

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



248691

นิตยสารนิเวศวิทยาในประเทศไทย

ศิริชัย ลาวัณย์กุล

วิชาเกษตรกรรม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิมพ์ครั้งที่ ๑
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพฯ ๒๕๕๕

600255833

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



248691

ผลของโลหะทองแดงในเคลือบประกายโลหะต่อการสะท้อนแสง



ศิวัช ธาวัดย์วดีกุล

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง

ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กุมภาพันธ์ 2555

ผลของโลหะทองแดงในเคลือบประกายโลหะต่อการสะท้อนแสง

ศิวัช ลาวัลย์วดีกุล

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

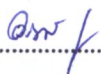


ประธานกรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนะ แก้วท่าเน็ค



อาจารย์ ดร. ศักดิพล เทียนเสมอ



กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรอนงค์ อาร์ศิริโร



กรรมการ

อาจารย์ ดร. ศักดิพล เทียนเสมอ

3 กุมภาพันธ์ 2555

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร. ศักดิพล เทียนเสมอ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งให้ความรู้ คำแนะนำ ปรึกษา และตรวจสอบแก้ไข วิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนะ แก้วกำเนิด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรอนงค์ อารัตโร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพบุลย์ หล้าสมศรี ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คุณนงคราญ ไชยวงศ์ ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คุณสุขแก้ว กำเมืองสา และภาควิชาธรณีวิทยา คุณมิชัย เทพนุรัตน์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ เกี่ยวกับการวิเคราะห์ต่างๆในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณ คุณรุ่งฤดี ศรีสำอางค์ และ คุณนนทพงษ์ พลพวก และพี่น้องเพื่อนฝูง ทุกคน รวมไปถึงบุคคลที่ไม่ได้กล่าวถึง ที่ช่วยให้คำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี ขอขอบคุณครอบครัวทุกคนโดยเฉพาะ คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้อง บุคคลในครอบครัว ที่ได้ช่วยให้ความช่วยเหลือและคอยเป็นกำลังใจ กำลังทรัพย์และกำลังปัญญาในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูงสำหรับข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น และขอบคุณสำหรับคำวิจารณ์ต่างๆที่ได้รับผ่านวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนหวังว่าวิทยานิพนธ์นี้จะมีประโยชน์กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจที่จะศึกษารายละเอียดของเคลือบเซรามิกต่อไป

ศิวัช ลาวัลย์วดีกุล

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

ผลของโลหะทองแดงในเคลือบประกายโลหะต่อ

การสะท้อนแสง

ผู้เขียน

นาย ศิวัช ลาวัลย์วดีกุล

ปริญญา

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร. ศักดิพล เทียนเสมอ

บทคัดย่อ

248691

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของโลหะทองแดงที่มีต่อการสะท้อนแสงบนเคลือบ โดยการเติมสารคอปเปอร์(II)ออกไซด์และคอปเปอร์(II)คาร์บอเนต ที่ไม่ผ่านการบด และผ่านการบดเป็นเวลา 4, 8 และ 16 ชั่วโมง ลงในเคลือบพื้นฐาน ในปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำการเคลือบลงบนชิ้นทดสอบ นำไปผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชัน จากนั้นทำการทดสอบสีโดยเครื่องคลอเรอริมิเตอร์ และเครื่องอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี ตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคโดยกล้องจุลทรรศน์แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด วิเคราะห์เฟสที่เกิดขึ้นหลังการเผาเคลือบโดยเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน และอิเล็กตรอนสปีนเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี ผลการศึกษาพบว่า คอปเปอร์ออกไซด์ที่บด 4 ชั่วโมง ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13.88 ไมโครเมตร และปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ให้ค่าการสะท้อนแสง และเกิดประกายที่ดี

Thesis Title	Effects of Copper Metal in Metallic Luster Glaze on Light Reflection
Author	Mr. Siwat Lawanwadeekul
Degree	Master of Science (Industrial Chemistry)
Thesis Advisor	Dr. Sakdiphon Thiansem

ABSTRACT

248691

The purpose of this research was to study the effects of copper metal on light reflection from metallic luster glaze. Non-ground and ground (for 4, 8 and 16 hours) copper(II)oxide and copper(II)carbonate were used as additives. The glaze was coated on the specimen at 10, 15, 20, 25 and 30 %wt. then, followed by firing at 1230 °C in reduction atmosphere. Finally, the specimens were tested by the colorimeter, UV-Visible spectrophotometer, optical microscopy, scanning electron microscope (SEM), X-ray diffraction (XRD) and electron spin resonance Spectrometer (ESR). It was found from the results that at 4 hours ground copper(II)oxide, average particle size of 13.88 um and 10 %wt. showed good light reflection and luster.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงประยุกต์	2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.5 สถานที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและทบทวนเอกสารวิชาการ	
2.1 เคลือบ	4
2.2 องค์ประกอบและส่วนผสมของเคลือบ	5
2.2.1 เฟลด์สปาร์	7
2.2.2 แคลเซียมคาร์บอเนต	7
2.2.3 ซิลิกอนไดออกไซด์	7
2.2.4 ดินเผาหิน	8
2.2.5 คอปเปอร์ออกไซด์	8
2.2.6 ทองแดง	9
2.2.7 ทิไวไฟรด์	9
2.3 ขั้นตอนในการเตรียมน้ำเคลือบ และการเคลือบผลิตภัณฑ์	10
2.4 สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปเคลือบ	11

2.5 การเผาเกลือ	11
2.6 บรรยากาศในการเผา	12
2.7 สี	14
2.8 การสะท้อนของแสง	14
2.9 การเกิดประกาย	15
2.10 เคลือบประกาย	16
2.11 การตกแต่งผลิตภัณฑ์บนเคลือบให้มีลักษณะปรากฏเหมือนการตกแต่งด้วยมุก	16
2.12 แนวคิดการเกิดปฏิกิริยาของโลหะคอปเปอร์ในเคลือบ	17
2.13 เครื่องมือและการตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่าง	
2.13.1 เอกซ์เรย์คิฟแฟรกชัน	19
2.13.2 เอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์	23
2.13.3 เครื่องวัดสี สำหรับวัดค่าสี	25
2.13.4 เครื่องอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโตรสโกปี	26
2.13.5 จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	27
2.14 สรุปสาระสำคัญของเอกสารที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุคืบ สารเคมี และวิธีการทดลอง	
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	33
3.2 วัสดุคืบและสารเคมี	33
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง	
3.3.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ และชิ้นงานผลิตภัณฑ์จากน้ำดินหล่อสำเร็จรูป	36
3.3.2 การเตรียมน้ำเคลือบ	37
3.3.3 การชุบเคลือบโดยวิธีการจุ่ม	38
3.3.4 การทดลองเผาชิ้นทดสอบ	38
3.3.5 การตรวจสอบลักษณะของเคลือบที่ผ่านการเผา	39
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลจากการเตรียมชิ้นทดสอบและชิ้นงานจากน้ำดินหล่อสำเร็จ	40
4.2 ผลการทดลองสูตรเคลือบเบื้องต้น	40

4.3 ผลของการศึกษานาอนุภาค	42
4.4 การทดสอบสี และการวัดค่าการสะท้อนของแสง	44
4.5 ประเมินผลการทดลองและการตรวจสอบ	60
4.6 การวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคของเคลือบ	62
4.7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเฟสที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟเฟรคโตมิเตอร์ และอิเล็กตรอนสปินเรโซแนนซ์	66
 บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	70
5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในโอกาสต่อไป	72
 บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก เสนอผลงานวิจัยแบบบรรยายพร้อมบทความ	77
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาค	91
ภาคผนวก ค ผลิตภัณฑ์ขึ้นทดสอบจากการทดลอง	100
ประวัติผู้เขียน	103

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 การแบ่งกลุ่มของออกไซด์ต่างๆ	6
2.2 การเปลี่ยนแปลงของเคลือบในระหว่างการเผา	12
3.1 ผลวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมีของน้ำดินหล่อและเคลือบใส	34
4.1 ผลการทดสอบสี และลักษณะของเคลือบที่ผ่านการเติมคอปเปอร์(II)ออกไซด์ ที่ไม่ผ่านการบดปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	44
4.2 ผลการทดสอบสี และลักษณะของเคลือบที่ผ่านการเติมคอปเปอร์(II)ออกไซด์ ที่ผ่านการบดนาน 4 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	46
4.3 ผลการทดสอบสี และลักษณะของเคลือบที่ผ่านการเติมคอปเปอร์(II)ออกไซด์ ที่ผ่านการบดนาน 8 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	48
4.4 ผลการทดสอบสี และลักษณะของเคลือบที่ผ่านการเติมคอปเปอร์(II)ออกไซด์ ที่ผ่านการบดนาน 16 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	50
4.5 ผลการทดสอบสี และลักษณะของเคลือบที่ผ่านการเติมคอปเปอร์(II)คาร์บอเนต ที่ไม่ผ่านการบดปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	52
4.6 ผลการทดสอบสี และลักษณะของเคลือบที่ผ่านการเติมคอปเปอร์(II)คาร์บอเนต ที่ผ่านการบดนาน 4 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	54
4.7 ผลการทดสอบสี และลักษณะของเคลือบที่ผ่านการเติมคอปเปอร์(II)คาร์บอเนต ที่ผ่านการบดนาน 8 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	56
4.8 ผลการทดสอบสี และลักษณะของเคลือบที่ผ่านการเติมคอปเปอร์(II)คาร์บอเนต ที่ผ่านการบดนาน 16 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	58

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 โครงสร้างการจัดเรียงตัวของโครงสร้างที่เป็นผลึก และ โครงสร้างของเคลือบ	4
2.2 การสะท้อนของแสงบนผิววัตถุใดๆ	14
2.3 ผลึกภัณฑ์ที่ตกแต่งโดยใช้เคลือบประกายโลหะ	15
2.4 ขางสน และ เพชรที่ให้ประกายแบบอโลหะ	16
2.5 การรวมตัวกันเป็นคอปเปอร์ซัลไฟด์ และอนุภาคของโลหะคอปเปอร์	18
2.6 รังสีตกกระทบ รังสีหักเห และรังสีสะท้อนของแสง เมื่อแสงเดินทางจากอากาศไปยังเคลือบ	18
2.7 การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์	19
2.8 ระบบผลึก 7 ระบบ แสดงการจัดเรียงโครงสร้าง 14 แบบ	21
2.9 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง (X-ray diffractometer)	22
2.10 อิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอมแบ่งเป็นชั้น	23
2.11 (a) รังสีเอกซ์พลังงานสูงทำให้อิเล็กตรอนในชั้น K หลุดออกไปจากวงโคจร (b) อิเล็กตรอนในชั้น M ที่มีพลังงานสูงกว่าลงมาแทนที่ โดยคายรังสีเอกซ์ที่มี พลังงานจำเพาะออกมา	24
2.12 โคอะแกรมสัมประสิทธิ์ a^* และ b^*	25
2.13 พฤติกรรมของลำแสงเมื่อผ่านเข้าไปยังสารละลายหรือวัตถุใดวัตถุหนึ่ง	26
2.14 การเกิดอันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนปฐมภูมิกับอะตอมตัวอย่าง	27
2.15 การกระตุ้นให้เกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัวโดยใช้ลำอิเล็กตรอน	28
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง	35
3.2 แบบขั้นทดสอบที่ใช้ในการทดลอง	36
3.3 โปรไฟล์การเผาที่ใช้ในห้ำงหุ่นส่วนจำกัดแหลมทองเซรามิก	38
4.1 การทดสอบเคลือบเบื้องต้นโดยที่ปริมาณต่างๆ	41
4.2 การกระจายตัวของขนาดอนุภาคของคอปเปอร์(II)ออกไซด์ที่ไม่ผ่านการบด และผ่านการบดในหม้อบดนาน 4, 8 และ 16 ชั่วโมง	42
4.3 การกระจายตัวของขนาดอนุภาคของคอปเปอร์(II)คาร์บอเนตที่ไม่ผ่านการบด และผ่านการบดในหม้อบดนาน 4, 8 และ 16 ชั่วโมง	43

4.4 ค่าการสะท้อนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer ของคอปเปอร์(II)ออกไซด์ที่ไม่ผ่านการบด ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	45
4.5 ค่าการสะท้อนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer ของคอปเปอร์(II)ออกไซด์ที่ผ่านการบดนาน 4 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	47
4.6 ค่าการสะท้อนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer ของคอปเปอร์(II)ออกไซด์ที่ผ่านการบดนาน 8 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	49
4.7 ค่าการสะท้อนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer ของคอปเปอร์(II)ออกไซด์ที่ผ่านการบดนาน 16 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	51
4.8 ค่าการสะท้อนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer ของคอปเปอร์(II)คาร์บอเนตที่ไม่ผ่านการบด ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	53
4.9 ค่าการสะท้อนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer ของคอปเปอร์(II)คาร์บอเนตที่ผ่านการบดนาน 4 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	55
4.10 ค่าการสะท้อนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer ของคอปเปอร์(II)คาร์บอเนตที่ผ่านการบดนาน 8 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	57
4.11 ค่าการสะท้อนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer ของคอปเปอร์(II)คาร์บอเนตที่ผ่านการบดนาน 16 ชั่วโมง ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	59
4.12 กลไกและขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาของเคลือบ	60
4.13 การสะท้อนแสงบนผิวเคลือบ	61

4.14 การเกิดผลึกสีเงินขนาดเล็กบนผิวเคลือบ	62
(a) พื้นผิวเคลือบ 4h CuO 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 5 เท่า	
(b) พื้นผิวเคลือบ 4h CuO 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 5 เท่า	
(c) พื้นผิวเคลือบ 4h CuO 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 20 เท่า	
4.15 SEM แสดงการเกิดผลึกบนผิวเคลือบ	63
(a) 4h CuO 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 85 เท่า	
(b) 4h CuO 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 500 เท่า	
บริเวณที่เกิดเป็นผลึกของคอปเปอร์	
(c) 4h CuO 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 85 เท่า	
(d) 4h CuO 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 500 เท่า	
4.16 SEM แสดงภาพตัดขวางระหว่างเคลือบและเนื้อดิน	64
(a) 4h CuO 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 85 เท่า	
(b) 4h CuO 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 500 เท่า	
(c) 4h CuO 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 5000 เท่า	
ขยายจากบริเวณส่วนที่เกิดเป็นผลึกของคอปเปอร์	
4.17 EDX ผลของบริเวณที่ทำการตรวจสอบในรูป 4.14 (b)	65
4.18 XRD แสดงการเกิดผลึกบนพื้นผิวของเคลือบ	66
(a) 4h CuCO ₃ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
(b) 4h CuO 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
(c) 4h CuCO ₃ 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
(d) 4h CuO 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
(e) 4h CuCO ₃ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
(f) 4h CuO 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
(g) 4h CuCO ₃ 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
(h) 4h CuO 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบการเกิดของคอปเปอร์ออกไซด์	
ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น	
4.19 ESR ของคอปเปอร์(II)ออกไซด์ที่ผ่านการบด 4 ชั่วโมง	68
ปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
4.20 ESR ของคอปเปอร์(II)ออกไซด์ที่ผ่านการบด 4 ชั่วโมง	69
ปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	