rate (2nd scan). The reported melting temperature values are referred to the second heating scan. The melting temperature (T_m) and the melting enthalpy (ΔH_m) were taken from the second heating curve. Temperatures and heats of phase transitions were determined, respectively, from the maxima and areas of the crystallization and melting peaks. In this context, it was possible to relate ΔH_m (J/g) to the density (d , g/mL) of the copolymer through the following semiempirical equation: $d = (2195 + \Delta H_m)/2500$ [41]. Finally, using standards of known composition, a linear correlation between sample density and its content in terms of 1-hexene co-units was found, at least in the 0.92-0.94 g/mL density range [41]. The degree of crystallinity, X_c of PE and its copolymers was calculated from the ratio between the values of melting enthalpy, ΔH_m (as calculated from the second heating scan) and the heat of fusion of 100% crystalline PE taken as $\Delta H_m = 293$ J/g [42].

X-ray diffraction patterns (XRD) analysis was carried out on a Siemens D-5000 apparatus working at 40 kV and 30 mA and using the Cu K_α radiation ($\lambda = 0.154439$ Å) in the 10° - 40° 2θ range with a scanning step of 0.01° in the reflection geometry. The crystalline degrees of the copolymers were calculated via Eq. (1) developed by Mo and Zhang [14]:

$$W_{c,x} = \frac{I_{110} + 1.42I_{200}}{I_{110} + 1.42I_{200} + 0.68I_\alpha} \quad (1)$$

The morphological observations of polymers were carried out with a JEOL JSM-6400 scanning electron microscope (SEM). Micrographs were taken at a 5-kV acceleration voltage. Before SEM observations, the fracture surfaces of blends were coated with a thin layer of gold to avoid electrical charging and increase contrast during observation.

4. Conclusions

The use of suitable mixed activators such as TEA+DEAC+TnHA, can result in the significant increase in catalytic activity for the bi-supported Ziegler-Natta catalyst for ethylene polymerization and ethylene/1-hexene copolymerization. This can be attributed to the change in reducing power of the mixed activators leading to generation of different active forms of the catalyst or stabilization of the active center in ethylene polymerization. The activator type had an effect on the molecular weight and molecular weight distribution of polyethylene without any significant change in polymer morphology. In the case of copolymerization, there were no relationship among the M_w , MWD and catalytic activity when the mixed activators were employed.

Acknowledgements

The authors thank the Thailand Research Fund (TRF), Office of the Higher Education Commission (CHE), Chulalongkorn University for Royal Golden Jubilee Fund under contract No. CU-CLUSTER-Advanced-4-54-53, and PTT Company for the financial support of this project.

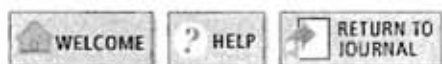
References and Notes

1. Quijada, R.; Guevara, J.L.; Galland, G.B.; Rabagliati, F.M.; Lopez-Majada, J.M. Synthesis and properties coming from the copolymerization of propene with α -olefins using different metallocene catalysts. *Polymer* **2005**, *46*, 1567–1574.
2. Kawahara, N.; Kojoh, S.; Toda, Y.; Mizuno, A.; Kashiwa, N. The detailed analysis of the vinylidene structure of metallocene-catalyzed polypropylene. *Polymer* **2004**, *45*, 355–357.
3. Cruz, V.; Ramos, J.; Muñoz-Escalona, A.; Lafuente, P.; Peña, B.; Martínez, S. 3D-QSAR analysis of metallocene-based catalysts used in ethylene polymerization. *Polymer* **2004**, *45*, 2061–2072.
4. Lee, H.W.; Chung, J.S.; Choi, K.Y. Physical transitions and nascent morphology of syndiotactic polystyrene in slurry polymerization with embedded $Cp^*Ti(OMe)_3$ /methyl aluminoxane catalyst. *Polymer* **2005**, *46*, 5032–5039.
5. Nitta, K.H.; Shin, Y.W.; Hashiguchi, H.; Tanimoto, S.; Terano, T. Morphology and mechanical properties in the binary blends of isotactic polypropylene and novel propylene-co-olefin random copolymers with isotactic propylene sequence I. Ethylene-propylene copolymers. *Polymer* **2005**, *46*, 965–975.
6. Wooster, T.J.; Abrol, S.; Macfarlane, D.R. Cyanate ester polymerization catalysis by layered-silicates. *Polymer* **2004**, *45*, 7845–7852.
7. Chen, S.; Hua, Z.J.; Fang, Z.; Qi, G.R. Copolymerization of carbon dioxide and propylene oxide with highly effective zinc hexacyanocobaltate(III)-based coordination catalyst. *Polymer* **2004**, *45*, 6519–6524.
8. Bazzini, C.; Giarrusso, A.; Porri, L.; Pirozzi, B.; Napolitano, R. Synthesis and characterization of syndiotactic 3,4-polyisoprene prepared with diethylbis(2,2'-bipyridine)iron-MAO. *Polymer* **2004**, *45*, 2871–2875.
9. Liu, J.Y.; Zheng, Y.; Li, Y.S. Polymerization of methyl methacrylate by iron(II) pyridinebisimine complexes. *Polymer* **2004**, *45*, 2297–2301.
10. Gao, M.Z.; Liu, H.T.; Wang, J.; Li, C.X.; Ma, J.; Wei, G.S. Novel $MgCl_2$ -supported catalyst containing diol dibenzoate donor for propylene polymerization. *Polymer* **2004**, *45*, 2175–2180.

11. Kawahara, N.; Kojoh, S.I.; Toda, Y.; Mizuno, A.; Kashiwa, N. The detailed analysis of the vinylidene structure of metallocene-catalyzed polypropylene. *Polymer* **2004**, *45*, 355–357.
12. Lee, T.S.; Kim, J.W.; Bae, J.Y. Palladium-catalyzed selective dehalogenative homocoupling polymerization of AB₂-type dihaloaryl sulfonate monomers. *Polymer* **2004**, *45*, 5065–5076.
13. Galland, G.B.; Quijada, R.; Rojas, R.; Bazan, G.; Zachary Komon, J.A. NMR Study of Branched Polyethylenes Obtained with Combined Fe and Zr Catalysts. *Macromolecules* **2002**, *35*, 339–345.
14. Mo, Z.S.; Zhang, H.F. The degree of crystallinity in polymers by wide-angle x-ray diffraction (WAXD). *Macromol. Chem. Phys.* **1995**, *C35*, 555–580.
15. Madri, S.; Xuejing, Z.; RoBERT, B.J.; JOHN, C.C.; COR, E.K. Effect of 1-Hexene Comonomer on Polyethylene Particle Growth and Copolymer Chemical Composition Distribution. *J. Polym. Sci.: Part A: Polym. Chem.* **2006**, *44*, 2883–2890.
16. Yong, P.C.; Zhi, F. Ethylene/1-hexene copolymerization with TiCl₄/MgCl₂/AlCl₃ catalyst in the presence of hydrogen. *Eur. Polym. J.* **2006**, *42*, 2441–2449.
17. Nooijen, G.A.H. On the importance of diffusion of cocatalyst molecules through heterogeneous ziegler/natta catalysts. *Eur. Polym. J.* **1994**, *30*, 11–15.
18. Lynch, T.D.; Jejelowo, M.O.; Wanke, S.E. The influence of aluminum alkyls on the polymerization of ethylene with silica/magnesium chloride-supported titanium tetrachloride catalysts. *Can. J. Chem. Eng.* **1991**, *69*, 657–664.
19. Siokou, A.; Ntais, S. Towards the preparation of realistic model Ziegler-Natta catalysts: XPS study of the MgCl₂/TiCl₄ interaction with flat SiO₂/Si(1 0 0). *Surf. Sci.* **2003**, *540*, 379–388.
20. Dong, Q.; Fu, Z.; Xu, J.; Fan, Z. Strong influences of cocatalyst on ethylene/propylene copolymerization with a MgCl₂/SiO₂/TiCl₄/diester type Ziegler-Natta catalyst. *Eur. Polym. J.* **2007**, *43*, 3442–3451.
21. Lynch, D.T.; Wanke, S.E. Reactor Design and Operation for Gas-Phase Ethylene Polymerization Using Ziegler-Natta Catalysts. *Can. J. Chem. Eng.* **1991**, *69*, 332–339.
22. Hammawa, H.; Mannan, T.M.; Lynch, D.T.; Wanke, S.E. Effects of aluminum alkyls on ethylene/1-hexene polymerization with supported metallocene/MAO catalysts in the gas phase. *J. Appl. Polym. Sci.* **2004**, *92*, 3549–3560.
23. Fukuda, K.; Liu, B.; Nakatani, H.; Nishiyama, I.; Yamahiro, M.; Terano, M. Significant variation of molecular weight distribution (MWD) of polyethylene induced by different alkyl-Al co-catalysts using a novel surface functionalized SiO₂-supported Ziegler-Natta catalyst. *Catal. Commun.* **2003**, *4*, 657–662.
24. Haward, R.N.; Roper, A.N.; Fletcher, K.L. Highly active catalysts for ethylene polymerization by the reduction of TiCl₄ with organomagnesium compounds. *Polymer* **1973**, *14*, 365–372.
25. Gardner, K.; Parsons, I.W.; Haward, R.N. Polymerization of propene with organomagnesium-reduced titanium (IV) chloride-based catalyst. *J. Polym. Sci.: Polym. Chem.* **1978**, *16*, 1683–1696.
26. Kashiwa, N. Super active catalyst for olefin polymerization. *Polymer* **1980**, *12*, 603–608.
27. Licchelli, J.A.; Haward, R.N.; Parsons, I.W.; Caunt, A.D. Polymerization catalysts for propene from the reduction of titanium tetrachloride with halogen-free magnesium alkyls. *Polymer* **1981**, *22*, 667–672.
28. Machon, J.P.; Hermant, R.; Houzeaux, J.P. Study of the catalytic activity of violet titanium trichloride in the high-temperature polymerization of ethylene. *J. Polym. Sci. Symp. Ser.* **1975**, *52*, 107–117.

29. Munoz, E.A.; Hernandez, J.G.; Gallardo, J.A.; Keii, T.; Soga, K. Design of supported Ziegler-Natta catalysts using silica as carrier. *Stud. Surf. Sci. Catal.* **1986**, *25*, 123-125.
30. Munoz, E.A.; Garcia, H.; Alborno, A. Homo- and copolymerization of ethylene with highly active catalysts based on titanium tetrachloride and Grignard compounds. *J. Appl. Polym. Sci.* **1987**, *34*, 977-988.
31. Zakharov, V.A.; Bukatov, G.D.; Ermakov, Y. The Mechanism of the Catalytic Polymerisation of Olefins Based on the Number of Active Centres and the Rate Constants for Individual Stages. *Russ. Chem. Rev.* **1980**, *49*, 1097-1111.
32. Mori, H.; Ohnishi, K.; Terano, M. Ethene polymerization with modified-polypropene-supported highly stable Ziegler catalyst. *Macromol. Rapid Commun.* **1996**, *17*, 25-29.
33. Zacca, J.J.; Debling, J.A.; Ray, W.H. Reactor residence time distribution effects on the multistage polymerization of olefins - I. Basic principles and illustrative examples, polypropylene. *Chem. Eng. Sci.* **1996**, *51*, 4859-4886.
34. Kim, I.; Chung, M.C.; Choi, H.K.; Kim, J.H.; Woo, S.I. (1990) Homo- and Co-polymerization of Ethylene with the Highly Active $TiCl_4/THF/MgCl_2$ Catalyst. *Catal. Olefin Polym.* **1990**, 323.
35. Kim, I.; Kim, J.H.; Woo, S.I. Kinetic Study of Ethylene Polymerization by Highly Active Silica Supported $TiCl_4$ $MgCl_2$ Catalyst. *J. Appl. Polym. Sci.* **1990**, *39*, 837-854.
36. Hatada, K.; Yuki, H. Alkyl interchange in the mixture of triethyl aluminum and diethylaluminum chloride. *Tetrahedron Lett.* **1967**, *51*, 5227-5231.
37. Calabro, D.C.; Lo, F.Y. A comparison of the reaction kinetics for the homo- and copolymerization of ethylene and hexene with a heterogeneous Ziegler catalyst. In *Transition Metal Catalyzed Polymerizations: Ziegler-Natta and Metathesis Polymerization*; Quirk, R.P., Ed.; Cambridge University Press: New York, NY, USA, 1988; pp. 729-739.
38. Chien, J.C.W.; Nozaki, T. Ethylene-hexene copolymerization by heterogeneous and homogeneous Ziegler-Natta catalysts and the "comonomer" effect. *J. Polym. Sci.* **1993**, *31*, 227-237.
39. Randall, J.C. A review of high-resolution liquid carbon-13 nuclear magnetic resonance characterizations of ethylene-based polymers. *AJMS-REV. Macromol. Chem. Phys.* **1989**, *C29*, 201-317.
40. Zakharov, V.A.; Bukatov, G.D.; Yermakov, Y.I. On the mechanism of olefin polymerization by Ziegler-Natta catalysts. *Adv. Polym. Sci.* **1983**, *51*, 61-100.
41. Carlini, C.; Alessio, A.D.; Giaiacopi, S.; Po, R.; Pracella, M.; Galletti, A.M.R.; Sbrana, G. Linear low-density polyethylenes by co-polymerization of ethylene with 1-hexene in the presence of titanium precursors and organoaluminium co-catalysts. *Polymer.* **2007**, *48*, 1185-1192.
42. Wunderlich, B.; Czornyj, G. A study of equilibrium melting of polyethylene. *Macromolecules* **1977**, *10*, 906-913.

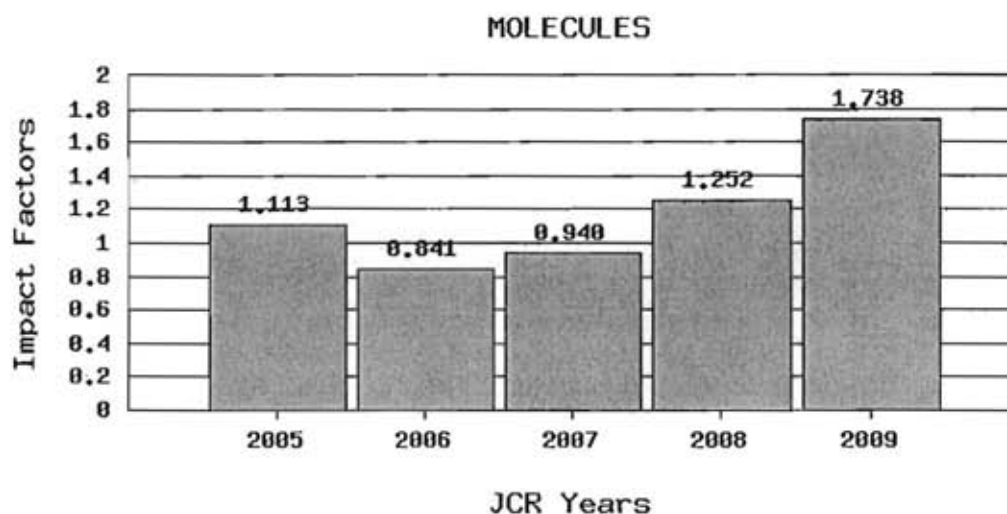
Sample Availability: Samples of the compounds (PEs and LLDPEs) are available from the authors.

ISI Web of KnowledgeSMJournal Citation Reports[®]

2009 JCR Science Edition

Impact Factor Trend Graph: MOLECULES

Click on the "Return to Journal" button to view the full journal information.



*Impact Factor -- see below for calculations

The journal impact factor is a measure of the frequency with which the "average article" in a journal has been cited in a particular year. The impact factor will help you evaluate a journal's relative importance, especially when you compare it to others in the same field. For more bibliometric data and information on this and other journal titles click on the "Return to Journal" button.

NOTE: Title changes and coverage changes may result in no impact factor for one or more years in the above graph.

2009 Impact Factor

Cites in 2009 to articles published in:	2008 = 282	Number of articles published in:	2008 = 238
	2007 = 514		2007 = 220
	Sum: 796		Sum: 458

Calculation: $\frac{\text{Cites to recent articles}}{\text{Number of recent articles}} = \frac{796}{458} = 1.738$

2008 Impact Factor

Cites in 2008 to articles published in:	2007 = 268	Number of articles published in:	2007 = 220
	2006 = 139		2006 = 105
	Sum: 407		Sum: 325

Calculation: $\frac{\text{Cites to recent articles}}{\text{Number of recent articles}} = \frac{407}{325} = 1.252$

2007 Impact Factor

hydrogenation ของ olefin ที่ปนอยู่ใน CO₂ ในกระบวนการผลิต CO₂

จ. บริษัทศักดิ์ชัยสิทธิ จำกัด

ให้คำปรึกษาการทำงานของตัวเร่ง ปฏิกิริยาที่ใช้ในการกำจัดสารประกอบ S ที่มีอยู่ใน condensate

ฉ. สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

ให้คำปรึกษาทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวดูดซับความชื้นและตัวดูดซับปรอท

12. การสร้างเครือข่ายวิจัยทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยา ระหว่างสถาบันการศึกษาและเอกชน
 - โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนวิจัย (สกว.) โดยทุนเมธีวิจัยอาวุโส
 - โครงการนี้มีจุดประสงค์หลัก เพื่อผลิตนักวิจัย และองค์ความรู้ใหม่ทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยาในประเทศ
 - สถาบันการศึกษาที่เข้าร่วม โครงการ ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ และสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
 - เอกชนและหน่วยงานของรัฐ ได้แก่ สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย และบริษัทบางกอกโพลีเอททีลีน จำกัด (มหาชน)
13. จัดทำหลักสูตรเพื่อผลิตนักวิจัยให้แก่อุตสาหกรรม
 - โครงการนี้ได้เริ่มดำเนินการเมื่อครั้งดำรงตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมีโดยอาศัยหลักสูตรปริญญาโท แต่สอนนอกเวลาราชการ โดยผู้เรียนต้องเป็นวิศวกร หรือ นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานอยู่ในอุตสาหกรรม โดยนำปัญหาของโรงงานมาทำวิจัย ส่งผลให้อุตสาหกรรมได้ประโยชน์โดยตรงจากผลงานวิจัยของนิสิต นอกจากนี้ยังเป็นการฝึกวิจัยให้แก่บุคลากรของบริษัทอีกด้วย
14. มีประสบการณ์บริหาร โครงการวิจัยขนาดใหญ่ร่วมกับอุตสาหกรรม โดยใช้รูปแบบใหม่ คือ การวิจัยจะทำภายในมหาวิทยาลัย โดยบริษัทจะเป็นผู้ลงทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมด รวมถึงครุภัณฑ์ วัสดุ และทุนของนิสิต เป็นต้น นอกจากนี้บริษัทยังส่งนักวิจัย เข้าร่วมทำวิจัยกับนิสิตระดับปริญญาโท และปริญญาเอก โดยมีคณาจารย์ เป็นผู้ให้คำปรึกษา แนวคิดคือ เป็นการประสานความรู้กันระหว่าง นิสิตปริญญาโท และนิสิตปริญญาเอก กับนักวิจัยของบริษัท โดยนิสิตจะเป็นผู้สร้างฐานความรู้ใหม่พื้นฐาน ขณะที่นักวิจัย จะนำความรู้ที่ค้นพบดังกล่าว ไปต่อยอดประยุกต์ใช้งานกับผลิตภัณฑ์ของบริษัท ขณะนี้มีบริษัทเข้าร่วม โครงการนี้แล้ว 2 บริษัท คือ
 - 1) บริษัท Mektec Manufacturing Cooperation (Thailand)Ltd. ได้ลงทุนทำวิจัยเป็นระยะเวลาประมาณ 8 ปี โดยใช้งบทั้งสิ้นประมาณ 280 ล้านบาท เพื่อทำวิจัยและพัฒนาแผงวงจรไฟฟ้าที่ยืดหยุ่นได้โดยใช้ความถี่ด้านนาโนเทคโนโลยี
 - 2) บริษัท เอส ซี จี เคมีคอล จำกัด ได้ลงทุนทำวิจัยเกี่ยวกับตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นเวลา 3 ปี ในวงเงิน ประมาณ 39 ล้านบาท

		มลพิษทางอากาศ	
สำนักงานคณะกรรมการ สภาวิจัยแห่งชาติ	2542-2544	โครงการวิจัยและพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยา เมทัลโลซีนสำหรับปฏิกิริยาการเตรียมพอลิโอฟีน	หัวหน้าโครงการ
สำนักงานกองทุนวิจัย (สกว.)	2544-2547	โครงการวิจัยการศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาและ เครื่องปฏิกรณ์เคมีสำหรับใช้ใน อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและบำบัดแก๊สเสีย	หัวหน้าโครงการ
สำนักงานคณะกรรมการ อุดมศึกษา	2546-2547	โครงการเพิ่มขีดความสามารถในการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนาดนาโนเมตร	หัวหน้าโครงการ
สำนักงานคณะกรรมการ อุดมศึกษา	2547-2548	โครงการเครือข่ายความเชี่ยวชาญด้านนา โนวัสดุและนาโนเซ็นเซอร์	หัวหน้าโครงการ
สำนักงานกองทุนวิจัย (สกว.)	2547-2550	โครงการวิจัยการประยุกต์ใช้ตัวเร่ง ปฏิกิริยาและเครื่องปฏิกรณ์เคมีสำหรับ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	หัวหน้าโครงการ
Mektec Manufacturing	2547-2554	โครงการวิจัยร่วมกับ Mektec	หัวหน้าโครงการ
บริษัท เอส ซี จี เคมีคอล จำกัด	2550- ปัจจุบัน	โครงการวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยี ปิโตรเคมี	หัวหน้าโครงการ

3. ประสิทธิภาพ

- 2529 : ที่ปรึกษาทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยาของ บริษัทไทยโพลีเอททิลีน จำกัด
- 2537-2538 : ที่ปรึกษาทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยาของ บริษัทปิโตรเคมีแห่งชาติ จำกัด(มหาชน)
- 2539-2540 : ทำโครงการให้กรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง “ การนำกรดกลับมาใช้ใหม่ในโรงงานรีด
เส้นของเส้นลวด”
- 2540-2541 : ทำโครงการศูนย์การจัดการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการรีดเส้น ให้แก่กรมโรงงาน
อุตสาหกรรม
- 2541-2542 : เป็นผู้ตรวจสอบสิ่งแวดล้อม ที่โรงงานบำบัดมลพิษ (แสมดำ) ให้แก่กรมโรง
งานอุตสาหกรรม
- 2541 ได้รับรางวัลทุนวิจัยเมธีวิจัยอาวุโส ครั้งที่ 1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- 2542-2543 : ที่ปรึกษาทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยาให้แก่สถาบันวิจัยของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

เพื่อผลิตโอเลฟินส์” วิศวกรรมสาร เล่มที่ 6, 2530, หน้า 55-59

6. อูรา ปานเจริญ, ปิยะสาร ประเสริฐธรรม และสุชาติ ไตรบำรุงสุข, “การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการเปลี่ยนสารเมทานอลเป็นสารโอเลฟินโมเลกุลต่ำโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาอะนาโคซิลิเกต”, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ 2530, หน้า 76-83
7. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม, “การศึกษากระบวนการสังเคราะห์ฟีสเซอร์-โพรป”, วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 2531, หน้า 50-56
8. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม, ประเทืองศรี สิ้นชัยศรี และชาติ ใจหาญ, “การสังเคราะห์แก๊สโซลีนจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์”, วิศวกรรมศาสตร์, 2531, หน้า 39-47
9. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม และชัยทวี โคจิรกุล, “การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหอดูดซึมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แบบแพคโดยใช้สารละลายโมโนเอทานอลามีน”, วิศวกรรมสาร มก., เล่มที่ 7, 2532, หน้า 74-95
10. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม และชัยทวี โคจิรกุล, “การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหอดูดซึมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แบบแพคโดยใช้สารละลายโมโนเอทานอลามีน”, วิศวกรรมสาร มก., เล่มที่ 7, 2532, หน้า 74-95
11. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม และพงษ์กฤษณะ สุชะวัลย์, “การเตรียมอีเทอร์จากเอทิลแอลกอฮอล์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์”, วิศวกรรมศาสตร์ ฉบับที่ 1, 2532, หน้า 54-62
12. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม, พงษ์กฤษณะ สุชะวัลย์ และเทียนชัย พงษ์รังสี, “ดีไฮเดรชันของเอทิลแอลกอฮอล์เป็นอีเทอร์บนตัวเร่งปฏิกิริยาซินติซีโอไลต์”, วารสารวิจัยและพัฒนา สจข. ฉบับที่ 1, 2532, หน้า 1-15
13. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม, อูรา ปานเจริญ และกอบกุล หล่อทองคำ, “การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของปฏิกิริยาเคมีระหว่างไฮโดรเจนและออกซิเจน”, วิศวกรรมศาสตร์, 2531, หน้า 48-58

5.2 รายชื่อผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เป็นภาษาต่างประเทศ

1. N. Mongkolsiri and P. Prasertdam, Comparative Performance between Cu/Na-ZSM-5 and Cu/H-ZSM-5 in NO Abatement, Journal of Metals, Materials and minerals, Vol 8, NO.1 (1998). pp. 41-55.
2. W. Tanakulrungsank, P. Prasertdam and P. Chalemvanapong, “Mechanism of Diesel Exhaust Gas Abatement by Synthetic Zeolite ZSM-5”, Journal of Metals, Materials and minerals, Vol 7, No.2 (1998). pp.32-38.

1.9. A.E. Sanchez del Campo, A.G. Gayubo, A.T. Aguayo, A. Tarrío, J. Bilbao. "Acidity, surface species, and mechanism of methanol transformation into olefins on a SAPO-34", Ind. Eng. Chem. Res. 37(1998) 2336

2. P. Praserttham, U. Pranchareon and J. Tscheikuna. "A study of coke deposits on reforming catalysts". Reports of the Asahi Glass Foundation. 61 (1992). pp. 313- 319.

ได้รับการอ้างอิงโดย

2.1. M. Larsson, M.Hulten, E.A. Blekkan, and B. Anderson. "The effect of reaction conditions and time on stream on the coke formed during propane dehydrogenation". Journal of Catalysis. 64 (1996). pp. 44-53.

2.2. M. Larsson, N.Henriksson and B. Anderson. "Estimation of reversible and irreversible coke by transient experiments". Studies in surface science and catalyst. 111(1997). p p. 673-680.

3. P. Praserttham and T. Majitnapakul, "Effect of platinum on supported copper catalysts for carbon monoxide removal", Applied Catalysis, 108(1994) 21.

ได้รับการอ้างอิงโดย

3.1. W.P. Ping Dow and Ta-Jen Huang. "Yttria-stabilized zirconia supported copper oxide catalyst". Journal of Catalysis. 160 (1996). pp. 171-182.

3.2. R.E.R. Colen, M. Kolodziejczyk, B. Delmon and J.H. Block", Kinetic study of CO oxidation on copper modified Pt (111)", Surf. Sci 413(1998) 447

3.3. DL. Trimm, ZI Onzan, "Onboard fuel conversion for hydrogen-fuel-cell-driven vehicles", Catal. Rev. 43 (2001) 31.

4. S.Srihiranpullo, P. Praserttham , T. Mongkhonsi. "Deactivation of the metal and acidic functions for Pt, Pt-Sn and Pt-Sn-K using physically mixed catalysts". Korean J. Chem. Eng. 17 (2000). pp. 548-552.

ได้รับการอ้างอิงโดย

4.1. SM. Jeong, YC Byun, JH Chae, and WH. Lee. "Coke formation on the surface of alpha-AhO₃ in the catalytic pyrolysis of naphta". Korean J. Chem. Eng. 18(2001). pp. 842-847.

5. S. Phatanasri, P. Praserttham and T. Punsupsawat, "Influence of Fe or Zn loading method over MFI-type zeolite catalysts on toluene methylation over MFI-type zeolite catalysts", Korean J. Chem.Eng. 17 (2000) 414.

3. P. Bhumiwat and P. Prasertthdam, "Rate of reaction of the fischer-tropch synthesis in the slurry phase on a potassium-promoted iron catalyst", The Regional Symposium on Petrochemical Technology 1987, Bangkok, 14-17 December 1987.
4. S. Tribumrungsuk, U. Panchareon and P. Prasertthdam, "Kinetics of methanol conversion to gasoline via vanadosilicate catalyst", The Regional Symposium on Petrochemical Technology 1987, Bangkok, 14-17 December 1987.
5. S. Kunatippapong, C. Phichitkul and P. Prasertthdam, "Preparation of nickel catalyst use in steam reforming process", The Regional Symposium on Petrochemical Technology 1987, Bangkok, 14-17 December 1987.
6. W. Tanakulrungsank, C. Phichitkul and P. Prasertthdam, "Hydrogenation of rubber Seed Oil", The Regional Symposium on Petrochemical Technology 1987, Bangkok, 14-17 December 1987.
7. P. Prasertthdam et al., "Preparation of nickel catalyst used in steam reforming process.", The Regional Symposium on Petrochemical Technology 1987, Bangkok, 14-17 December 1987.
8. P. Prasertthdam, B. Vangmaneerat and S. Daopiset, "Hydrogenation of methyl ricinoleate", 5th APCCHE Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 23-25 July 1990.
9. P. Prasertthdam, P. Sukawall, and T. Phukrungsri, "Dehydration of ethylalcohol to ether by using zeolite type catalysts", The 1st Thai National Chemical Engineering Conference, Siam Intercontinental Hotel, Bangkok, 17-19 December 1990.
10. T. Inui, J. Duangduen, P. Prasertthdam, and S. Srivarahakul, "The effect of palladium on activity and selectivity of nickel catalyst in hydrogenation of castor Oil", The 1st Thai National Chemical Engineering Conference, Siam Intercontinental Hotel, Bangkok, 17-19 December 1990.
11. P. Prasertthdam and M. Petchsrivdom, "Effect of Preparation on copper catalysts", Regional Symposium on Petrochemical and Environmental Technology 1993, Bangkok, Thailand, 18-20 January 1993.
12. P. Prasertthdam and M. Phadoongsitthi, "Performance of bimetallic catalysts and their effects on coke formation in dehydrogenation of propane", Regional Symposium on Petrochemical and Environmental Technology 1993, Bangkok, Thailand, 18-20 January 1993.
13. P. Prasertthdam and S. Prapaitrakool, "The effect of zeolite type catalysts in the alkylation reaction between benzene and ethylene", Regional Symposium on Petrochemical and

24. T. Mongkhonsi, H. Thammanonkul, and P. Prasertthdam, "Oxidative dehydrogenation of propane on V-Mg-O Catalysts", The 6th Thai National Chemical Engineering conference, Kasetsart University, 24-25 October 1996
25. P. Prasertthdam, T. Mongkhonsi, S. Kunatippapong, B. Jaikaew, N. Lim, W. Yuangsawatdikul, "Detemination of high temperature coke deposition on metal active sites of propane dehydrogenation catalysts", Regional Symposium on Chemical Engineering, Johor, Malaysia, 13-15 October, 1997.
26. P.L. Silveston, N. Mongkolsiri, P. Prasertthdam, "Adsorption study on Cu/ZSM-5 of NO reduction by hydrocarbon using transient technique", Regional Symposium on Chemical Engineering, Johor, Malaysia, 13-15 October, 1997.
27. D. Saowapak, T. Mongkhonsi, P. Prasertthdam, "Characterisation of carbonaceous compounds deposit on propane dehydrogenation catalyst using FT-IR", Regional Symposium on Chemical Engineering, Johor, Malaysia, 13-15 October, 1997.
28. T. Dangswai, P. Prasertthdam, T. Monkhonsi, "Comparative coke Depositions on Pt/ γ -Al₂O₃ and Cu/Na-ZSM-5 catalysts on oxidation reaction", Regional Symposium on Chemical Engineering, Johor, Malaysia, 13-15 October, 1997.
29. P. Prasertthdam, S. Thongyai and T. Paprutlakoon, "Ethylene polymerization using new modified methylaluminoxane-metallocene catalysts" The 7th Thai National Chemical Engineering Conference, Chiangmai University, 23-25 October 1997.
30. สุทธิชัย อัสสะบำรุงรัตน์, ปิยะสาร ประเสริฐธรรม, ชราธร มงคลศรี และ ณรงค์ แซ่ลิ้ม, "บทบาทของ Sn และโลหะแอลคาไลต่อการกำจัดโค้กบนไซท์โลหะที่ว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยาดีไฮโดรจีเนชันของโพรเพน", The 7th Thai National Chemical Engineering Conference, Chiangmai University, 23-25 October 1997.
31. O. Kanokrattana, T. Mongkhonsi and P. Prasertthdam, "Oxidative dehydrogenation of propane on V-Mg-O catalyst : Effect of pretreatment gas, The 7th Thai National Chemical Engineering Conference, Chiangmai University, 23-25 October 1997.
32. T. Mongkhonsi, S. Teratrakoonwichaya, P. Prasertthdam, P. Sintarako and N. Kanongchaiyot, "Deactivation of V₂O₅/TiO₂ catalyst by SO₂ during the selective catalytic reduction of NO by NH₃", The 7th Thai National Chemical Engineering Conference, Chiangmai University, 23-25

- MFI-type zeolite catalysts on toluene methylation”, 8th APCCHE Congress, Seoul, Korea, 16-19 August 1999.
42. S. Phatanasri, P. Praserthdam, and A. Sripusitto, “Aromatization of light paraffins over metal-containing MFI-type catalysts” 8th APCCHE Congress, Seoul, Korea, 16-19 August 1999.
 43. P. Praserthdam and K. Sutthitavil, “Synergistic effect in catalytic hydrogenation on modified supported nickel catalyst by platinum”, Regional Symposium on Chemical Engineering 1999, Songkla, Thailand, 22-24 November, 1999.
 44. S. Goto, S. Assabumrungrat, T. Tagawa and P. Praserthdam, “The effect of direction of hydrogen permeation on the rate through a composite palladium membrane”, Regional Symposium on Chemical Engineering 1999, Songkla, Thailand, 22-24 November, 1999.
 45. R. Leklertsunthorn, P. Pimanmas, T. Mongkhonsi and P. Praserthdam, “Oxidation of C₃H₈, C₃H₆ and CO over V-Mg-O/TiO₂ catalyst”, Regional Symposium on Chemical Engineering 1999, Songkla, Thailand, 22-24 November, 1999.
 46. W. Youngwanishasate, S. Kitikerdkulchai, T. Mongkhonsi and P. Praserthdam, “Oxidation of C₃H₈, C₃H₆ and CO over Co-Mg-O catalyst”, Regional Symposium on Chemical Engineering 1999, Songkla, Thailand, 22-24 November, 1999.
 47. P. Praserthdam, S. Phatanasri, J. Rungsimanop, and P. Kanchanawanichkun “Effect of Pd on the stability improvement of Cu/H-MFI for NO removal under hydrothermal pretreatment conditions” Regional Symposium on Chemical Engineering 2001, Bandung, Indonesia 29-31 October, 2001
 48. Piyasan Praserthda, Masashi Inoue, Okorn Mekasuvandumrong, Waraporn Thanakulrangsarn, Suphot Phatanasri “Effect of organic solvents on the thermal stability of porous silica-modified alumina powders prepared via one pot solvothermal synthesis” Material Congress 2002 ประเทศไทย อังกรฤๅม วันที่ 8-14 April 2002
 49. P. Praserthdam, S. Phatanasri, J. Rungsimanop, and P. Kanchanawanichkun “Effect of Pd on the stability improvement of Cu/H-MFI for NO removal under hydrothermal pretreatment conditions” Regional Symposium on Chemical Engineering 2001, Bandung, Indonesia 29-31 October, 2001
 50. Piyasan Praserthdam, Masashi Inoue, Okorn Mekasuvandumrong, Waraporn Thanakulrangsarn,

8. Prasertthdam, P., Chaisuk, C., Kanchanawanichkun, P., "Comparative study of coke deposition on catalysts in reactions with and without oxygen"., (1998) *Research on Chemical Intermediates*, 24 (5), Pages 605-612. (Impact factor 2006= 0.555)
9. D. Tapanee, P. Prasertthdam and T. Inui., "Enhancement of activity for NO removal of MFI-Type H-Co-Silicate by high-temperature pretreatment"., *Catalysis Letters*. 61(1999). Pp. 77-82. (Impact factor 2006=1.772)
10. Prasertthdam, P., Phatanasri, S., Meksikarin, J., "Activation of acetylene selective hydrogenation catalysts using oxygen containing compounds".,(2000) *Catalysis Today*, 63 (2-4), Pages 209-213. (Impact factor 2006=2.148)
11. Prasertthdam, P., Phatanasri, S., Meksikarin, J., "Activation of Pd-Ag catalyst for selective hydrogenation of acetylene via nitrous oxide addition"., (2000) *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 70 (1), Pages 125-131. (Impact factor 2006=0.514)
12. Phatanasri, S., Prasertthdam, P., Kularbkeaw, S., Panichsarn, S., "Isomerization of n-hexane over platinum ion-exchanged zeolite Beta"., (2000) *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 71 (2), Pages 281-287. (Impact factor 2006=0.514)
- Mongkhonsi, T., Pimanmas, P., Prasertthdam, P., "Selective oxidation of ethanol and 1-propanol over V-Mg-O/TiO₂ catalyst"., (2000) *Chemistry Letters*, (8), Pages 968-969. (Impact factor 2005=1.734)
13. Srihiranpullo, S., Prasertthdam, P., Mongkhonsi, T., "Deactivation of the Metal and Acidic Functions for Pt, Pt-Sn and Pt-Sn-K Using Physically Mixed Catalysts"., (2000) *Korean Journal of Chemical Engineering*, 17 (5), Pages 548-552. (Impact factor 2006=0.808)
14. Iwamoto, S., Tanakulrungsank, W., Inoue, M., Kagawa, K., Prasertthdam, P., "Synthesis of large-surface area silica-modified titania ultrafine particles by the glycothermal method"., (2000) *Journal of Materials Science Letters*, 19 (16), Pages 1439-1443. (Impact factor 2006=1.281)
15. Goto, S., Assabumrungrat, S., Tagawa, T., Prasertthdam, P., "The effect of direction of hydrogen permeation on the rate through a composite palladium membrane"., (2000) *Journal of Membrane Science*, 175 (1), Pages 19-24. (Impact factor 2006=3.442)
16. Phatanasri, S., Prasertthdam, P., Punsupsawat, T., "Influence of Fe or Zn Loading Method on Toluene Methylation over MFI-Type Zeolite Catalysts"., (2000) *Korean Journal of Chemical Engineering*, 17 (4), Pages 414-419. (Impact factor 2006= 0.808)

27. 32 (2), Pages 183-186. (Impact factor 2006=0.974)
28. Srihiranpullop, S., Prasertthdam, P., Mongkhonsi, T., "Cooperative effect of platinum and alumina on catalyst deactivation for dehydrogenation reaction", (2001) *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 72 (1-2), Pages 125-131. (Impact factor 2006=0.514)
29. Kongwudthiti, S., Prasertthdam, P., Inoue, M., Tanakulrungsank, W., "Synthesis of large-surface area silica-modified zirconia by the glycothermal method", (2002) *Journal of Materials Science Letters*, 21(18), Pages 1461-1464. (Impact factor 2006=1.281)
30. Pramottana, M., Prasertthdam, P., Ngamsom, B., "Copper chromite catalyst for the selective hydrogenation of furfural to furfuryl alcohol", (2002) *Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers*, 33 (5), Pages 477-481. (Impact factor 2006=0.974)
31. Chao, C., Prachayawutthirat, W., Prasertthdam, P., Shiono, T., Rempel, G.L., "Copolymerization of ethylene and propylene using silicon tetrachloride-modified silica/MAO with Et[Ind]₂ZrCl₂ metallocene catalyst", (2002) *Macromolecular Rapid Communications*, 23 (12), Pages 672-675. (Impact factor 2006=3.164)
32. Prasertthdam, P., Kanchanawanichkun, P., "Effect of Pd on the durability improvement of Co/HZSM-5 for NO removal under hydrothermal pretreatment", (2002) *Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers*, 33 (4), Pages 423-428. (Impact factor 2006=0.974)
33. Mongkhonsi, T., Chaiyasit, N., Prasertthdam, P., "Selective oxidation of 1-propanol and 2-propanol over supported Co-Mg-O catalysts", (2002) *Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers*, 33 (4), Pages 365-372. (Impact factor 2006=0.974)
34. Kiatkittipong, W., Assabumrungrat, S., Prasertthdam, P., Goto, S., "A pervaporation membrane reactor for liquid phase synthesis of ethyl tert-butyl ether from tert-butyl alcohol and ethanol", (2002) *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 35 (6), Pages 547-556. (Impact factor 2006=0.594)
35. Prasertthdam, P., Mongkolsiri, N., Kanchanawanichkun, P., "Effect of crystal size on the durability of Co/HZSM-5 in selective catalytic reduction of NO by methane", (2002) *Catalysis Communications*, 3 (5), Pages 191-197. (Impact factor 2006 = 1.878)
36. Assabumrungrat, S., Kiatkittipong, W., Sevitoon, N., Prasertthdam, P., Goto, S., "Kinetics of liquid phase synthesis of ethyl tert-butyl ether from tert-butyl alcohol and ethanol catalyzed by β -zeolite

45. Assabumrungrat, S., Phongpatthanapanich, J., Prasertthdam, P., Tagawa, T., Goto, S., "Theoretical study on the synthesis of methyl acetate from methanol and acetic acid in pervaporation membrane reactors: Effect of continuous-flow modes"., (2003) *Chemical Engineering Journal*, 95 (1), Pages 57-65. (Impact factor 2006=1.594)
46. Kumkaew, P., Wu, L., Prasertthdam, P., Wanke, S.E., "Rates and product properties of polyethylene produced by copolymerization of 1-hexene and ethylene in the gas phase with (n-BuCp)₂ZrCl₂ on supports with different pore sizes"., (2003) *Polymer*, 44 (17), Pages 4791-4803. (Impact factor 2006=2.773)
47. Goto, S., Tagawa, T., Assabumrungrat, S., Prasertthdam, P., "Simulation of membrane microreactor for fuel cell with methane feed"., (2003) *Catalysis Today*, 82 (1-4), Pages 223-232. (Impact factor 2006=2.148)
48. Mekasuwandumrong, O., Silveston, P.L., Prasertthdam, P., Inoue, M., Pavarajarn, V., Tanakulrungsank, W., "Synthesis of thermally stable micro spherical χ -alumina by thermal decomposition of aluminum isopropoxide in mineral oil"., (2003) *Inorganic Chemistry Communication*, 6 (7), Pages 930-934. (Impact factor 2005=1.826)
49. Isarangura Na Ayuthaya, S., Mongkolsiri, N., Prasertthdam, P., Silveston, P.L., "Carbon deposits effects on the selective catalytic reduction of NO over zeolites using temperature programmed oxidation technique"., (2003) *Applied Catalysis B: Environmental*, 43 (1), Pages 1-12. (Impact factor 2006= 3.942)
50. Tagawa, T., Kuroyanagi, K., Goto, S., Assabumrungrat, S., Prasertthdam, P., "Selective oxidation of methane in an SOFC-type reactor: Effect of applied potential"., (2003) *Chemical Engineering Journal*, 93 (1), Pages 3-9. (Impact factor 2006=1.594)
51. Kongwudthiti, S., Prasertthdam, P., Tanakulrungsank, W., Inoue, M., "The influence of Si-O-Zr bonds on the crystal-growth inhibition of zirconia prepared by the glycothermal method"., (2003) *Journal of Materials Processing Technology*, 136 (1-3), Pages 186-189. (Impact factor 2006=0.615)
52. Assabumrungrat, S., Kiatkittipong, W., Prasertthdam, P., Goto, S., "Simulation of pervaporation membrane reactors for liquid phase synthesis of ethyl tert-butyl ether from tert-butyl alcohol and ethanol"., (2003) *Catalysis Today*, 79-80, Pages 249-257. (Impact factor 2006=2.148)
53. Kachasakul, P., Assabumrungrat, S., Prasertthdam, P., Pancharoen, U., "Extractive reaction for epoxidation of cyclohexene to cyclohexene oxide using dioxirane in ketone/oxone® system"., (2003) *Chemical Engineering Journal*, 92 (1-3), Pages 131-139. (Impact factor 2006=1.594)

63. Assabumrungrat, S., Wongwattanasate, D., Pavarajarn, V., Prasertthdam, P., Arpornwichanop, A., Goto, S., "Production of ethyl tert-butyl ether from tert-butyl alcohol and ethanol catalyzed by β -zeolite in reactive distillation", (2004) Korean Journal of Chemical Engineering, 21 (6), Pages 1139-1146(Impact factor 2006= 0.808)
64. Prasertthdam, P., Isarangura Na Ayutthaya, S., "Roles of NO and O₂ on coke deposition and removal over Cu-ZSM-5", (2004) Catalysis Today, 97 (2-3 SPEC. ISS.), Pages 137-143. (Impact factor 2006=2.148)
65. Kiattisirikul, N., Chaisuk, C., Prasertthdam, P., "Nature of the surface species on Ag/Al₂O₃ catalyst in SCR of NO by propene under lean-burn condition through temperature programmed technique", (2004) Catalysis Today, 97 (2-3 SPEC. ISS.), Pages 129-135. Cited 1 time. (Impact factor 2006=2.148)
66. Panpranot, J., Pattamakomsan, K., Goodwin Jr., J.G., Prasertthdam, P., "A comparative study of Pd/SiO₂ and Pd/MCM-41 catalysts in liquid-phase hydrogenation", (2004) Catalysis Communications, 5 (10), Pages 583-590. . (Impact factor 2006 = 1.878)
67. Srihiranpullop, S., Prasertthdam, P., "A new approach of coke characterization on metal and support for Pt/Al₂O₃ by combination of Al₂O₃ and Pt/SiO₂", (2004) Catalysis Today, 93-95, Pages 723-727. (Impact factor 2006=2.148)
68. Panpranot, J., Pattamakomsan, K., Prasertthdam, P., Goodwin Jr., J.G., "Impact of the silica support structure on liquid-phase hydrogenation on Pd catalysts", (2004) Industrial and Engineering Chemistry Research, 43 (19), Pages 6014-6020. (Impact factor 2006= 1.518)
69. Lamb, R.N., Ngamsom, B., Trimm, D.L., Gong, B., Silveston, P.L., Prasertthdam, P., "Surface characterisation of Pd-Ag/Al₂O₃ catalysts for acetylene hydrogenation using an improved XPS procedure", (2004) Applied Catalysis A: General, 268 (1-2), Pages 43-50. (Impact factor 2006 = 2.630)
70. Mekasuwandumrong, O., Kominami, H., Prasertthdam, P., Inoue, M., "Synthesis of thermally stable χ -alumina by thermal decomposition of aluminum isopropoxide in toluene", (2004) Journal of the American Ceramic Society, 87 (8), Pages 1543-1549. (Impact factor 2006 = 1.396)
71. Jongsomjit, B., Prasertthdam, P., Kaewkrajang, P., "A comparative study on supporting effect during copolymerization of ethylene/1-olefins with silica-supported zirconocene/MAO catalyst", (2004) Materials Chemistry and Physics, 86 (2-3), Pages 243-246. (Impact factor 2006 = 1.657)

81. Panpranot, J., Taochaiyaphum, N., Prasertthdam, P., "Effect of Si addition on the properties of nanocrystalline ZrO₂-supported cobalt catalysts", (2005) *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 87 (1), Pages 185-190. (Impact factor 2006=0.514)
82. Jongsomjit, B., Phoowakeereewiwat, S., Thongyai, S., Shiono, T., Prasertthdam, P., "Impact of diene addition on properties for ethylene-propylene copolymerization with rac Et[Ind] 2ZrCl₂/MAO catalyst", (2005) *Materials Letters*, 59 (28), Pages 3771-3774. (Impact factor 2006= 1.353)
83. Jongsomjit, B., Ngamposri, S., Prasertthdam, P., "Application of silica/titania mixed oxide-supported zirconocene catalyst for synthesis of linear low-density polyethylene", (2005) *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 44 (24), Pages 9059-9063. (Impact factor 2006= 1.518)
84. Kiatkittipong, W., Goto, S., Tagawa, T., Assabumrungrat, S., Prasertthdam, P., "Simulation of oxidative coupling of methane in solid oxide fuel cell type reactor for C₂ hydrocarbon and electricity Co-generation", (2005) *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 38 (10), Pages 841-848. (Impact factor 2006=0.594)
85. Jongsomjit, B., Wongsalee, T., Prasertthdam, P., "Characteristics and catalytic properties of Co/TiO₂ for various rutile: Anatase ratios", (2005) *Catalysis Communications*, 6 (11), Pages 705-710. (Impact factor 2006 = 1.878)
86. Panpranot, J., Toophorm, U., Prasertthdam, P., "Effect of particle size on the hydrothermal stability and catalytic activity of polycrystalline beta zeolite", (2005) *Journal of Porous Materials*, 12 (4), Pages 293-299. (Impact factor 2006 = 0.742)
87. Panpranot, J., Tangjitwattakorn, O., Prasertthdam, P., Goodwin Jr., J.G., "Effects of Pd precursors on the catalytic activity and deactivation of silica-supported Pd catalysts in liquid phase hydrogenation", (2005) *Applied Catalysis A: General*, 292 (1-2), Pages 322-327. (Impact factor 2006 = 2.630)
88. Assabumrungrat, S., Sangtongkitcharoen, W., Laosiripojana, N., Arpornwichanop, A., Charojrochkul, S., Prasertthdam, P., "Effects of electrolyte type and flow pattern on performance of methanol-fuelled solid oxide fuel cells", (2005) *Journal of Power Sources*, 148 (1-2), Pages 18-23. (Impact factor 2006 = 3.521)
89. Soisuwan, P., Chambers, D.C., Trimm, D.L., Mekasuwandumrong, O., Panpranot, J., Prasertthdam, P., "Characteristics and catalytic properties of alumina-zirconia mixed oxides prepared by a modified pechini method", (2005) *Catalysis Letters*, 103 (1-2), Pages 63-68.) (Impact factor 2006=1.772)
90. Panpranot, J., Nakkaruang, L., Ngamsom, B., Prasertthdam, P., "Synthesis, characterization, and catalytic properties of Pd and Pd-Ag catalysts supported on nanocrystalline TiO₂ prepared by the

100. Jongsomjit, B., Ngamposri, S., Prasertthdam, P., "Catalytic activity during copolymerization of ethylene and 1-hexene via mixed TiO₂/SiO₂-supported MAO with rac-Et[Ind] 2ZrCl₂ metallocene catalyst", (2005) *Molecules*, 10 (3), Pages 603-609. (Impact factor 2006 = 0.841)
101. Sangtongkitcharoen, W., Assabumrungrat, S., Pavarajam, V., Laosiripojana, N., Prasertthdam, P., "Comparison of carbon formation boundary in different modes of solid oxide fuel cells fueled by methane", (2005) *Journal of Power Sources*, 142 (1-2), Pages 75-80. (Impact factor 2006 = 3.521)
102. Jongsomjit, B., Sakdamnusun, C., Prasertthdam, P., "Dependence of crystalline phases in titania on catalytic properties during CO hydrogenation of Co/TiO₂ catalysts", (2005) *Materials Chemistry and Physics*, 89 (2-3), Pages 395-401. (Impact factor 2006 = 1.657)
103. Kiatkittipong, W., Tagawa, T., Goto, S., Assabumrungrat, S., Prasertthdam, P., "Oxygen transport through LSM/YSZ/LaAlO system for use of fuel cell type reactor", (2005) *Chemical Engineering Journal*, 106 (1), Pages 35-42. (Impact factor 2006= 1.594)
104. Assabumrungrat, S., Laosiripojana, N., Pavarajam, V., Sangtongkitcharoen, W., Tangjitmatee, A., Prasertthdam, P., "Thermodynamic analysis of carbon formation in a solid oxide fuel cell with a direct internal reformer fuelled by methanol", (2005) *Journal of Power Sources*, 139 (1-2), Pages 55-60. (Impact factor 2006 = 3.521)
105. Prasertthdam, P., Chaisuk, C., Kongsuebchart, W., Thongyai, S., Ayudhya, S.K.N., "New concepts in material and energy utilization", (2005) *Korean Journal of Chemical Engineering*, 22 (1), Pages 115-120. (Impact factor 2006= 0.808)
106. Payakgul, W., Mekasuwandumrong, O., Pavarajam, V., Prasertthdam, P., "Effects of reaction medium on the synthesis of TiO₂ nanocrystals by thermal decomposition of titanium (IV) n-butoxide", (2005) *Ceramics International*, 31 (3), Pages 391-397. (Impact factor 2006= 1.128)
107. Panpranot, J., Phandinthong, K., Prasertthdam, P., Hasegawa, M., Fujita, S.-i., Arai, M. "A comparative study of liquid-phase hydrogenation on Pd/SiO₂ in organic solvents and under pressurized carbon dioxide: Activity change and metal leaching/sintering" *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 253 (1-2), pp. 20-24 (2006) (Impact factor 2006=2.511)
108. Suriye, K., Prasertthdam, P. "Effect of the calcine condition on surface structure of titania nanocrystal photocatalyst" *Studies in Surface Science and Catalysis* 159, pp. 717-720 (Impact factor 2005 = 0.307)

118. Joongjai Panpranot, Nuttakarn Taochaiyaphum, and Piyasan Prasertthdam "Effect of Si Addition on the Properties of Nanocrystalline ZrO₂-Supported Cobalt Catalysts" *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* 87 (2006) 185-190. (Impact factor 2006=0.514)
119. Patta Soisuwan, Joongjai Panpranot, David L. Trimm and Piyasan Prasertthdam "A Study of Alumina-Zirconia Mixed Oxides Prepared by the Modified Pechini Method as Co Catalyst Supports in CO Hydrogenation" *Applied Catalysis A. General* 303 (2006) 268-272. (Impact factor 2006 = 2.630)
120. Patta Soisuwan, Piyasan Prasertthdam, Joongjai Panpranot, and David L. Trimm "Effects of Si- and Y-Modified Nanocrystalline Zirconia on the Properties of Co/ZrO₂ Catalysts" *Catalysis Communications* 7 (2006) 761-767 (Impact factor 2006 = 1.878)
121. Bunjerd Jongsomjit, Chitlada Sakdamnusun, Joongjai Panpranot, and Piyasan Prasertthdam "Roles of ruthenium on reduction behaviors of ruthenium-promoted cobalt/titania Fischer-Tropsch catalyst", *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 88 (2006), 65-71 (Impact factor 2006=0.514)
122. Bunjerd Jongsomjit, Tipnapa Wongsalee, and Piyasan Prasertthdam "Elucidation of reduction behaviors for Co/TiO₂ catalysts with various rutile/anatase ratios", *Studies in Surface Science and Catalysis*, 159 (2006), 285-288. (Impact factor 2005 = 0.307)
123. Kongsuebchart, W., Prasertthdam, P., Panpranot, J., Sirisuk, A., "Effect of crystallite size on the surface defect of nano-TiO₂ prepared via solvothermal synthesis" *Journal of Crystal Growth* 297 (1), pp. 234-238 (2006) (Impact factor 2006=1.809)
124. Intaragamjon, N., Shiono, T., Prasertthdam, P. "A comparative study ethylene/1-hexene copolymerization with [t-BuNSiMe₂Flu]TiMe₂ catalyst via various activators" *Studies in Surface Science and Catalysis* 159, pp. 841-844 (2006) (Impact factor 2005 = 0.307)
125. Intaragamjon, N., Shiono, T., Jongsomjit, B., Prasertthdam, P. "Elucidation of solvent effects on the catalytic behaviors for [t-BuNSiMe₂Flu]TiMe₂ complex during ethylene/1-hexene copolymerization" *Catalysis Communications* 7 (9), pp. 721-727 (2006) (Impact factor 2006 = 1.878)
126. Wonglert, C., Thongyai, S., Prasertthdam, P. "Effect of aging on synthesis of graft copolymer of EPDM and styrene (EPDM-g-PS)" *Journal of Applied Polymer Science* 102 (5), pp. 4809-4813 (2006) (Impact factor 2006 = 1.306)

136. Jongsomjit, B., Panpranot, J., Prasertthdam, P. "Effect of nanoscale SiO₂ and ZrO₂ as the fillers on the microstructure of LLDPE nanocomposites synthesized via in situ polymerization with zirconocene" *Materials Letters* 61 (6), pp. 1376-1379 (2007) (Impact factor 2005 = 1.353)
137. Khaodee, W., Jongsomjit, B., Assabumrungrat, S., Prasertthdam, P., Goto, S. "Investigation of isosynthesis via CO hydrogenation over ZrO₂ and CeO₂ catalysts: Effects of crystallite size, phase composition and acid-base sites" *Catalysis Communications* 8 (3), pp. 548-556 (2007) (Impact factor 2006 = 1.878)
138. Suriye, K., Prasertthdam, P., Jongsomjit, B. "Control of Ti³⁺ surface defect on TiO₂ nanocrystal using various calcination atmospheres as the first step for surface defect creation and its application in photocatalysis" *Applied Surface Science* 253 (8), pp. 3849-3855 (2007) (Impact factor 2006 = 1.436)
139. Chaichana, E., Jongsomjit, B., Prasertthdam, P. "Effect of nano-SiO₂ particle size on the formation of LLDPE/SiO₂ nanocomposite synthesized via the in situ polymerization with metallocene catalyst" *Chemical Engineering Science* 62 (3), pp. 899-905 (2007) (Impact factor 2006= 1.594)
140. Pipatpratanporn, P., Jongsomjit, B., Prasertthdam, P. "Impact of process variables on properties of polypropylene derived from the supported ziegler-natta and metallocene catalysts" *Iranian Polymer Journal (English Edition)* 16 (2), pp. 123-131 (2007) (Impact factor 2006= 0.386)
141. Panpranot, J., Phandinthong, K., Sirikajorn, T., Arai, M., Prasertthdam, P. "Impact of palladium silicide formation on the catalytic properties of Pd/SiO₂ catalysts in liquid-phase semihydrogenation of phenylacetylene" *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 261 (1), pp. 29-35 (2007) (Impact factor 2006=2.511)
142. Promaros, E., Assabumrungrat, S., Laosiripojana, N., Prasertthdam, P., Tagawa, T., Goto, S. "Carbon dioxide reforming of methane under periodic operation" *Korean Journal of Chemical Engineering* 24 (1), pp. 44-50 (2007) (Impact factor 2006= 0.808)
143. Suriye, K., Prasertthdam, P. "Effect of the calcine condition on surface structure of titania nanocrystal photocatalyst" *Studies in Surface Science and Catalysis*, 159 pp, 711-720. (2006) (Impact factor 2005 = 0.307)
144. Jantana Wiwattanapongpan, Okorn Mekasuwandumrong, Choowong Chaisuk and Piyasan Prasertthdam "Effect of dopants on the properties of metal-doped zirconia prepared by the glycothermal method" *Ceramics International*, 33 pp.1469-1473. (2007) (Impact factor 2006= 1.128)

154. Panpranot, J., Aungkapipattanachai, S., Sangvanich, T., Boonyaporn, P., Prasertthdam, P. "Effect of N₂O pretreatment on fresh and regenerated Pd-Ag/ γ -Al₂O₃ catalysts during selective hydrogenation of acetylene." *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* 91 (2), pp. 195-202 (2007) (Impact factor 2006=1.772)
155. Jongsomjit, B., Ngamposri, S., Prasertthdam, P. "Observation of bimodal polyethylene derived from TiO₂-supported zirconocene/MAO catalyst during polymerization of ethylene and ethylene/1-hexene." *Catalysis Letters* 117 (3-4), pp. 177-181 (2007) (Impact factor 2006=1.772)
156. Pothirat, T., Jongsomjit, B., Prasertthdam, P. "A comparative study of SiO₂- and ZrO₂-supported zirconocene/MAO catalysts on ethylene/1-olefin copolymerization." *Catalysis Communications* 9 (6), pp. 1426-1431 (2008) (Impact factor 2006 = 1.878)
157. Bunchongturakarn, S., Jongsomjit, B., Prasertthdam, P. "Impact of bimodal pore MCM-41-supported zirconocene/dMMAO catalyst on copolymerization of ethylene/1-octene." *Catalysis Communications* 9 (5), pp. 789-795 (2008) (Impact factor 2006 = 1.878)
158. Meephoka, C., Chaisuk, C., Samparnpiboon, P., Prasertthdam, P. "Effect of phase composition between nano γ - and χ -Al₂O₃ on Pt/Al₂O₃ catalyst in CO oxidation." *Catalysis Communications* 9 (4), pp. 546-550 (2008) (Impact factor 2006 = 1.878)
159. Desharun, C., Jongsomjit, B., Prasertthdam, P. "Study of LLDPE/alumina nanocomposites synthesized by in situ polymerization with zirconocene/d-MMAO catalyst." *Catalysis Communications* 9 (4), pp. 522-528 (2008) (Impact factor 2006 = 1.878)
160. Pothirat, T., Jongsomjit, B., Prasertthdam, P. "Effect of Zr-modified SiO₂-supported metallocene/MAO catalyst on copolymerization of ethylene/1-octene ." *Catalysis Letters* 121 (3-4), pp. 266-273 (2008) (Impact factor 2006=1.772)
161. Wongwaranon, N., Mekasuwandumrong, O., Prasertthdam, P., Panpranot, J. "Performance of Pd catalysts supported on nanocrystalline γ -Al₂O₃ and Ni-modified γ -Al₂O₃ in selective hydrogenation of acetylene." *Catalysis Today* 131 (1-4),pp. 553-558 (2008)(Impact factor 2006=2.148)
162. Worayingyong, A., Kangvansura, P., Ausadasuk, S., Prasertthdam, P. "The effect of preparation: Pechini and Schiff base methods, on adsorbed oxygen of LaCoO₃ perovskite oxidation catalysts ." *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 315 (1-3), pp. 217-225 (2008) (Impact factor 2006= 1.611) Mekasuwandumrong, O., Tantichuwet, P., Chaisuk, C., Prasertthdam, P. "Impact of concentration and Si doping on the properties and phase transformation behavior of nanocrystalline

171. Kiatkittipong, W., Thipsunet, P., Goto, S., Chaisuk, C., Prasertdam, P., Assabumrungrat, S. "Simultaneous enhancement of ethanol supplement in gasoline and its quality improvement " (2008) *Fuel Processing Technology* 89 (12), pp. 1365-1370 (Impact Factor 2006 = 1.883)
172. Muangmaithong, K., Prasertdam, P., Thongyai, S., Wacharawichanant, S. "Morphology and mechanical properties of catalytic coke/polypropylene composites" (2008) *Journal of Applied Polymer Science* 110 (4), pp. 2071-2077 (Impact Factor 2006= 1.306)
173. Mekasuwandumrong, O., Wongwaranon, N., Panpranot, J., Prasertdam, P. "Effect of Ni-modified Al_2O_3 prepared by sol-gel and solvothermal methods on the characteristics and catalytic properties of Pd/ Al_2O_3 catalysts " (2008) *Materials Chemistry and Physics* 111 (2-3), pp. 431-437 (Impact Factor 2006 = 1.871)
174. Srijumnong, S., Suttipitakwong, P., Jongsomjit, B., Prasertdam, P. "Effect of supports and solvents on ethylene polymerization with titanium complex consisting of phenoxy-imine ligands/dMMAO catalytic system" (2008) *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 294 (1-2), pp. 1-7 (Impact Factor: 2.707)
175. Komhom, S., Mekasuwandumrong, O., Prasertdam, P., Panpranot, J. "Improvement of Pd/ Al_2O_3 catalyst performance in selective acetylene hydrogenation using mixed phases Al_2O_3 support" (2008) *Catalysis Communications* 10 (1), pp. 86-91 (Impact Factor 2006= 2.394)
176. Burakorn, T., Panpranot, J., Mekasuwandumrong, O., Chaisuk, C., Prasertdam, P., Jongsomjit, B. "Characterization of cobalt dispersed on the mixed nanoscale alumina and zirconia supports" (2008) *Journal of Materials Processing Technology* 206 (1-3), pp. 352-358 (Impact Factor 2006 = 0.816)
177. Tanarungsun, G., Kiatkittipong, W., Prasertdam, P., Yamada, H., Tagawa, T., Assabumrungrat, S. "Ternary metal oxide catalysts for selective oxidation of benzene to phenol" (2008) *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 14 (5), pp. 596-601 (Impact Factor 2006 = 1.570)
178. Tangjituabun, K., Kim, S.Y., Hiraoka, Y., Taniike, T., Terano, M., Jongsomjit, B., Prasertdam, P. "Poisoning of active sites on ziegler-natta catalyst for propylene polymerization"(2008) *Chinese Journal of Polymer Science (English Edition)* 26 (5), pp. 547-552 (Impact factor 2006= 3.405)

188. Tangjituabun, K., Yull Kim, S., Hiraoka, Y., Taniike, T., Terano, M., Jongsomjit, B., Prasertthdam, P. "Effects of various poisoning compounds on the activity and stereospecificity of heterogeneous Ziegler-Natta catalyst" (2008) *Science and Technology of Advanced Materials* 9 (2), art. no. 024402 (Impact Factor 2006= 1.270)
190. Wongwaranon, N., Mekasuwandumrong, O., Prasertthdam, P., Panpranot, J. "Performance of Pd catalysts supported on nanocrystalline α -Al₂O₃ and Ni-modified α -Al₂O₃ in selective hydrogenation of acetylene" (2008) *Catalysis Today* 131 (1-4), pp. 553-558.
191. Komhom, S., Prasertthdam, P., Mekasuwandumrong, O., Panpranot, J. "Effects of the support crystallite size and the reduction temperature on the properties of Pd/ α -Al₂O₃ catalysts in selective acetylene hydrogenation" (2008) *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* 94 (2), pp. 233-241
192. Kraiwattanawong, K., Kitchaiya, P., Neramittagapong, A., Prasertthdam, P., Tamon, H. "Improvement of mesopore structure of resorcinol and formaldehyde carbon cryogels by acid solution" (2008) *Advanced Materials Research* 55-57, pp. 529-532
193. Phoowakeereewiwat, S., Jongsomjit, B., Prasertthdam, P. "Investigation of diene addition on ethylene-propylene (EP) copolymerization with a zirconocene catalyst: Effects of diene types and E/P ratios" (2009) *Journal of Materials Processing Technology* 209 (1), pp. 520-524 (Impact Factor 2007= 0.816)
194. Arpornwichanop, A., Koomsup, K., Kiatkittipong, W., Prasertthdam, P., Assabumrungrat, S. "Production of n-butyl acetate from dilute acetic acid and n-butanol using different reactive distillation systems: Economic analysis" (2009) *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 40 (1), pp. 21-28
195. Chatpaisalsakul, W., Mekasuwandumrong, O., Panpranot, J., Satayaprasert, C., Prasertthdam, P. "Impact of quenching process on the surface defect of titanium dioxide for hydrogen production from photocatalytic decomposition of water" (2009) *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 15 (1), pp. 77-81 (Impact Factor 2007= 1.570)
196. Khaodee, W., Tangchupong, N., Jongsomjit, B., Prasertthdam, P., Assabumrungrat, S. "A study on isosynthesis via CO hydrogenation over ZrO₂-CeO₂ mixed oxide catalysts" (2009) *Catalysis Communications* 10 (5), pp. 494-501 (Impact Factor 2007= 2.394)

206. Sangkhum, T., Mekasuwandumrong, O., Praserthdam, P., Panpranot, J. "Effect of Fe-modified α -Al₂O₃ on the properties of Pd/ α -Al₂O₃ catalysts in selective acetylene hydrogenation" (2009) *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 97(1) pp.115-123
207. Sataporn Komhom[†], Okorn Mekasuwandumrong[†], Joongjai Panpranot*[†] and Piyasan Praserthdam
 "Influence of Preparation Method on the Nanocrystalline Porosity of alpha-Al₂O₃ and the Catalytic Properties of Pd/alpha-Al₂O₃ in Selective Acetylene Hydrogenation
 INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH Volume: 48 Issue: 13 DOI:
 10.1021/ie801784f Published: JUL 1 2009
208. Sae-Ma, N., Praserthdam, P., Panpranot, J., Chaemchuen, S., Dokjamp, S., Suriye, K., Rempel, G.L.
 "Color improvement of C 9 hydrocarbon resin by hydrogenation over 2% PD/ γ -alumina catalyst:
 Effect of degree of aromatic rings hydrogenation" (2010) *Journal of Applied Polymer Science* 117
 (5), pp. 2862-2869
209. Srisuwan, S., Thongyai, S., Praserthdam, P. "Synthesis and characterization of low-dielectric
 photosensitive polyimide/silica hybrid materials"(2010) *Journal of Applied Polymer Science* 117 (4),
 pp. 2422-2427
210. Tanarungsun, G., Yamada, H., Tagawa, T., Kiatkittipong, W., Praserthdam, P., Assabumrungrat, S. "A
 reaction-extraction-regeneration system for highly selective oxidation of benzene to phenol" (2010)
Chemical Engineering Communications 197 (8), pp. 1140-1151
211. Wongmaneenil, P., Jongsomjit, B., Praserthdam, P. "Study on Solvent/Alkoxide Molar Ratios on
 Synthesis Zirconia Nanoparticles for Tungstated Zirconia Catalysts Over Esterification" (2010)
Catalysis Letters , pp. 1-8 Article in Press
212. Ngaosuwan, K., Mo, X., Goodwin Jr., J.G., Praserthdam, P. "Effect of solvent on hydrolysis and
 transesterification reactions on tungstated zirconia"(2010) *Applied Catalysis A: General* 380 (1-2),
 pp. 82-86
213. Khaodee, W., Tangchupong, N., Jongsomjit, B., Laosiripojana, N., Praserthdam, P., Assabumrungrat,
 S. Romyen, N., Thongyai, S., Praserthdam, P. "Surfactant-dispersed carbon black in polyimide
 nanocomposites: Spectroscopic monitoring of the dispersion state in the polymer matrix" (2010)
Journal of Applied Polymer Science 115 (3), pp. 1622-1629

223. Somboonsub, B., Invernale, M.A., Thongyai, S., Prasertthdam, P., Scola, D.A., Sotzing, G.A. "Preparation of the thermally stable conducting polymer PEDOT – Sulfonated poly(imide)" (2010) *Polymer* 51 (6), pp. 1231-1236
224. Chaichana, E., Khaubunsongserm, S., Prasertthdam, P., Jongsomjit, B. "Ethylene-hexene copolymer derived from [t-butylfluorenylsilyl-amido] dimethyl titanium complex" (2010) *Express Polymer Letters* 4 (2), pp. 94-100
225. Pattamakomsan, K., Suriye, K., Dokjampa, S., Mongkolsiri, N., Prasertthdam, P., Panpranot, J. "Effect of mixed Al₂O₃ structure between θ - and α -Al₂O₃ on the properties of Pd/Al₂O₃ in the selective hydrogenation of 1,3-butadiene" (2010) *Catalysis Communications* 11 (5), pp. 311-316
226. Tangchupong, N., Khaodee, W., Jongsomjit, B., Laosiripojana, N., Prasertthdam, P., Assabumrungrat, S. "Effect of calcination temperature on characteristics of sulfated zirconia and its application as catalyst for isosynthesis" (2010) *Fuel Processing Technology* 91 (1), pp. 121

สิทธิบัตร

1. สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา เลขที่ 5,849,662 December 15, 1998 เรื่อง "Catalyst comprising of element from group 1B and VIIIIB activated by oxygen and/or oxygen containing compound".
2. ขันขอสสิทธิบัตรประเทศไทย เรื่อง กรรมวิธีการฟื้นฟูสภาพแคตาไลติกคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ งานแล้ว

NAME: Dr. Bunjerd Jongsomjit

TITLE: Associate Professor

UNIVERSITY ADDRESS: Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok 10330, Thailand

Email: bunjerd.j@chula.ac.th

HOME ADDRESS: 2/57 Moo 5
Tamakham, Meung
Kanchanaburi 71000, Thailand

DATE OF BIRTH: August 9, 1967

PLACE OF BIRTH: Nongkhay, Thailand

EDUCATION: **Ph.D. in Chemical Engineering**
(University of Pittsburgh, USA 2002)

M.S. in Chemical Engineering
(Colorado School of Mines, USA 1998)

B.S. in Chemistry with 2nd class honors
(Kasetsart University, Thailand 1990)

FIELDS OF SPECIALIZATION: Heterogeneous Catalysis, Kinetics, Adsorption, Catalyst Characterization, Steady-State Isotopic Transient Kinetic Analysis (SSITKA), Catalyst Deactivation, CO Hydrogenation, Natural Gas Conversion, and Advanced Catalysts for Olefin Polymerization.

EXPERIENCE:

2002-present: Lecturer and Researcher, Department of Chemical Engineering,
Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

1999-2002: Graduate Student (Ph.D.), Department of Chemical Engineering,
University of Pittsburgh, PA, USA.

1996-1999: Graduate Student (M.S.), Department of Chemical Engineering, Colorado
School of Mines, Golden, CO, USA.

1990-1996: QA Manager at Thai Wanaphan Co. Ltd. (Siam Cement Group)

MEMBERSHIPS:

North American Catalysis Society and Southeastern Catalysis Society

RESEARCH TRAINING:

- Aug. 1 to Dec. 31, 2003** Research training on “Supported metallocene catalysts for living polymerization of propene” at Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan
- Jan. 19-30, 2004** Visiting Nanoscience & Nanotechnology Research Centers in European Countries such as Italy, England, Netherlands, Germany and Switzerland
- Mar. 15 to May 31, 2005** Research training on “In situ polymerization via nanoparticles-supported metallocene catalysts: a promising way for making polymer nanocomposites” at Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, Hiroshima, Japan

OTHER PROFESSIONAL ACTIVITIES;

As invited reviewer for international journals,

The American Chemical Society:

Journal of Physical Chemistry (5)
Industrial & Engineering Chemistry Research (4)
Chemical Reviews (1)

Elsevier:

Applied Catalysis A: General (2)
Catalysis Communications (11)
Materials Chemistry and Physics (2)
European Polymer Journal (1)
Chemical Engineering Journal (1)
Polymer (1)
Journal of Alloys and Compounds (2)
International Journal of Hydrogen Energy (1)
Inorganic Chemistry Communications (1)

Springer:

Catalysis Letters (3)
Polymer Bulletin (3)

Wiley:

Journal of Applied Polymer Science (10)
Macromolecular Reaction Engineering (1)

Others:

Polymers & Polymer Composites (1)
Iranian Polymer Journal (3)
Journal of Industrial & Engineering Chemistry (2)

Editorial Board for the “Open Catalysis Journal”**AWARDS:**

- From 1996 to 2002** Government of Thailand Scholarship for Pursuing a Doctoral Degree (Chemical Engineering) in U.S.A.
- At 2002** KOKES student award at 17th North American Catalysis Conference, Toronto, Canada 2002
- At 2005** Receive the Outstanding Research Award of the Year 2004 (Golden Jubilee) from the Chulalongkorn University
- At 2006** Receive the Excellence Research Award of the Year 2005 (Golden Jubilee) from the Chulalongkorn University
- At 2007** As thesis advisor for outstanding master degree thesis of Miss Tipnapa Wongsalee of the year 2006 (Golden Jubilee) From Chulalongkorn University
- At 2007** Receive the TRF-CHE Outstanding New Researcher Award
- At 2008** As thesis advisor for outstanding master degree thesis of Miss Chanintorn Ketloy of the year 2007 (Golden Jubilee) From Chulalongkorn University
- At 2010** Receive the Excellence Research Award of the Year 2009 (Golden Jubilee) from the Chulalongkorn University
- At 2011** Receive the Outstanding Researcher Award of the Year 2010 (Golden Jubilee) from the Chulalongkorn University

RESEARCH GRANTS:

- From 2003 to 2004** Grant for Development of New Faculty Staff (Golden Jubilee), Chulalongkorn University (1st phase)
- At 2003** Research Training Fellowship from Thailand-Japan Technology Transfer (TJTTP-JBIC) at Tokyo Institute of Technology, Japan
- From 2003 to 2005** Grant for Development of New Researcher from the Thailand Research Fund (TRF) (1st Phase)
- From 2004 to 2005** Grant for Development of New Faculty Staff (Golden Jubilee), Chulalongkorn University (2nd Phase)
- From 2004 to 2005** Grant from the National Research Council of Thailand, (NRCT) (1st Phase)
- At 2005** Research Training Fellowship from Thailand-Japan Technology Transfer (TJTTP-JBIC) at Hiroshima University, Japan
- From 2005 to 2006** Grant from the National Research Council of Thailand, (NRCT) (2nd Phase)
- From 2005 to 2006** Grant for Development of New Researcher from the National Science and Technology Development Agency (NSTDA)
- From 2005 to 2007** Grant for Development of New Researcher from the Thailand Research Fund (TRF) (2nd Phase)
- From 2007 to 2010** Grant for Development of Junior Researcher from the Thailand Research Fund (TRF)
- From 2007 to 2009** Grant from the National Research Council of Thailand, (NRCT)
- From 2009 to 2012** Grant for STAR-TRF from the Thailand Research Fund (TRF)

INTERNATIONAL PUBLICATIONS: (78 papers)

[1] "*Co-Support Compound Formation in Alumina-Supported Cobalt Catalysts*", *Journal of Catalysis* **204**, 98-109 (2001) (Bunjerd Jongsomjit, Joongjai Panpranot, and James G. Goodwin, Jr.). Impact factor (ISI-2009) = 5.288.

- [2] "Co-Support Compound Formation in Co/Al₂O₃ Catalysts: Effect of Reduction Gas Containing CO", *Catalysis Today* **77**, 191-204 (2002) (Bunjerd Jongsomjit and James G. Goodwin, Jr.). Impact factor (ISI-2009) = 3.526.
- [3] "Effect of Zirconia-Modified Alumina on the Properties of Co/ γ -Al₂O₃ Catalysts", *Journal of Catalysis* **215**, 66-77 (2003) (Bunjerd Jongsomjit, Joongjai Panpranot, and James G. Goodwin, Jr.). Impact factor (ISI-2009) = 5.288.
- [4] "A Comparative Study of Ethylene/ α -Olefin Copolymerization with Silane-Modified Silica-Supported MAO using Zirconocene Catalysts", *Catalysis Letters* **94** (2004) 205-208, [Bunjerd Jongsomjit, Paninee Kaewkrajang, Sieghard E. Wanke, and Piyasan Prasertthdam]. Impact Factor (ISI-2009) = 2.021.
- [5] "Co-Support Compound Formation in Titania-Supported Cobalt Catalysts", *Catalysis Letters* **94** (2004) 209-215, [Bunjerd Jongsomjit, Chitlada Sakdamnusun, James G. Goodwin, Jr., and Piyasan Prasertthdam]. Impact Factor (ISI-2009) = 2.021.
- [6] "A Comparative Study of Supporting Effect during Copolymerization of Ethylene/1-Olefins with Silica-Supported Zirconocene/MAO catalyst", *Materials Chemistry and Physics* **86** (2004) 243-246, [Bunjerd Jongsomjit, Piyasan Prasertthdam, and Paninee Kaewkrajang]. Impact Factor (ISI-2009) = 2.015.
- [7] "Effect of silane-modified silica/MAO-supported Et[Ind]₂ZrCl₂ metallocene catalyst on copolymerization of ethylene", *European Polymer Journal* **40** (2004) 2813-2817, [Bunjerd Jongsomjit, Paninee Kaewkrajang, and Piyasan Prasertthdam]. Impact Factor (ISI-2009) = 2.310.
- [8] "Supporting effects of silica-supported methylaluminoxane (MAO) with zirconocene catalyst on ethylene/1-olefin copolymerization behaviors for linear low-density polyethylene (LLDPE) production", *Industrial & Engineering Chemistry Research* **43** (2004) 7959-7963, [Bunjerd Jongsomjit, Paninee Kaewkrajang, Takeshi Shiono, and Piyasan Prasertthdam]. Impact Factor (ISI-2009) = 1.758.
- [9] "Dependence of crystalline phases in titania on catalytic properties during CO hydrogenation of Co/TiO₂ catalysts", *Materials Chemistry and Physics* **89** (2005) 395-401, [Bunjerd Jongsomjit, Chitlada Sakdamnusun, and Piyasan Prasertthdam]. Impact Factor (ISI-2009) = 2.015.
- [10] "Role of titania in TiO₂-SiO₂ mixed oxides-supported metallocene catalyst during ethylene/1-octene copolymerization", *Catalysis Letters* **100** (2005) 139-146, [Bunjerd Jongsomjit, Sutti Ngamposri, and Piyasan Prasertthdam]. Impact Factor (ISI-2009) = 2.021.
- [11] "LLDPE/nano-silica composites synthesized via in situ polymerization of ethylene/1-hexene with MAO/metallocene catalyst", *Journal of Materials Science* **40** (2005) 2043-

2045, [Bunjerd Jongsomjit*, Ekkrachan Chaichana, and Piyasan Prasertthdam]. Impact Factor (ISI-2009) = 1.471.

[12] "Study of cobalt dispersion on titania consisting various rutile:anatase ratios", *Materials Chemistry and Physics* **92** (2005) 572-577, [Bunjerd Jongsomjit*, Tipnapa Wongsalee, and Piyasan Prasertthdam]. Impact Factor (ISI-2009) = 2.015.

[13] "Catalytic activity during copolymerization of ethylene and 1-hexene via mixed TiO_2/SiO_2 -supported MAO with *rac*-Et[Ind] $_2$ ZrCl $_2$ metallocene catalyst", *Molecules* **10** (2005) 672-678, [Bunjerd Jongsomjit*, Sutti Ngamposri, and Piyasan Prasertthdam]. Impact Factor (ISI-2009) = 1.738.

[14] "Behaviors of ethylene/norbornene copolymerization with zirconocene catalysts", *Iranian Polymer Journal* **14** (2005) 559-564, (Bunjerd Jongsomjit, Apiradee Khotdee, and Piyasan Prasertthdam*). Impact factor (ISI-2008) = 0.932.

[15] "Impact of Ti^{3+} present in titania on characteristics and catalytic properties of Co/ TiO_2 catalyst", *Industrial & Engineering Chemistry Research* **44** (2005) 6599-6604, [Kongkiat Suriye, Piyasan Prasertthdam*, and Bunjerd Jongsomjit]. Impact factor (ISI-2009) = 1.758.

[16] "Impact of diene addition on properties for ethylene-propylene copolymerization with *rac*-Et[Ind] $_2$ ZrCl $_2$ /MAO catalyst", *Materials Letters* **59** (2005) 3771-3774, [Bunjerd Jongsomjit*, Sireethorn Phoowakeereewiwat, Supakanok Thongyai, Takeshi Shiono, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 1.940.

[17] "Characteristics and catalytic properties of Co/ TiO_2 for various rutile:anatase ratios", *Catalysis Communications* **6** (2005) 705-710, [Bunjerd Jongsomjit*, Tipnapa Wongsalee, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.

[18] "Application of silica/titania mixed-oxide supported zirconocene catalyst for synthesis of linear low-density polyethylene", *Industrial & Engineering Chemistry Research* **44** (2005) 9059-9063, [Bunjerd Jongsomjit*, Sutti Ngamposri, and Piyasan Prasertthdam], Impact factor (ISI-2009) = 1.758.

[19] "Differences in characteristics and catalytic properties of Co catalysts supported on micro- and nano-sized zirconia", *Catalysis Communications*, **7** (2006) 192-197, [Joongjai Panpranot*, Nuttakarn Taochaiyaphum, Bunjerd Jongsomjit, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.

[20] "Catalytic behaviors of mixed TiO_2-SiO_2 -supported cobalt Fischer-Tropsch catalysts for carbon monoxide hydrogenation", *Materials Chemistry and Physics*, **97** (2006), 343-350, [Bunjerd Jongsomjit*, Tipnapa Wongsalee, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.015.

- [21] "Effect of Zirconia-Modified Titania Consisting of Different Phases on Characteristics and Catalytic Properties of Co/TiO₂ Catalysts", *Catalysis Letters*, **108** (2006), 55-61, [Tipnapa Wongsalee, **Bunjerd Jongsojmit*** and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.021.
- [22] "Elucidation of solvent effects on the catalytic behaviors for [t-BuNSiMe₂Flu]TiMe₂ complex during copolymerization of ethylene/1-hexene", *Catalysis Communications*, **7** (2006), 721-727, [Nawaporn Intaragamjon, Takeshi Shiono*, **Bunjerd Jongsojmit***, and Piyasan Prasertthdam*]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.
- [23] "Roles of ruthenium on reduction behaviors of ruthenium-promoted cobalt/titania Fischer-Tropsch catalyst", *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, **88** (2006), 65-71, [**Bunjerd Jongsojmit***, Chitlada Sakdamnusun, Joongjai Panpranot, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 0.557.
- [24] "The Role of CaO in the Ziegler-Natta Catalyst for Propylene Polymerization" *Catalysis Letters*, **109** (2006), 147-152, [Kitti Tangjituabun, **Bunjerd Jongsojmit** and Piyasan Prasertthdam*]. Impact factor (ISI-2009) = 2.021.
- [25] "Elucidation of reduction behaviors for Co/TiO₂ catalysts with various rutile/anatase ratios", *Studies in Surface Science and Catalysis*, **159** (2006), 285-288, [**Bunjerd Jongsojmit***, Tipnapa Wongsalee, and Piyasan Prasertthdam].
- [26] "Characteristics of LLDPE/ZrO₂ nanocomposite synthesized by the in situ polymerization using a zirconocene/MAO catalyst", *Iranian Polymer Journal*, **15** (2006), 431-437, [**Bunjerd Jongsojmit***, Joongjai Panpranot, Mitsuhiro Okada, Takeshi Shiono, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 0.932.
- [27] "Effect of α -olefins on copolymerization with [t-BuNSiMe₂Flu]TiMe₂ catalysts", *Latest progress in olefin polymerization catalysts and polyolefin materials, EV Book in Studies in Surface Science and Catalysis*, **161** (2006), 271-274, [Nawaporn Intaragamjon, Takeshi Shiono*, **Bunjerd Jongsojmit*** and Piyasan Prasertthdam].
- [28] "Investigation of isosynthesis via CO hydrogenation over ZrO₂ and CeO₂ catalysts: effects of crystallite size, phase composition and acid-base sites", *Catalysis Communications*, **8** (2007), 548-556, [Watcharapong Khaodee, **Bunjerd Jongsojmit***, Suttichai Assabumrungrat*, Piyasan Prasertthdam, and Shigeo Goto]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.
- [29] "Effect of nano-SiO₂ particle size on the formation of LLDPE-SiO₂ nanocomposite synthesized via in situ polymerization with metallocene catalyst", *Chemical Engineering Science*, **62** (2007), 899-905 [Ekrachan Chaichana, **Bunjerd Jongsojmit***, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.136.

- [30] "Control of Ti^{3+} surface defect in TiO_2 nanocrystal using various calcination atmospheres as the first step for surface defect creation", *Applied Surface Science*, **253** (2007), 3849-3855 [Kongkiat Suriye, Piyasan Prasertthdam, and Bunjerd Jongsomjit]. Impact factor (ISI-2009) = 1.616.
- [31] "Effect of nanoscale SiO_2 and ZrO_2 as the fillers on the microstructure of LLDPE nanocomposites synthesized via in situ polymerization with zirconocene", *Materials Letters*, **61** (2007), 1376-1379, [Bunjerd Jongsomjit, Joongjai Panpranot, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 1.940.
- [32] "Effect of surface sites of TiO_2 support on the formation of cobalt-support compound in Co/TiO_2 catalysts", *Catalysis Communications*, **8** (2007), 1772-1780, [Kongkiat Suriye, Piyasan Prasertthdam, and Bunjerd Jongsomjit]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.
- [33] "Impact of process variables on properties of polypropylene derived from the supported Ziegler-Natta and metallocene catalysts", *Iranian Polymer Journal*, **16** (2007), 123-131, [Patinya Pipatpratanporn, Bunjerd Jongsomjit, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 0.932.
- [34] "Characteristics and catalytic properties of $[t-BuNSiMe_2Flu]TiMe_2/dMMAO$ catalyst dispersed on various supports towards ethylene/1-octene copolymerization", *Applied Catalysis A: General*, **327** (2007), 270-277, [Chanintorn Ketloy, Bunjerd Jongsomjit, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 3.564.
- [35] "Study of cobalt dispersion onto the mixed nano- SiO_2 - ZrO_2 supports and its application as a catalytic phase", *Materials Chemistry and Physics*, **105** (2007), 14-19, [Bunjerd Jongsomjit, Sujitra Kittiruangrayab, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.015.
- [36] "Observation of bimodal polyethylene derived from TiO_2 -supported zirconocene/MAO catalyst during polymerization of ethylene and ethylene/1-hexene", *Catalysis Letters*, **117** (2007), 177-181, [Bunjerd Jongsomjit, Sutti Ngamposri, and Piyasan Prasertthdam]. Impact Factor (ISI-2009) = 2.021.
- [37] "Impact of boron modification on MCM-41-supported cobalt catalysts for hydrogenation of carbon monoxide", *Catalysis Letters*, **118** (2007), 195-202, [Pimchanok Tupabut, Bunjerd Jongsomjit, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.021.
- [38] "Effect of boron-modified MCM-41-supported dMMAO/zirconocene catalyst on copolymerization of ethylene/1-octene for LLDPE synthesis", *Iranian Polymer Journal*, **16** (8), 2007, 549-559, [Supaluk Jiamwijitkul, Bunjerd Jongsomjit, and Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 0.932.

- [39] “Study of LLDPE/alumina nanocomposites synthesized by in situ polymerization with zirconocene/d-MMAO catalyst”, *Catalysis Communications*, **9**, 2008, 522-528 [Chanathip Desharun, **Bunjerd Jongsomjit**, and Piyasan Praserthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.
- [40] “Impact of temperature ramp during calcination on characteristics of nano-ZrO₂ and its catalytic activity for isosynthesis”, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, **280**, 2008, 35-42, [Watcharapond Khaodee, **Bunjerd Jongsomjit**, Suttichai Assabunrungrat, Piyasan Praserthdam, and Shigeo Goto]. Impact factor (ISI-2009) = 3.135.
- [41] “Impact of bimodal pore MCM-41-supported zirconocene/dMMAO catalyst on copolymerization of ethylene/1-octene”, *Catalysis Communications*, **9**, 2008, 789-795, [Sirinlak Bunchongturakarn, **Bunjerd Jongsomjit**, and Piyasan Praserthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.
- [42] “Effect of Zr-modified SiO₂-supported metallocene/MAO catalyst on copolymerization of ethylene/1-octene”, *Catalysis Letters*, **121**, 2008, 266-273, [Tipawan Pothirat, **Bunjerd Jongsomjit**, and Piyasan Praserthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.021.
- [43] “A comparative study of SiO₂-ZrO₂-supported zirconocene/MAO catalysts on ethylene/1-olefin copolymerization”, *Catalysis Communications*, **9**, 2008, 1426-1431, [Tipawan Pothirat, **Bunjerd Jongsomjit**, and Piyasan Praserthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.
- [44] “Characterization of cobalt dispersed on the mixed nano-Al₂O₃-ZrO₂ supports”, *Journal of Materials Processing Technology*, **206**, 2008, 352-358, [Tanuchnun Burakorn, Joongjai Panpranot, Okorn Mekasuwandumrong, Choowong Chaisak, Piyasan Praserthdam, and **Bunjerd Jongsomjit**]. Impact factor (ISI-2009) = 1.420.
- [45] “Characterization of cobalt dispersed on various micro- and nanoscale silica and zirconia supports”, *Catalysis Letters*, **124**, 2008, 376-383, [Sujittra Kittiruangrayab, Tanuchanun Burakorn, **Bunjerd Jongsomjit**, and Piyasan Praserthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.021.
- [46] “Effect of various poisoning compounds on activity and stereospecificity of heterogeneous Ziegler-Natta catalyst”, *Science and Technology of Advanced Materials*, **9**, 2008, 024402 (4pp), [Kitti Tangjituabun, Sang Yull Kim, Yuichi Hiraoka, Toshiaki Taniike, Minoru Terano, **Bunjerd Jongsomjit**, and Piyasan Praserthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.599.
- [47] “Copolymerization of ethylene/1-octene via different pore sized silica-based supported zirconocene/dMMAO catalysts”, *Catalysis Communications*, **10**, 2008, 118-122, [Pongsathorn Wongwaiwattanukul, **Bunjerd Jongsomjit**]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.

- [48] "Synthesis of cobalt on cobalt-aluminate via solvothermal method and its catalytic properties for carbon monoxide hydrogenation", *Catalysis Communications*, **10**, 2008, 232-236, [Sirirat Rojanapipatkul, **Bunjerd Jongsomjit**]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.
- [49] "A comparative study on synthesis of LLDPE/TiO₂ nanocomposites using different TiO₂ by in situ polymerization with zirconocene/dMMAO catalyst", *Materials Chemistry and Physics*, **112**, 2008, 954-961. [Wathanyoo Owpradit and **Bunjerd Jongsomjit**]. Impact factor (ISI-2009) = 2.015.
- [50] "Effect of supports and solvents on ethylene polymerization with titanium complex consisting of phenoxy-imine ligands/dMMAO catalytic system", *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, **294**, 2008, 1-7, [Sonthaya Srijumngong, **Bunjerd Jongsomjit**, Pattiya Suttipitakwong and Piyasan Praserttham]. Impact factor (ISI-2009) = 3.135.
- [51] "Poisoning of active sites on Ziegler-Natta catalyst for propylene polymerization", *Chinese Journal of Polymer Science*, **26**, 2008, 547-552, [Kitti Tangjituabun, Sang Yull Kim, Yuichi Hiraoka, Toshiaki Taniike, Minoru Terano, **Bunjerd Jongsomjit**, and Piyasan Praserttham]. Impact factor (ISI-2009) = 0.644.
- [52] "Surface defect (Ti³⁺) controlling in the first step on the anatase TiO₂ nanocrystal by using sol-gel technique", *Applied Surface Science*, **255**, 2008, 2759-2766, [Kongkiat Suriye, **Bunjerd Jongsomjit**, Chairit Satayaprasert, Piyasan Praserttham]. Impact factor (ISI-2009) = 1.616.
- [53] "Investigation of diene addition on ethylene-propylene (EP) copolymerization with a zirconocene catalyst: effects of diene types and E/P ratios", *Journal of Materials Processing Technology*, **209**, 2009, 520-524, [Sireethorn Phoowakeereewiwat, **Bunjerd Jongsomjit**, Piyasan Praserttham]. Impact factor (ISI-2009) = 1.420.
- [54] "A study on isosynthesis via CO hydrogenation over ZrO₂-CeO₂ mixed oxide catalysts", *Catalysis Communications*, **10**, 2009, 494-501, [Watcharapong Khaodee, Nicha Tangchupong, **Bunjerd Jongsomjit**, Piyasan Praserttham, Suttichai Assabumrungrat]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.
- [55] "A study on characteristics and catalytic properties of Co/ZrO₂-B catalysts towards methanation", *Catalysis Letters*, **128**, 2009, 119-126, [Nithinart Chitpong, Piyasan Praserttham, **Bunjerd Jongsomjit**]. Impact factor (ISI-2009) = 2.021.
- [56] "Influence of calcination treatment on the activity of tungstated zirconia catalysts towards esterification", *Catalysis Communications*, **10**, 2009, 1079-1084, [Peangpit Wongmaneevil, **Bunjerd Jongsomjit**, Piyasan Praserttham]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.

- [57] "Catalytic behaviors of SiO₂-supported various aluminoxanes as coactivator in MgCl₂/DEP/TiCl₄-TEA catalysts for propylene polymerization", *Catalysis Communications*, **10**, 2009, 1319-1323, [Kitti Tangjituabun, **Bunjerd Jongsomjit**^{*}, Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 3.000.
- [58] "Observation on different turnover number in two-phase acid catalyzed esterification of dilute acetic and 1-heptanol", *Catalysis Letters*, **130**, 2009, 583-587, [Supareak Prasertthdam, **Bunjerd Jongsomjit**^{*}]. Impact factor (ISI-2009) = 2.021.
- [59] "Ethylene/1-octene copolymerization over Ga-modified SiO₂-supported zirconocene/MMAO catalyst using in situ impregnation method", *Iranian Polymer Journal*, **18 (12)**, 2009, 969-979, [Mingkwann Wannaborworn, **Bunjerd Jongsomjit**^{*}]. Impact factor (ISI-2009) = 0.932.
- [60] "Effect of calcination temperature on characteristics of sulfated zirconia and its application as catalyst for isosynthesis", *Fuel Processing Technology*, **91**, 2010, 121-126, [Nicha Tangchupong, Watcharapong Khaodee, **Bunjerd Jongsomjit**, Navadol Laosiripojana, Piyasan Prasertthdam, Suttichai Assabumrungrat^{*}]. Impact factor (ISI-2009) = 2.321.
- [61] "Ethylene/1-hexene copolymer derived from [t-butylfluorenylsilyl-amido] dimethyl titanium complex", *Express Polymer Letters*, **4**, 2010, 94-100, [Ekrachan Chaichana, Supaporn Khaubunsongserm, Piyasan Prasertthdam and **Bunjerd Jongsomjit**^{*}]. Impact factor (ISI-2009) = 1.452.
- [62] "Solvent effect on synthesis of zirconia support for tungstated zirconia catalysts", *Journal of Industrial & Engineering Chemistry*, **16**, 2010, 327-333, [Peangpit Wongmaneenil, **Bunjerd Jongsomjit**^{*}, Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 1.752.
- [63] "Isosynthesis via CO hydrogenation over SO₄-ZrO₂ catalysts" *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **16**, 2010, 411-418, [Nicha Tangchupong, Watcharapong Khaodee, **Bunjerd Jongsomjit**, Navadol Laosiripojana, Piyasan Prasertthdam, Suttichai Assabumrungrat^{*}]. Impact factor (ISI-2009) = 1.752.
- [64] "The role of zirconia surface on catalytic activity of tungstated zirconia via two-phase esterification of acetic acid and 1-heptanol" *Catalysis Letters*, **136**, 2010, 134-140, [Kanokwan Ngaosuwan, **Bunjerd Jongsomjit**, Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.021.
- [65] "Liquid-phase selective hydrogenation of 1-heptyne over Pd/TiO₂ catalyst synthesized by one-step flame spray pyrolysis" *Catalysis Letters*, **136**, 2010, 164-170, [Okorn Mekasuwandumrong, Songphon Phothakwanpracha, **Bunjerd Jongsomjit**, Artiwan Shotipruk, Joongjai Panpranot]. Impact factor (ISI-2009) = 2.021.

[66] "Transesterification of palm oil and esterification of palm fatty acid in near- and super-critical methanol with $\text{SO}_4\text{-ZrO}_2$ catalysts" *Fuel*, **89**, 2010, 2387-2392, [Akaraphol Petchmala, Navadol Laosiripojana, **Bunjerd Jongsomjit**, Motonobu Goto, Joongjai Panpranot, Okorn Mekasuwandumrong, Artiwan Shotipruk^{*}]. Impact factor (ISI-2009) = 3.179.

[67] "Study on solvent/alkoxide molar ratios on synthesis of zirconia nanoparticles for tungstated zirconia catalysts over esterification", *Catalysis Letters*, **139**, 2010, 42-49, [Peangpit Wongmaneevil, **Bunjerd Jongsomjit**, Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.021.

[68] "Investigation of different modifiers for nanocrystal zirconia on W/ZrO_2 catalysts via esterification" *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **16**, 2010, 935-940, [Supareak Prasertthdam, Peangpit Wongmaneevil, **Bunjerd Jongsomjit**]. Impact factor (ISI-2009) = 1.752.

[69] "Application of sulfonated carbon-based catalyst for reactive extraction of 1,3-propanediol from model fermentation mixture", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, **49**, 2010, 12352-12357, [Panatpong Boonoun, Navadol Laosiripojana, Chirakarn Muangnapoh, **Bunjerd Jongsomjit**, Joongjai Panpranot, Okorn Mekasuwandumrong, Artiwan Shotipruk^{*}]. Impact Factor (ISI-2009) = 1.758.

[70] "Influence of mixed activators on ethylene polymerization and ethylene/1-hexene copolymerization with silica-supported Ziegler-Natta catalyst", *Molecules*, **15**, 2010, 9323-9339, [Nichapat Senso, Supaporn Khaubunsongserm, **Bunjerd Jongsomjit**, and Piyasan Prasertthdam^{*}]. Impact factor (ISI-2009) = 1.738.

[71] "Observation of different catalytic activity of various 1-olefins during ethylene/1-olefin copolymerization with homogeneous metallocene catalysts", *Molecules*, **16**, 2011, 373-383, [Mingkwann Wannaborworn, Piyasan Prasertthdam and **Bunjerd Jongsomjit**^{*}]. Impact factor (ISI-2009) = 1.738.

[72] "Behaviors in ethylene polymerization of $\text{MgCl}_2\text{-SiO}_2/\text{TiCl}_4/\text{THF}$ Ziegler-Natta catalysts with differently treated SiO_2 ", *Molecules*, **16**, 2011, 1323-1335, [Nichapat Senso, **Bunjerd Jongsomjit** and Piyasan Prasertthdam^{*}]. Impact factor (ISI-2009) = 1.738.

[73] "Synthesis of LLDPE/ TiO_2 nanocomposites by in situ polymerization with zirconocene /dMMAO catalyst: Effect of $[\text{Al}]/[\text{Zr}]$ ratios and TiO_2 phases", *Polymer Bulletin*, **66**, 2011, 479-490, [Wathanyoo Owpradit, Okorn Mekasuwandumrong, Joongjai Panpranot, Artiwan Shotipruk, **Bunjerd Jongsomjit**]. Impact factor (ISI-2009) = 1.014.

[74] “The influence of comonomer on ethylene/ α -olefins copolymers derived from [Bis(N-(3-tert butylsalicylidene) anilinato)] titanium (IV) dichloride complex”, *Molecules*, **16**, 2011, 1655-1666, [Patcharaporn Kaivalchatchawal, Pattiya Suttipitakwong, Sutheerawat Samingprai, Piyasan Prasertthdam, and **Bunjerd Jongsomjit**], Impact factor (ISI-2009) = 1.738.

[75] Effect of nanocrystalline χ -Al₂O₃ structure on the catalytic behaviors of Co/Al₂O₃ in CO hydrogenation”, *Catalysis Today*, **in press**, [Wasu Chaitree, Sirithan Jiemsirilers, Okorn Mekasuwandumrong, **Bunjerd Jongsomjit**, Artiwan Shotipruk Joongjai Panpranot]. Impact factor (ISI-2009) = 3.526.

[76] “Effect of Ga modification on different pore size silicas in synthesis of LLDPE by copolymerization of ethylene and 1-hexene with [t-BuNSiMe₂Flu]TiMe₂/MMAO catalyst”, *Polymer Bulletin*, **in press**, [Ekrachan Chaichana, Supaporn Khaubunsongserm, Piyasan Prasertthdam, and **Bunjerd Jongsomjit**]. Impact factor (ISI-2009) = 1.014.

[77] “Preparation and characterization of CeO₂/TiO₂ nanoparticles by flame spray pyrolysis”, *Ceramics International*, **in press**, [Choowong Chaisuk, Joongjai Panpranot, Anusara Wehatoranawee, Sirichai Preampiyawat, Sirirat Netiphat, **Bunjerd Jongsomjit**, Artiwan Shotipruk, and Okorn Mekasuwandumrong]. Impact factor (ISI-2009) = 1.773.

[78] “Effect of calcination treatment of zirconia on W/ZrO₂ catalysts for transesterification”, *Fuel Processing Technology*, **Revised**, [Nichapat Senso, **Bunjerd Jongsomjit**, Piyasan Prasertthdam]. Impact factor (ISI-2009) = 2.321 (on Feb. 5, 2011)

* *Corresponding author*

Updated on: March 11, 2011

NAME: JOONGJAI PANPRANOT

TITLE: Mrs.

UNIVERSITY ADDRESS: Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10330 (Phone 02-218-6869)

E-mail: joongjai.p@eng.chula.ac.th

HOME ADDRESS: 28/85 Baromratchonni Rd., Taweewattana, Bangkok 10170, Thailand (Phone 66-2-888-6887)

DATE OF BIRTH: September 19, 1974

PLACE OF BIRTH: Bangkok, Thailand

EDUCATION:

Ph.D. (Chemical Engineering) Clemson University, Clemson, SC, USA 2003

Dissertation title: Mesoporous Silica Supported Cobalt-Based Catalysts

M.S. (Chemical Engineering) West Virginia University, Morgantown, WV, USA 1998

Thesis title: Hydrothermal Aging of Zeolite-Based Catalysts

B.S. (Chemical Engineering) Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 1995

FIELDS OF SPECIALIZATION: Heterogeneous Catalysis, Kinetics, Adsorption, Catalyst Characterization, Catalyst Deactivation, CO Hydrogenation, Natural Gas Conversion, Acetylene Hydrogenation, Liquid Phase Hydrogenation

EXPERIENCE:

2005-present: Assistant Professor, Chemical Engineering Department, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

2003-2005: Lecturer, Chemical Engineering Department, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

2000-2002: Research Assistant, Department of Chemical Engineering, Clemson University

1998-2000: Research Assistant, Department of Chemical Engineering, University of Pittsburgh

1996-1998: Research Assistant, Department of Chemical Engineering, West Virginia University

1995-1996: Chemical Engineer, International Oil Tanking, Co., Ltd., Bangkok, Thailand

MEMBERSHIPS:

North American Catalysis Society, Southeastern Catalysis Society, Thai Institute of Chemical Engineering and Applied Chemistry

HONORS AND AWARDS:

- 1996-2001 Government of Thailand Scholarship
2006 Young Scientist Award (from the Foundation for the Promotion of Science and Technology under the Patronage of H.M. the King)
2006 Outstanding New Researcher Award (from the Thailand Research Fund)

INTERNATIONAL PUBLICATIONS

1. Edwin L. Kugler, Todd H. Gardner, **Joongjai Panpranot** "Hydrothermal Deactivation Kinetics of FCC Catalysts Containing USY Zeolite", *Abstr. Pap. Am. Chem. Soc.* 218: 34-Petro. Part 2 Aug 22 1999
2. Bunjerd Jongsomjit, **Joongjai Panpranot**, and James G. Goodwin, Jr. "Co-Support Compound Formation in Alumina-Supported Cobalt Catalysts," *Journal of Catalysis* 204, (2001) 98-109
3. **Joongjai Panpranot**, James G. Goodwin, Jr., and Abdelhamid Sayari "Synthesis and Characteristics of MCM-41 Supported CoRu Catalysts," *Catalysis Today* 77 (2002) 269-284
4. Bunjerd Jongsomjit, **Joongjai Panpranot**, and James G. Goodwin, Jr "Effect of Zirconia-Modified Alumina on the Properties of Co/ γ -Al₂O₃ Catalysts", *Journal of Catalysis* 215 (2003) 66-77
5. **Joongjai Panpranot**, James G. Goodwin, Jr., and Abdelhamid Sayari "CO Hydrogenation on Ru-Promoted Co/MCM-41 Catalysts", *Journal of Catalysis* 211 (2002) 530-539
6. **Joongjai Panpranot**, James G. Goodwin, Jr., and Abdelhamid Sayari "Effect of H₂ Partial Pressure on the Surface Reaction Parameters during CO Hydrogenation on Ru-Promoted Silica-Supported Co Catalysts", *Journal of Catalysis* 213 (2003) 78-85.
7. **Joongjai Panpranot**, Sujaree Kaewgun, Piyasan Praserttham, and James G. Goodwin, Jr. "Effect of Cobalt Precursors on the Dispersion of Co on MCM-41", *Catalysis Letters* 91 (2003) 95-102
8. Somyod Sombatchaisak, Piyasan Praserttham, Chuwong Chaisuk, and **Joongjai Panpranot** "An Alternative Correlation Equation between Particle Size and Structure Stability of H-Y Zeolite under Hydrothermal Treatment Conditions", *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 43 (15) (2004) 4066-4072
9. **Joongjai Panpranot**, Kanda Pattamakomson, Piyasan Praserttham, and James G. Goodwin, Jr. "Impact of Silica Support Structure on Liquid Phase Hydrogenation on Pd Catalysts", *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 43 (19) (2004) 6014-6020

10. **Joongjai Panpranot**, Kanda Pattamakomsan, James G. Goodwin, Jr., and Piyasan Prasertthdam "A comparative Study of Pd/SiO₂ and Pd/MCM-41 in Liquid Phase Hydrogenation" *Catalysis Communications*, 5 (2004) 583-590
11. **Joongjai Panpranot**, Sujaree Kaewgun, and Piyasan Prasertthdam "Metal-Support Interaction in Mesoporous Silica Supported Cobalt Fischer-Tropsch Catalysts" *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* 85 (2005) 299-304.
12. **Joongjai Panpranot**, Lakkana Nakkharuang, Bongkot Ngamsom and Piyasan Prasertthdam "Synthesis, Characterization, and Catalytic Properties of Pd and Pd-Ag Catalysts Supported on Nanocrystalline TiO₂ Prepared by the Solvothermal Method" *Catalysis Letters* 103 (2005) 53-58.
13. Patta Soisuwan, Piyasan Prasertthdam, Dean C. Chambers, David L. Trimm, Okorn Mekasuwandumrong, and **Joongjai Panpranot** "Characteristics and Catalytic Properties of Alumina-Zirconia Mixed Oxides Prepared by the Modified Pechini Method" *Catalysis Letters* 103 (2005) 63-68.
14. **Joongjai Panpranot**, Orathai Tangjitwattakarn, Piyasan Prasertthdam, and James G. Goodwin, Jr. "Effect of palladium precursors on the catalytic activity and deactivation of silica supported Pd catalysts in liquid phase hydrogenation", *Applied Catalysis A: General* 292 (2005) 322-327.
15. **Joongjai Panpranot**, Usnee Toophorm, and Piyasan Prasertthdam "Effect of Particle Size on the Hydrothermal Stability and Catalytic Activity of Polycrystalline Beta Zeolite" *Journal of Porous Materials* 12 (2005) 301-307.
16. **Joongjai Panpranot**, Kanda Pattamakomsan, Piyasan Prasertthdam, and James G. Goodwin, Jr. "Deactivation of silica supported Pd catalysts in liquid phase hydrogenation", *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 86 (2005) 141-147.
17. **Joongjai Panpranot**, Nattakarn Taochaiyaphoom, and Piyasan Prasertthdam "Glycothermal synthesis of nanocrystalline zirconia and their applications as cobalt catalyst supports" *Materials Chemistry and Physics* vol. 94 (No.2-3) (2005) 207-212.
18. **Joongjai Panpranot**, Nuttakarn Taochaiyaphum, Bunjerd Jongsomjit, and Piyasan Prasertthdam "Differences in Characteristics and Catalytic Properties of Co Catalysts Supported on Micron- and Nano-Sized Zirconia" *Catalysis Communications* 7 (2006) 192-197.
19. **Joongjai Panpranot**, Nuttakarn Taochaiyaphum, and Piyasan Prasertthdam "Effect of Si Addition on the Properties of Nanocrystalline ZrO₂-Supported Cobalt Catalysts" *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* 87 (2006) 185-190.

20. Patta Soisuwan, **Joongjai Panpranot**, David L. Trimm and Piyasan Prasertthdam "A Study of Alumina-Zirconia Mixed Oxides Prepared by the Modified Pechini Method as Co Catalyst Supports in CO Hydrogenation" *Applied Catalysis A: General* **303** (2006) 268-272.
21. Patta Soisuwan, Piyasan Prasertthdam, **Joongjai Panpranot**, and David L. Trimm "Effects of Si- and Y-Modified Nanocrystalline Zirconia on the Properties of Co/ZrO₂ Catalysts" *Catalysis Communications* **7** (2006) 761-767.
22. **Joongjai Panpranot**, Kunyaluck Kontapakdee, and Piyasan Prasertthdam "Effect of TiO₂ Crystalline Phase Composition on the Physicochemical and Catalytic Properties of Pd/TiO₂ in Selective Acetylene Hydrogenation" *Journal of Physical Chemistry B* **110** (2006) 8019-8024.
23. **Joongjai Panpranot**, Kunnika Phandinthong, Piyasan Prasertthdam, Masashi Hasegawa, Shin-Ichiro Fujita, and Masahiko Arai "A Comparative Study of Liquid Phase Hydrogenation on Pd/SiO₂ in Organic Solvents and Under Pressurized Carbon Dioxide: Activity Change and Metal Leaching/Sintering" *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* **253** (2006) 20-24.
24. Bunjerd Jongsomjit, **Joongjai Panpranot**, Mitsuhiro Okada, Takeshi Shiono, and Piyasan Prasertthdam "Characteristics of LLDPE/ZrO₂ Nanocomposite Synthesized by the *in-situ* Polymerization using a Zirconocene/MAO Catalyst" *Iranian Polymer Journal* **15** (5) (2006) 431-437.
25. Bunjerd Jongsomjit, Chitlada Sakdamnusun, **Joongjai Panpranot**, and Piyasan Prasertthdam "Roles of Ruthenium on Reduction Behaviors of Ruthenium-Promoted Cobalt/Titania Fischer-Tropsch Catalyst" *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* **88** (2006) 65-71.
26. **Joongjai Panpranot**, Kunyaluck Kontapakdee, and Piyasan Prasertthdam "Selective Hydrogenation of Acetylene in Excess Ethylene on Micron-Sized and Nanocrystalline TiO₂ Supported Pd Catalysts" *Applied Catalysis A: General* **314** (2006) 128-133.
27. Wilasinee Kongsuebchart, Piyasan Prasertthdam, **Joongjai Panpranot**, Akawat Sirisuk, Piyawat Supphasrironjaroen, and Chairit Satayaprasert "Effect of Crystallite Size on the Surface Defect of Nano-TiO₂ Prepared via Solvothermal Synthesis" *Journal of Crystal Growth* **297** (2006) 234-238.
28. **Joongjai Panpranot**, Kunnika Phandinthong, Terachai Sirikajorn, Masahiko Arai, and Piyasan Prasertthdam "Impact of Palladium Silicide Formation on the Catalytic

Properties of Pd/SiO₂ Catalysts in Liquid-Phase Semihydrogenation of Phenylacetylene” *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 261 (2007) 29-35.

29. Bunjerd Jongsomjit, **Joongjai Panpranot**, and Piyasan Prasertthdam, “Effect of nanoscale SiO₂ and ZrO₂ as the fillers on the microstructure of LLDPE nanocomposites synthesized via in situ polymerization with zirconocene”, *Material Letters* 61 (2007) 1376-1379.

30. Kamonchanok Pansanga, Okorn Mekasuwandumrong, **Joongjai Panpranot**, and Piyasan Prasertthdam “Synthesis of Nanocrystalline Al₂O₃ by Thermal Decomposition of Aluminum Isopropoxide and its Application as Co Catalyst Support for Carbon Monoxide Hydrogenation” *Korean Journal of Chemical Engineering* 24 (2007) 397-402.

31. Wilasinee Kongsuebchart, **Joongjai Panpranot**, Chairit Satayaprasert, and Piyasan Prasertthdam “Effect of TiO₂ Crystallite size on the Dispersion of Co on Nanocrystalline TiO₂” *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* 91 (2007) 119-126.

32. Kunyaluck Kontapakdee, **Joongjai Panpranot**, and Piyasan Prasertthdam “Effect of Ag Addition on the Properties of Pd-Ag/TiO₂ Catalysts Containing Different TiO₂ Crystalline Phases” *Catalysis Communications* 8 (2007) 2166-2170.

33. **Joongjai Panpranot**, Songphol Aungkapipattanachai, Thanapon Sangvanich, Pawin Boonyaporn, and Piyasan Prasertthdam “Effect of N₂O Pretreatment on Fresh and Regenerated Pd-Ag/□-Al₂O₃ Catalysts during Selective Hydrogenation of Acetylene” *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, Vol. 91 No. 2 (2007) 195-202.

34. Kamonchanok Pansanga, Nattaporn Lohitharn, Andrew C. Y. Chien, Edgar Lotero, **Joongjai Panpranot**, Piyasan Prasertthdam, and James G. Goodwin, Jr. “Copper-Modified Alumina as a Support for Iron Fischer-Tropsch Synthesis Catalysts” *Applied Catalysis A. General*, 332 (2007) 130-137.

35. Sirima Somboonthanakij, Okorn Mekasuwandumrong, **Joongjai Panpranot**, Tarit Nimmanwudtipong, Reto Strobel, Sotiris E. Pratsinis, and Piyasan Prasertthdam “Characteristics and Catalytic Properties of Pd/SiO₂ Synthesized by One-Step Flame Spray Pyrolysis in Liquid-Phase Hydrogenation of 1-Heptyne” *Catalysis Letters*, 119 (2007) 346-352.

36. Patcharaporn Weerachawanajak, Piyasan Prasertthdam, Masahiko Arai, and **Joongjai Panpranot** “A Comparative Study of Strong Metal-Support Interaction and Catalytic Behaviors of Pd Catalysts Supported on Micron- and Nano-sized TiO₂ in Liquid-Phase Selective Hydrogenation of Phenylacetylene” *Journal of Molecular Catalysis A. Chemical*, 279 (2007) 133-139.

37. Kamonchanok Pansanga, **Joongjai Panpranot**, Okorn Mekasuwandumrong, Chairit Satayaprasert, James G. Goodwin, Jr., and Piyasan Prasertthdam “Effect of Mixed γ and χ

Crystalline Phases in Nanocrystalline Al_2O_3 on the Dispersion of Cobalt on Al_2O_3 ” *Catalysis Communications* 9 (2008) 207-212.

38. Nitikon Wongwaranon, Okorn Mekasuwandumrong, Piyasan Prasertthdam, and **Joongjai Panpranot** “Performance of Pd Catalysts Supported on Nanocrystalline α - Al_2O_3 and Ni-Modified α - Al_2O_3 in Selective Hydrogenation of Acetylene” *Catalysis Today* 131 (2008) 553-558.

39. Piyawat Supphasrirongjaroen, Wilasinee Kongsuebchart, **Joongjai Panpranot**, Okorn Mekasuwandumrong, Chairit Satayaprasert, and Piyasan Prasertthdam “Dependence of Quenching Process on the Photocatalytic Activity of Solvothermal-Derived TiO_2 with Various Crystallite Sizes” *Ind. Eng. Chem. Res.* 47 (2008) 693-697.

40. Piyawat Supphasrirongjaroen, Piyasan Prasertthdam, **Joongjai Panpranot**, Duangkamol Na-Ranong, and Okorn Mekasuwandumrong “Effect of Quenching Medium on Photocatalytic Activity of Nano- TiO_2 Prepared by Solvothermal Method” *Chem. Eng. J.* 138 (2008) 622-627.

41. Tanuchnun Burakorn, **Joongjai Panpranot**, Okorn Mekasuwandumrong, Choowong Chaisuk, Piyasan Prasertthdam and Bunjerd Jongsomjit, “Characterization of Cobalt Dispersed on the Mixed Nanoscale Alumina and Zirconia Supports” *Journal of Materials Processing Technology*, 206 (2008) 352-358.

42. Jutharat Khom-in, Piyasan Prasertthdam, **Joongjai Panpranot**, and Okorn Mekasuwandumrong “Dehydration of Methanol to Dimethyl Ether over Nanocrystalline Al_2O_3 with Mixed γ - and χ -Crystalline Phases” *Catalysis Communications*, 9 (2008) 1955-1958.

43. Okorn Mekasuwandumrong, Nitikon Wongwaranon, Piyasan Prasertthdam, and **Joongjai Panpranot** “Effect of Ni-Modified α - Al_2O_3 Prepared by Sol-Gel and Solvothermal Methods on the Characteristics and Catalytic Properties of Pd/ α - Al_2O_3 Catalysts” *Materials Chemistry and Physics*, 111 (2008) 431-437.

44. Suthana Chinayon, Okorn Mekasuwandumrong, Piyasan Prasertthdam, and **Joongjai Panpranot**, “Selective Hydrogenation of Acetylene over Pd Catalysts Supported on Nanocrystalline α - Al_2O_3 and Zn-Modified α - Al_2O_3 ” *Catalysis Communications*, 9 (2008) 2297-2302.

45. Sataporn Komhom, Piyasan Prasertthdam, Okorn Mekasuwandumrong, **Joongjai Panpranot** “Improvement of Pd/ Al_2O_3 Catalyst Performance in Selective Acetylene Hydrogenation using Mixed-Phases Al_2O_3 Support” *Catalysis Communications*, 10 (2008) 86-91.

46. Terachai Sirikajorn, Okorn Mekasuwandumrong, Piyasan Prasertthdam, James G. Goodwin, Jr., and **Joongjai Panpranot** “Effect of Support Crystallite Size on Catalytic

Activity and Deactivation of Nanocrystalline $ZnAl_2O_4$ Supported Pd Catalysts in Liquid-Phase Hydrogenation” *Catalysis Letters*, 126 (2008) 313-318.

47. Sataporn Komhom, Piyasan Prasertthdam, Okorn Mekasuwandumrong, **Joongjai Panpranot** “Effects of Support Crystallite Size and Reduction Temperature on the Properties of Pd/ α - Al_2O_3 Catalysts in Selective Acetylene Hydrogenation” *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 94 (2008) 223-241.

48. Wilaiwan Chouyyok, **Joongjai Panpranot**, Chanchana Thanachayanant, Seeroong Prichanont “Effects of pH and pore characters of mesoporous silicas on horseradish peroxidase immobilization”, *Journal of Molecular Catalysis B. Enzymatic* 56 (2009) 246-252.

49. Patcharaporn Weerachawanasak, Okorn Mekasuwandumrong, Piyasan Prasertthdam, Masahiko Arai, Shin-Ichiro Fujita, **Joongjai Panpranot** “Effect of strong metal-support interaction on the catalytic performance of Pd/ TiO_2 in the liquid-phase semihydrogenation of phenylacetylene” *Journal of Catalysis*, 262 (2009) 199-205.

50. Okorn Mekasuwandumrong, Sirima Somboonthanakij, Piyasan Prasertthdam, and **Joongjai Panpranot** “Study on the Preparation of Nano-Pd/ SiO_2 by One-Step Flame Spray Pyrolysis and its Hydrogenation Activities: Comparison to Conventional Impregnation Method” *Industrial Engineering and Chemistry Research*, 48 (2009) 2819-2825.

51. Waraporn Chatpaisalsakul, Okorn Mekasuwandumrong, **Joongjai Panpranot**, Chairit Satayaprasert, and Piyasan Prasertthdam “Impact of quenching process on the surface defect of titanium dioxide for hydrogen production from photocatalytic decomposition of water” *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 15 (2009) 77-81.

52. Pongsapak Pawinrat, Okorn Mekasuwandumrong, **Joongjai Panpranot** “Synthesis of nanocrystalline Au-ZnO and Pt-ZnO by flame spray pyrolysis and its application for photocatalytic degradation of dyes” *Catalysis Communications*, 10 (2009) 1380-1385.

53. Tatiya Sangkam, Okorn Mekasuwandumrong, Piyasan Prasertthdam, **Joongjai Panpranot** “Effect of Fe-Modified α - Al_2O_3 on the Properties of Pd/ α - Al_2O_3 Catalysts in Selective Hydrogenation of Acetylene” *Reaction Kinetics and Catalysis*, 97 (2009) 115-123.

54. Sataporn Komhom, Okorn Mekasuwandumrong, **Joongjai Panpranot**, Piyasan Prasertthdam “Influence of preparation method on the nanocrystalline porosity of α - Al_2O_3 and the catalytic properties of Pd/ α - Al_2O_3 in selective acetylene hydrogenation” *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 48 (2009) 6273-6279.

----- July 16, 2009 -----