

การประยุกต์ใช้สีอิมัลชันในกระบวนการชุบเหล็ก  
THE APPLICATION OF EMULSION PAINT FOR IRON  
COATING DIP INDUSTRY



26 ก.ย. 2557

โครงการวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2555

หัวข้อโครงการวิศวกรรมเคมี

เรื่อง การประยุกต์ใช้สีอิมัลชันในกระบวนการชุบเหล็ก

โดย

นายชนิพนธ์ เจตบำรุงสิน

นายณัฐพร ทองผาสุข

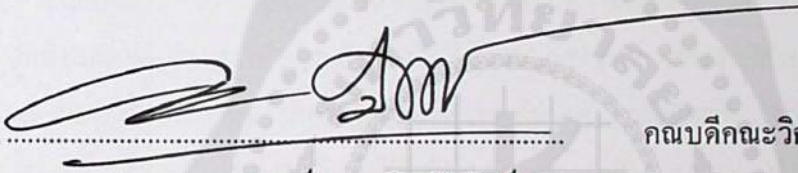
ภาควิชา

วิศวกรรมเคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ดร. วรรณวิไล ไกรเพชร เอวานส์

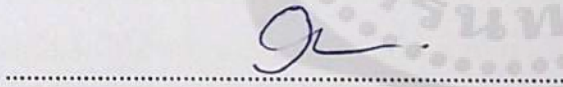
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อนุมัติให้นับโครงการวิศวกรรมเคมี  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต



(รองศาสตราจารย์ ดร. เวทิน ปิยรัตน์)

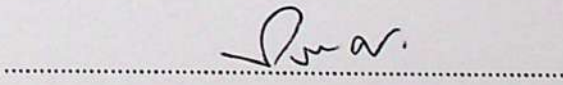
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม



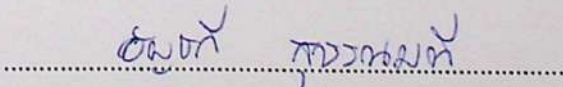
ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรรณวิไล ไกรเพชร เอวานส์)



กรรมการ

(ดร. ภรณ์ ศรีธรรมรัตน์)



กรรมการ

(ดร. อัญชลี สุวรรณมณี)

การประยุกต์ใช้สีอิมัลชันในกระบวนการชุบเหล็ก  
ปีการศึกษา 2555

โดย

นายชนิพนธ์ เจตบำรุงสิน  
นายณัฐพร ทองผาสุข

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ดร. วรณวิไล ไกรเพชร เอวานส์

บทคัดย่อ

โครงการวิศวกรรมเคมีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตสีอิมัลชันในอัตราส่วนขององค์ประกอบของสีที่เหมาะสม และศึกษาคุณสมบัติด้านความแข็ง ด้านความถ่วงจำเพาะด้านความหนืด และด้านความติดแน่น เพื่อสามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมสำหรับการชุบลงบนเหล็กได้จากการทดลองผลิตสีอิมัลชันในอุตสาหกรรมชุบเหล็ก พบว่าปริมาณองค์ประกอบในการผลิตที่มีอัตราส่วนเหมาะสมที่สุดในการผลิตสีอิมัลชัน คือ กาวเรซิน 46.01 เปอร์เซ็นต์ ผงสี 32.62 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 18.83 เปอร์เซ็นต์ สารเติมแต่ง 2.11 เปอร์เซ็นต์ และสารกันสนิม 0.43 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรมการชุบเหล็ก มีค่าความแข็ง ของฟิล์มสีมีระดับความแข็งสูงสุด เท่ากับ 4H ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.152 ค่าความหนืด เท่ากับ 33.394 เซนติสโตกส์ และค่าความติดแน่นมีคะแนน เท่ากับ 8 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงสมบัติการยึดติดที่สูง และสามารถป้องกันสนิมไม่ให้เกิดขึ้นบนชิ้นงานเหล็กได้ สีอิมัลชันที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถทดแทนสีน้ำมันที่ใช้อยู่ได้ เนื่องจาก สามารถกันสนิมได้ มีสมบัติการยึดติดที่ดีกว่า มีราคาที่ถูกกว่า และยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ เพราะไม่มีกลิ่นเหม็นของสารระเหย

คำสำคัญ : สีอิมัลชัน/ อุตสาหกรรม/ เหล็ก

**THE APPLICATION OF EMULSION PAINT  
FOR IRON COATING DIP INDUSTRY**

**Academic Year 2012**

**By**

Mr. Chanipkon Jetbumrungsin

Mr. Nattaporn Thongphasuk

**Advisor**

Asst. Prof. Wanwilai Kraipech Evans, Ph.D.

**ABSTRACT**

The aim of this chemical engineering project is to formulate an emulsion paint. The properties of hardness, specific gravity, viscosity and adhesion of the paint for iron coating dip industry were studied. The experimental results showed that the formulation of main parameters for the resin ratio of 46.01 percent, pigment ratio of 32.62 percent, solvent ratio of 18.83 percent, additive ratio of 2.11 percent and anti-rust ratio of 0.43 percent, were found to be the suitable formulation. From the property testing result, the pencil hardness scale is 4H, the specific gravity is 1.152, and the viscosity is 33.394 centistokes. The adhesion number is found to be 8 point, which gives better adhesion condition than that of the oil painting. The emulsion paint obtained from this research can be used in the iron coating dip industry because it gives better adhesion condition, and cheaper than oil painting. It also anti-rusting and odorless.

**Keywords:** emulsion paint/ industry/ iron

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมเคมีสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร.วรรณวิไล ไกรเพ็ชร เอวานส์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขส่วนที่บกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด ทำให้โครงการเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดี จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คุณอภิสิทธิ์ วิสพาแก้ว จากบริษัท IDEAL CHEMICAL ที่คอยเป็นผู้ให้การสนับสนุนและอนุเคราะห์อุปการณ์ตลอดทั้งการดำเนินโครงการ รวมทั้งคอยให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการผลิตเป็นอย่างดี ทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.ภรณ์ ศรีรมรินทร์ และ ดร.อัญชติ สุวรรณมณี ที่เป็นกรรมการสอบและให้คำชี้แนะ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่อง จนทำให้โครงการวิศวกรรมเคมีฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกคน ที่ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำ  
กุมภาพันธ์ 2556

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิศวกรรม	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตโครงการวิศวกรรม	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎี	4
2.1.1 สี	4
2.1.2 สีทา	4
2.1.3 สีอิมัลชันหรือสีพลาสติก	5
2.1.4 ลักษณะและคุณสมบัติของสีอิมัลชัน	5
2.1.5 ผงสี	5
2.1.5.1 ผงพื้นสี	5
2.1.5.2 ผงแม่สี	5
2.1.6 สารยึด	5
2.1.6.1 เรซินธรรมชาติ	5
2.1.6.2 เรซินสังเคราะห์	6
2.1.7 สารเติมแต่ง	6

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
2.1.7.1 พลาสติกไซเซเซอร์	6
2.1.7.2 สารกันบูด	6
2.1.7.3 สารขุ่น	6
2.1.7.4 สารเร่งแห้ง	6
2.1.7.5 สารป้องกันเชื้อรา	6
2.1.7.6 สารกันการเกิดฟอง	6
2.1.7.7 สารช่วยกระจายตัว	6
2.1.8 การผลิตสี	6
2.1.8.1 การผลิตแม่สี	6
2.1.8.2 การผลิตสีให้ได้เฉดสีตามต้องการ	7
2.1.9 เหล็ก (Iron) และเหล็กกล้า (Steel)	7
2.1.9.1 เหล็ก	7
2.1.9.2 เหล็กกล้า	7
2.1.10 สนิมหรือสนิมเหล็ก	8
2.1.11 การเกิดสนิมของ โลหะ	8
2.1.12 การทดสอบผลิตภัณฑ์สี	9
2.1.12.1 ความหนืด	9
2.1.12.2 ความถ่วงจำเพาะ	10
2.1.12.3 ทดสอบความแข็ง	11
2.1.12.4 ความติดแน่น	11
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	14
3.1 สารเคมี	14
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์	14
3.3 วิธีการทดลอง	15
3.3.1 ขั้นตอนการผสมสี	15
3.3.2 ขั้นตอนการผสมสี	17

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
3.3.3 วิธีการเตรียมผิวชิ้นงานและการจุ่มเคลือบ	17
3.3.4 วิธีการทดสอบความแข็ง	18
3.3.5 วิธีการหาค่าความถ่วงจำเพาะ	19
3.3.6 วิธีการหาค่าความหนืด	19
3.3.7 วิธีการทดสอบความติดแน่น	20
บทที่ 4 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	21
4.1 อัตราส่วนในการผลิตสีอิมัลชัน	21
4.2 ผลการทดสอบการชุบสี	23
4.3 ผลการทดสอบความแข็ง	25
4.4 ผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะ	32
4.5 ผลการหาค่าความหนืด	34
4.6 ผลการทดสอบความติดแน่น	36
4.7 การเปรียบเทียบผลการทดสอบ	38
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	40
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	43
ก สารเคมี	44
ข รูปภาพ	45
ประวัติย่อหน้าที่ผู้ทำโครงการ	47



## สารบัญตาราง

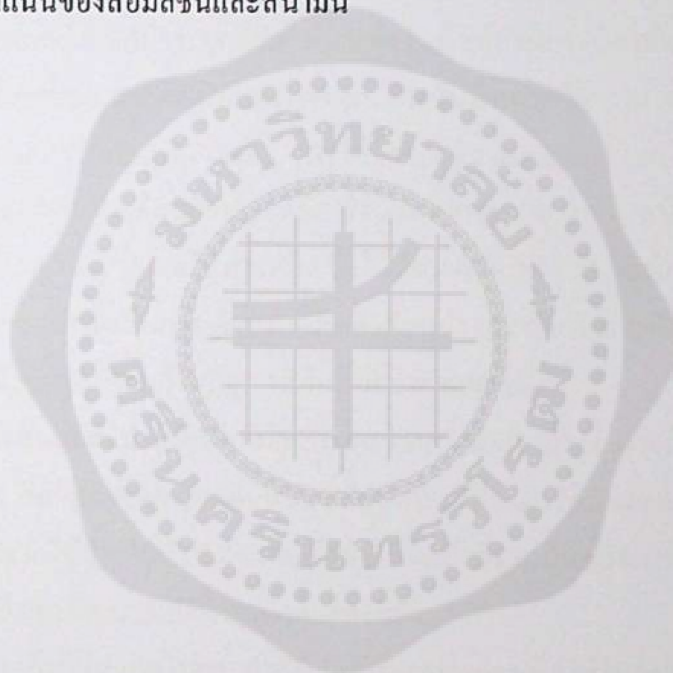
ตารางที่		หน้าที่
2.1	เส้นผ่านศูนย์กลางและช่วงความหนืดด้วยวัดความหนืด	10
2.2	Point number เทียบกับลักษณะการหลุดของสี	12
3.1	สูตรการผสมสี (เนื้อสี) ชั้นผสม	15
3.2	สูตรการผสมสี ชั้นปรับแต่งสี	17
4.1	อัตราส่วนในการผลิตสีอิมัลชัน	21
4.1	อัตราส่วนในการผลิตสีอิมัลชัน (ต่อ)	22
4.2	ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของสี	32
4.3	ตารางแสดงค่าความหนืดของสี	35
4.4	ตารางแสดงความคิดเห็นของสี	38
4.5	การเปรียบเทียบค่าการทดสอบ ความแข็ง ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด และ ความคิดเห็นของสีอิมัลชันและสีน้ำมัน	39
5.1	ตารางแสดงผลการทดสอบสีอิมัลชัน	40
ภาคผนวก		
ข1	ค่าการเพิ่มประสิทธิภาพความต้านทานการสึกกร่อนและคุณสมบัติของสาร เคลือบ โดยการสังเคราะห์สาร PANI และ PAC จากงานวิจัยของ B.A. Bhanvase	45
ข2	ค่าการทดลองผสมสีน้ำโดยปรับปรุงการผสมสารยึด (Resin) จากงานวิจัย ของ Yasuharu Nakayama	46

สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
2.1	ลักษณะการหูดของสี	11
3.1	ใส่ส่วนผสมตามตารางที่ 3.1 ลงในถ้วยผสมสีจากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น	16
3.2	นำสีที่ปั่นผสมแล้วมาเทใส่ผ้ากรองเพื่อแยกเนื้อสีออกจากลูกแก้วบดสี	16
3.3	กรองเนื้อสีใส่ถุงและปิดปากถุงให้สนิท	16
3.4	นำเนื้อสีมาปั่นผสมกับ กาวเรซิน น้ำ สารเติมแต่ง ตามตารางที่ 3.2 และนำแผ่นเหล็กจุ่มเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสี	18
3.5	ลักษณะปลายดินสอเป็นรูปทรงกระบอก	19
4.1	อัตราส่วนในการทดลองผลิตสีอิมัลชัน	22
4.2	ภาพถ่ายผลการทดสอบการจุ่มเคลือบสีอิมัลชันที่ทำการทดลอง (ด้านหน้า)	24
4.3	ภาพถ่ายผลการทดสอบการจุ่มเคลือบสีอิมัลชันที่ทำการทดลอง (ด้านหลัง)	24
4.4	ภาพถ่ายผลการทดสอบการจุ่มเคลือบสีน้ำมัน (ด้านหน้า)	25
4.5	ภาพถ่ายผลการทดสอบการจุ่มเคลือบสีน้ำมัน (ด้านหลัง)	25
4.6	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 2B สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง	26
4.7	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 2B สีน้ำมัน	26
4.8	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ B สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง	27
4.9	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ B สีน้ำมัน	27
4.10	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ H สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง	28
4.11	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ H สีน้ำมัน	28
4.12	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 2H สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง	29
4.13	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 2H สีน้ำมัน	29
4.14	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 3H สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง	30
4.15	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 3H สีน้ำมัน	30
4.16	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 4H สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง	31
4.17	ภาพถ่ายผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 4H สีน้ำมัน	31
4.18	ภาพถ่ายความถ่วงจำเพาะของสีอิมัลชันที่ทำการทดลอง	32
4.19	ภาพถ่ายความถ่วงจำเพาะของสีน้ำมัน	33
4.20	ค่าความถ่วงจำเพาะของสีอิมัลชันและสีน้ำมัน	33

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
4.21	ภาพถ่ายผลการหาค่าความหนืดของสีอิมัลชัน	34
4.22	ภาพถ่ายผลการหาค่าความหนืดของสีน้ำมัน	35
4.23	ค่าความหนืดของสีอิมัลชันและสีน้ำมัน	36
4.24	ภาพถ่ายผลการทดสอบความความติดแน่นของสีอิมัลชันที่ทำการทดลอง	37
4.25	ภาพถ่ายผลการทดสอบความความติดแน่นของสีน้ำมัน	37
4.26	ความติดแน่นของสีอิมัลชันและสีน้ำมัน	38



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการงานวิศวกรรม

การนำเหล็กมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาใช้เป็นโครงสร้าง เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักร เนื่องจากเหล็กมีความแข็งแรง ทนทาน และสามารถรับน้ำหนักได้ดี จึงเป็นที่นิยมในการนำมาใช้เป็นวัสดุหลักในโรงงานอุตสาหกรรม แต่เหล็กมีราคาที่สูง สามารถเกิดสนิม และการผุกร่อนได้ง่าย จึงจำเป็นต้องมีการป้องกันการเกิดสนิมและการผุกร่อน วิธีการป้องกันการเกิดสนิมและการผุกร่อนนั้นมีหลายวิธี เช่น การเปลี่ยนสภาวะแวดล้อมให้ การกัดกร่อน (Corrosive) ลดลง, การใช้สารยับยั้ง (Inhibitor) ทาวัตถุที่ต้องการ วิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือการทาสีเคลือบผิวของเหล็ก ซึ่งนอกจากจะสามารถกันสนิมและการผุกร่อนได้แล้วยังช่วยเพิ่มสีสัน ความสวยงามให้กับเหล็ก จึงได้มีการผลิตสีที่สามารถป้องกันการเกิดสนิมขึ้นมา เนื่องจากราคาของสีป้องกันการเกิดสนิมมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตสีอิมัลชันจะช่วยแก้ไขปัญหาคันสนิมราคาแพงได้

สีอิมัลชัน หมายถึงสีและสิ่งนำสีที่เป็นอิมัลชันระหว่างสารยึดกับน้ำ ซึ่งอาจเรียกชื่ออื่นว่า สีลาเท็กซ์, สีเรซินอิมัลชัน, สีน้ำพลาสติก ซึ่งสีอิมัลชันนี้นับว่าเป็นสีที่สามารถนำมาแทนสีน้ำมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมได้ เนื่องจากใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย จึงทำให้ไม่มีกลิ่นเหม็นของตัวทำละลาย สามารถลดต้นทุนในการผลิตสี และมีคุณสมบัติการแห้งตัวของสีที่รวดเร็ว

ดังนั้นผู้ทำโครงการจึงมีแนวคิดในการนำสีอิมัลชันมาปรับปรุงเพื่อใช้ในการเคลือบเหล็ก โดยการเพิ่มสารเติมแต่งชนิดป้องกันการเกิดสนิมลงไปเพื่อป้องกันการเกิดสนิมและการผุกร่อนของเหล็ก ในงานวิจัยนี้ใช้บัลลาสต์ที่มีวัสดุเหล็กเป็นส่วนประกอบหลัก เป็นตัวทดสอบคุณภาพการป้องกันการเกิดสนิมของสี ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่สำหรับการใช้สีอิมัลชันเคลือบป้องกันการเกิดสนิมในภาคอุตสาหกรรม

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้สีอิมัลชันแทนสีน้ำมันเคลือบป้องกันสนิมในอุตสาหกรรมการจุ่มเคลือบสีเหล็ก

1.2.2 เพื่อทดสอบการกันสนิมของสีอิมัลชัน

1.2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสีอิมัลชันในการจุ่มเคลือบสีเหล็ก

## 1.3 ขอบเขตโครงการวิศวกรรม

ทำการศึกษาค้นคว้า โดยการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตสีอิมัลชันเพื่อป้องกันการเกิดสนิม และการผุกร่อน ซึ่งมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1.3.1 ใช้สารยึด A ระหว่าง 10-25 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนประกอบทั้งหมด

1.3.2 ใช้สารยึด B ระหว่าง 10-25 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนประกอบทั้งหมด

1.3.3 ใช้ผงสีระหว่าง 10-20 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนประกอบทั้งหมด

1.3.4 ใช้น้ำระหว่าง 20-40 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนประกอบทั้งหมด

1.3.5 ใช้สารเติมแต่งระหว่าง 1-3 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนประกอบทั้งหมด

1.3.6 เติมน้ำป้องกันการเกิดสนิม A และ B ผสมกับกาว A ในปริมาณต่างๆ

1.3.7 เติมน้ำป้องกันการเกิดสนิม A และ B ผสมกับกาว B ในปริมาณต่างๆ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถพัฒนาสีอิมัลชันมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตโลหะแทนสีน้ำมันป้องกันสนิมที่มีอยู่เดิมได้

1.4.2 ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของสีอิมัลชันในการเคลือบป้องกันสนิมแก่วัสดุเหล็ก

1.4.3 สามารถลดต้นทุนในภาคอุตสาหกรรมในการผลิตเหล็ก โดยการใช้สีอิมัลชัน

1.5 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินโครงการ											
	2555							2556				
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	
1. ศึกษาหัวข้อโครงการ และ ค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	■	■										
2. นำเสนอเค้าโครงของโครงการ			■									
3. เตรียมอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการผลิตสื่อมัลติมีเดีย			■	■								
4. ทำการทดลองและทดสอบประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดีย			■	■	■	■	■	■				
5. นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์และแสดงผล			■	■	■	■	■	■	■			
6. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง			■	■	■	■	■	■	■	■		
7. จัดทำรูปเล่มโครงการฉบับสมบูรณ์												■

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎี

##### 2.1.1 สี

สี คือ สารหลายชนิดที่รวมกันผ่านกระบวนการที่มีมาในธรรมชาติและการสังเคราะห์ เพื่อใช้เป็นสีทา (สีสำหรับระบายในด้านศิลปะ) และการข้อมสี (ชัยยุทธ และ เลิศรงค์, 2543)

##### 2.1.2 สีทา (Paint)

สีทา คือ ส่วนผสมของส่วนประกอบต่างๆ ที่บดละเอียดผสมกลมกลืนกันจนเป็นเนื้อเดียวกันตลอด ใช้ทาหรือเคลือบผิว เมื่อแห้งจะเกิดเป็นฟิล์มติดบนพื้นผิวนั้น (ชัยยุทธ และ เลิศรงค์, 2543)

##### 2.1.3 สีอิมัลชัน (Emulsion paint) หรือสีน้ำพลาสติก (Plastic paint)

สีอิมัลชัน หมายถึง สีที่มีสิ่งนำเป็นอิมัลชันของสารยึดกับน้ำ อาจเรียกสีอิมัลชันว่าสีลาเท็กซ์ (Latex paint) หรือสีน้ำพลาสติก (Plastic paint) อิมัลชันเป็นระบบที่ประกอบด้วยของเหลว 2 เฟสที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ของเหลวเฟสหนึ่งจะถูกกระจาย หรืออิมัลซีฟายในลักษณะของหยดเล็กๆ อยู่ในของเหลวอีกเฟสหนึ่ง ของเหลวเฟสหลังนี้จะล้อมรอบหยดเล็กๆของของเหลวเฟสแรกทุกหยด และเรียกของเหลวเฟสแรกว่า เฟสภายใน (Internal inner or disperse phase) ส่วนของเหลวเฟสหลังเรียกว่า เฟสภายนอก (External outer or dispersion medium) ของเหลวทั้งสองเฟสจะไม่ละลายหรือละลายซึ่งกันและกันเพียงบางส่วนเท่านั้น ในกรณีของอิมัลชัน น้ำจะเป็นของเหลวเฟสหนึ่งส่วนของเหลวอีกเฟสหนึ่งก็คือ สารยึด โดยการแห้งตัวและเกิดเป็นฟิล์มของสี เกิดจากการระเหยของน้ำ และพอลิเมอร์ก็จะแผ่ตัวกันแน่น มีข้อดีคือ ไม้มีกลิ่นเหม็นของสารระเหยง่ายเนื่องจากใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (อรอุษา, 2537)

#### 2.1.4 ลักษณะและคุณสมบัติของสีอิมัลชัน

สีอิมัลชันมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ผงสี (Pigment) ตัวทำละลาย (Solvent) สารยึด (Binder) และสารเติมแต่ง (Additive) โดยใช้ผงสีที่บดแล้วอย่างละเอียด ผสมกับกาวอาระบิก ซึ่งสกัดมาจาก ต้นอะคาเซีย (Acacia tree) กาวชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือละลายน้ำง่ายและบีดเกาะได้ดี อีกทั้งยังมี ลักษณะที่โปร่งใส (ในกรณีที่ต้องการใช้กาวชนิดอื่นแทนก็ใช้น้ำผึ้งหรือกลีเซอรินซึ่งละลายน้ำได้ดี) แล้วเติมสารประกอบอื่นๆ ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สีอิมัลชันที่มีประสิทธิภาพ

#### 2.1.5 ผงสี (Pigment)

ผงสี (Pigment) เป็นสารที่ให้ความสามารถในการปกปิดพื้นผิว ช่วยเสริมความแข็งแรงของฟิล์มสี และทำให้เกิดสีตัน เนื้อสีจะมีลักษณะเป็นผงละเอียด มีสีต่างๆตามต้องการ (อรอุษา, 2537) ซึ่งส่วนประกอบของผงสีมีดังนี้

2.1.5.1 ผงพื้นสี มีลักษณะ เป็นผงละเอียดคล้ายกับแป้งฝุ่น มีอำนาจการปิดบัง และปกคลุมผิวเบื้องล่าง โดยปกติผงพื้นสีจะทำจาก ผงตะกั่วขาว - แดง ดังนั้นการที่จะให้ได้เป็นสีตามเฉดที่ต้องการต้องนำผงสีมาแต่ง (Tint)

2.1.5.2 ผงแม่สี คือ ผงสีละเอียดที่ใช้ผสมกับผงพื้นสี เพื่อให้เกิดเป็นสีต่างๆตามต้องการ ส่วนใหญ่จะได้จากแร่ธาตุ เช่น สีดำได้จากผงแกรไฟท์ สีเขียวได้จากโครเมียมไตรออกไซด์ สีแดงได้จากผงตะกั่วแดง สีน้ำเงินได้จากผงโคบอลท์ และสีเหลืองได้จากแร่ลิโมไนต์ เป็นต้น

#### 2.1.6 สารยึด (Binder or resin)

สารยึด หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Film former ทำหน้าที่ยึดประสานอนุภาคของสารประกอบ ในสีเข้าไว้ด้วยกันให้เกิดเป็นฟิล์มของสีติดแน่นกับพื้นผิวที่ถูกเคลือบ เป็นสารประกอบจำพวก Polymer ซึ่งมีทั้งตามธรรมชาติ (Natural resins) และได้จากการสังเคราะห์ (Synthetic resins) (อรอุษา, 2537)

2.1.6.1 เรซินธรรมชาติ (Natural resin) คือ เรซินที่ได้จากธรรมชาติซึ่งส่วนใหญ่จะพบเห็นในรูป ของของเหลวที่มีลักษณะเป็นหยดก้อนกลมๆ คล้ายหยดน้ำตาไหลซึมผ่านออกมาทางรอยแตกหรือ รอยกรีดของเปลือกไม้ เช่น จากต้นสน (Pine) หรือต้นเฟอร์ (Firs) เป็นต้น ของเหลวที่ไหลซึม ออกมานี้เกิดการแข็งตัวจนกลายเป็นของแข็งที่สามารถนำไปใช้งานได้เราก็คงจะเรียกเรซินเหล่านี้ว่า เรซินธรรมชาติ โดยทั่วไปเรซินธรรมชาติเหล่านี้จะมีลักษณะ โปร่งแสงและมีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล เข้ม เราอาจกล่าวโดยทั่วไปได้ว่าเรซินธรรมชาติมีสมบัติดังนี้ มีความสามารถ กลายเป็นไอได้ต่ำ จะ ไม่สลายตัวไม่ว่าจะทำการกลั่นภายใต้ความดันหรือไม่ก็ตาม ไม่มีจุด



หลอมเหลวที่แน่นอน ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ และที่สำคัญทนต่อเชื้อรา และแบคทีเรีย

2.1.6.2 เรซินสังเคราะห์ (Synthetic resins) คือ เรซินที่ได้จากการสังเคราะห์ที่มีลักษณะทางกายภาพหรือมีสมบัติคล้ายเรซินที่ได้จากธรรมชาติ มีลักษณะ เป็นของเหลวหนืดที่สามารถแข็งตัวได้ มีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลเข้ม

#### 2.1.7 สารเติมแต่ง (Additive)

สารเติมแต่ง เป็นส่วนที่ช่วยเพิ่มคุณภาพ และคุณสมบัติของสีให้ดีขึ้น และเพื่อให้มีความเหมาะสมตามการใช้งานใช้สำหรับการผลิตสี การนำไปใช้ และการสร้างฟิล์มสี เพื่อให้เกิดสภาพที่ปรากฏออกมาดีที่สุดของฟิล์มสี เช่น (อรอุยา, 2537)

2.1.7.1 พลาสติไซเซอร์ (Plasticizer) ช่วยลดความเปราะและเพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์มสีเมื่อแห้งเพื่อให้สามารถทนแรงกระแทกและแรงคัดโค้ง

2.1.7.2 สารกันบูด (Bactericide) ส่วนใหญ่ใช้ในสีน้ำพลาสติก เพื่อป้องกันไม่ให้สีภายในภาชนะบรรจุเสื่อมคุณภาพเนื่องจากแบคทีเรีย

2.1.7.3 สารข้น (Thickener) เพื่อปรับความข้นหนืดของสีขณะขั้นตอนการใช้งาน

2.1.7.4 สารเร่งแห้ง (Driers) ช่วยเร่งการแห้งของสารเคลือบผิว

2.1.7.5 สารป้องกันเชื้อรา (Fungicide) ใช้ในสีน้ำพลาสติกและสีน้ำมันเป็นหลัก เพื่อป้องกันการขยายพันธุ์ และการเจริญเติบโตของสาหร่ายและเชื้อรา

2.1.7.6 สารกันการเกิดฟอง (Defoamer) ใช้ป้องกันการเกิดฟองอากาศทั้งในระหว่างขั้นตอนการผลิต การบรรจุ และการใช้งาน

2.1.7.7 สารช่วยกระจายตัว (Dispersant) สารที่ช่วยให้ผงสีกระจายตัวดีขึ้นในกระบวนการผลิต

#### 2.1.8 การผลิตสี (Paint manufacture)

การผลิตสี (Paint manufacture) แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้คือ

##### 2.1.8.1 การผลิตแม่สี (Original color paint production process)

ก. ขั้นตอนการบดสี (Grinding) โดยควบคุมความละเอียดของเม็ดสี ให้มีขนาดเล็กตามต้องการ

ข. ขั้นตอนการผสม (Premixing) โดยการผสมส่วนประกอบของสีทั้ง 4 ส่วนลงไปคือ เม็ดสีที่บดได้ขนาดตามต้องการ สารยึด ตัวทำละลาย และสารเติมแต่ง

ค. ขั้นตอนการปรับแต่ง (Letdown) โดยการปรับสารยึด (Resin) ตัวทำละลาย (Solvent) และสารเติมแต่ง (Additive) ตามสูตร

### ง. ปรับความหนืด

#### จ. ตรวจสอบคุณภาพของแม่สี

#### 2.1.8.2 การผลิตสีให้ได้เฉดสีตามต้องการ (Color matching paint production process)

#### ก. ปรับสีให้ได้เฉดตามมาตรฐาน

#### ข. ปรับสารยึด (Resin) , ตัวทำละลาย (Solvent) และสารเติมแต่ง (Additive) ให้

ได้ตามสูตร

### ค. ปรับความหนืด

#### ง. ตรวจสอบคุณภาพของสี

#### 2.1.9 เหล็ก (Iron) และเหล็กกล้า (Steel)

2.1.9.1 เหล็ก สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ Fe คือแร่ธาตุโลหะชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติ ส่วนใหญ่มีสีแดงอมน้ำตาล โดยปกติสามารถดูดติดแม่เหล็กได้ พบมากในชั้นหินใต้ดินบริเวณที่ราบสูงและภูเขา อยู่ในรูปก้อนสินแร่เหล็ก (iron ore) ประปนกับโลหะชนิดอื่นๆ และหิน เมื่อนำมาใช้ประโยชน์จะต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยกรรมวิธีการ "ถลุง" (ใช้ความร้อนสูงเผาให้สินแร่เหล็กกลายเป็นของเหลวในขณะที่กำจัดแร่อื่นที่ไม่ต้องการออกไป) นอกจากนี้ธาตุเหล็กยังเป็นสารอาหารที่ร่างกายคนเราต้องการ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญในเม็ดเลือดแดงของคนเราอีกด้วย กล่าวคือ คนที่ขาดธาตุเหล็กจะเป็นโรคโลหิตจางได้ง่าย

2.1.9.2 เหล็กกล้า คือ โลหะผสมชนิดหนึ่ง โดยทั่วไปเหล็กกล้าหมายถึงความถึง "เหล็กกล้าคาร์บอน (carbon steel)" ซึ่งประกอบด้วยธาตุหลักๆ คือ เหล็ก (Fe) คาร์บอน (C) แมงกานีส (Mn) ซิลิกอน (Si) และธาตุอื่นๆ อีกเล็กน้อย เหล็กกล้าเป็นวัสดุโลหะที่ไม่ได้มีอยู่ตามธรรมชาติ แต่ถูกผลิตขึ้นโดยฝีมือมนุษย์ (และเครื่องจักร) โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของการปรับปรุงเหล็ก (Fe/iron) ให้มีคุณสมบัติโดยรวมดียิ่งขึ้น เช่น แปรเปลี่ยนรูปได้ตามที่ต้องการ แข็งแรง ยืดหยุ่น ทนทานต่อแรงกระแทกหรือสภาวะทางธรรมชาติ สามารถรับน้ำหนักได้มาก ไม่ฉีกขาดหรือแตกหักง่าย เป็นต้น เหมาะสมในการใช้งานในด้านต่างๆ ในชีวิตประจำวันของคนเราได้อย่างหลากหลาย ด้วยต้นทุนที่ต่ำ เพื่อให้ขายได้ในระดับราคาที่คนทั่วไปซื้อหามาใช้ได้ ซึ่งนับว่ามีข้อได้เปรียบดีกว่าวัสดุอื่นๆ (บริษัท จี สติล จำกัด (มหาชน), 2552)

#### 2.1.10 สนิมหรือสนิมเหล็ก

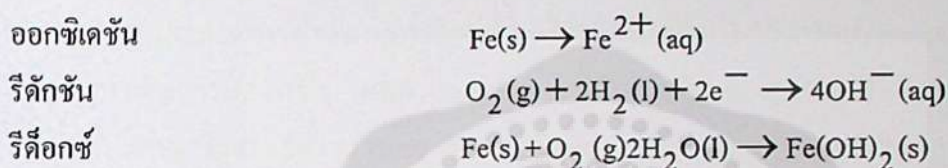
สนิมหรือสนิมเหล็ก คือ สารประกอบระหว่างเหล็กกับออกซิเจนนั่นเอง มีชื่อทางเคมีคือ ไฮดรอกไซด์เฟอร์ริกออกไซด์ ( $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ ) ลักษณะเป็นคราบสีแดง ซึ่งไม่สามารถเกาะอยู่บนผิวของเหล็กได้อย่างเหนียวแน่น สามารถหลุดออกไปได้ง่าย ทำให้เนื้อเหล็กที่อยู่ชั้นในสามารถเกิดสนิมต่อไปจนกระทั่งหมดทั้งชิ้น กระบวนการเกิดสนิมเหล็กค่อนข้างซับซ้อน โดยมีปัจจัยหลักก็คือ

น้ำและออกซิเจน ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศโลก เหล็กจะเกิดสนิมได้เร็วขึ้นในบางสภาวะ เช่น สภาพที่เป็นกรด ตามชายทะเลที่มีไอเกลือเข้มข้น เป็นต้น (สุรศักดิ์, 2555)

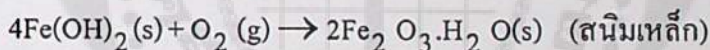
### 2.1.11 การเกิดสนิมของโลหะ

การกัดกร่อนของโลหะเกิดจากสาเหตุหลายประการ แล้วยแต่สภาพแวดล้อมและสมบัติของโลหะดังนี้ (ชัยยุทธ และ เลิศณรงค์, 2543)

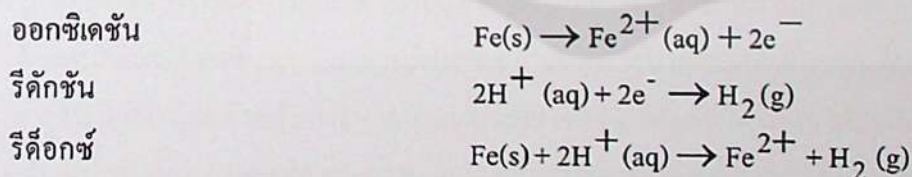
2.1.11.1 เกิดจากปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับออกซิเจนและความชื้นหรือน้ำ เช่น การเกิดสนิมเหล็กในสภาพอากาศชื้น



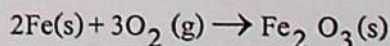
$\text{Fe(OH)}_2$  สามารถรวมตัวกับ  $\text{O}_2$  ที่มีปริมาณมากเกินพอกลายเป็นสนิมเหล็ก (rust) ได้ดังสมการต่อไปนี้



2.1.11.2 เกิดจากโลหะสัมผัสกับสารละลายกรด เช่น เมื่อน้ำเหล็กไปจุ่มในกรด ( $\text{H}^+$ )



2.1.11.3 เกิดจากการรวมตัวกันระหว่างโลหะกับออกซิเจน จะทำให้เกิดโลหะออกไซด์ขึ้นโดยตรง เช่น เหล็กกับออกซิเจนรวมตัวกันเกิดเป็นเหล็กออกไซด์หรือสนิม ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุนทำให้ออกซิเจนแทรกเข้าไปสัมผัสกับเนื้อเหล็กง่าย ดังนี้



### 2.1.12 การทดสอบผลิตภัณฑ์สี

การทดสอบผลิตภัณฑ์สี ในการทดสอบสีน้ำตาลๆไป ส่วนใหญ่จะอ้างถึงการทดสอบตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) และ Japanese Industrial Standards (JIS) ซึ่งเนื้อหาจะครอบคลุมรายละเอียดในการเตรียมตัวอย่าง การทดสอบ รวมถึงการประเมินผลการทดสอบไว้ทั้งหมด โดยมีการทดสอบดังนี้ (เสกศิลป์, 2553)

#### 2.1.12.1 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืด คือ ความสามารถในการต้านทานการไหล โดยของเหลวใดที่มีความหนืดมากจะมีความสามารถในการต้านทานการไหลสูง และของเหลวใดที่มีความหนืดน้อยจะมีความสามารถในการต้านทานการไหลต่ำ เครื่องมือที่ใช้วัดเรียกว่า “Viscometer” ซึ่งเป็นการจับเวลาที่ของเหลวจำนวนหนึ่ง ไหลผ่านรูมาตรฐานที่กำหนดไว้ ณ อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส อัตราการไหลหาได้จาก อัตราส่วนของความหนืดต่อความหนาแน่น (อรอุษา, 2537) ความหนืดที่ได้จากการวัดโดยวิธีการแบบนี้ เรียกว่า ความหนืดคิเนมาติก (Kinematic viscosity) มีหน่วยเป็นสโตกส์ (Stokes) หรือตารางเซนติเมตรต่อวินาที

$$\text{Kinematic viscosity (stoke)} = \frac{\text{Dinamic viscosity (point)}}{\text{Density (g/cm}^2\text{)}}$$

การทดสอบด้วยถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด (Ford viscosity cups) เป็นวิธีการที่โรงงานนิยมใช้กันมาก เนื่องจากสะดวกและรวดเร็ว ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ดทำด้วยวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนและตัวทำละลาย ที่ก้นถ้วยมีท่อทางออก ถ้วยวัดความหนืดมี 3 ขนาด คือ ถ้วยหมายเลข 2 หมายเลข 3 และหมายเลข 4 ถ้วยแต่ละขนาดจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางออกต่างกัน และเหมาะสำหรับการหาความหนืด ของสารเคลือบผิวได้ในช่วงต่างกัน ตารางที่ 2.1 แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางออก และช่วงความหนืดที่หาได้ของถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ดขนาดต่างๆกัน

## ตารางที่ 2.1 เส้นผ่านศูนย์กลางและช่วงความหนืดด้วยวัดความหนืด

หมายเลขของถ้วย	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางออก (นิ้ว)	ช่วงความหนืด (เซนติสโตกส์)
2	0.10	25-120
3	0.13	37-231
4	0.15	70-370

ที่มา : อรุญา (2537)

ก่อนทำการทดสอบให้เลือกถ้วยที่เหมาะสมก่อนโดยใช้ถ้วยหมายเลข 2 สำหรับเวลาการไหลของสารเคลือบผิวออกจากถ้วยอยู่ในระหว่าง 40-100 วินาที และใช้ถ้วยหมายเลข 3 และ 4 สำหรับการไหลระหว่าง 20-100 วินาที ปรับเครื่องมือให้ได้ระดับ เพื่อช่วยให้สารเคลือบผิวที่บรรจุในถ้วยจนเต็มนั้น ไม่มีรอยโค้งหรือล้นออกจากถ้วยด้านใดด้านหนึ่ง ทดสอบหาเวลาการไหลของสารเคลือบผิวออกจากถ้วยโดยเอานิ้วปิดท่อทางออกของถ้วย เติมสารเคลือบผิวลงไปจนล้น แล้วใช้กระจกหรือพายปาดส่วนที่ล้นออก เอานิ้วที่ปิดท่อออกจับเวลาเป็นวินาทีตั้งแต่สารเคลือบผิวเริ่มไหลออกจากท่อจนกระทั่งไหลขาดสาย นำมาคำนวณหาความหนืดคิเนมาติก (เซนติสโตกส์) จากเวลาการไหล (วินาที) ได้ดังนี้

$$\text{ถ้วยหมายเลข 2} = 2.388t - 0.007t^2 - 57.008$$

$$\text{ถ้วยหมายเลข 3} = 2.314t - 15.200$$

$$\text{ถ้วยหมายเลข 4} = 3.846t - 17.300$$

เมื่อ  $t$  คือ เวลาการไหลของสารเคลือบผิว เป็นวินาที

### 2.1.12.2 ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ในการหาค่าความถ่วงจำเพาะของสารเคลือบผิว ทำได้โดยการใช้ถ้วยวัดความถ่วงจำเพาะซึ่งมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อต้องการหาค่าความถ่วงจำเพาะ ขั้นแรก ชั่งน้ำหนักของถ้วยวัดความถ่วงจำเพาะที่แห้งและสะอาดก่อน จากนั้นบรรจุสารเคลือบผิวในถ้วยวัดความถ่วงจำเพาะให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปชั่งน้ำหนัก และสามารถคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะได้จากสูตร (อรุญา, 2537) ความถ่วงจำเพาะ =  $(A-B) \times 0.01$

โดยที่ A = น้ำหนักของถ้วยวัดความถ่วงจำเพาะที่บรรจุสารเคลือบผิวจนเต็ม

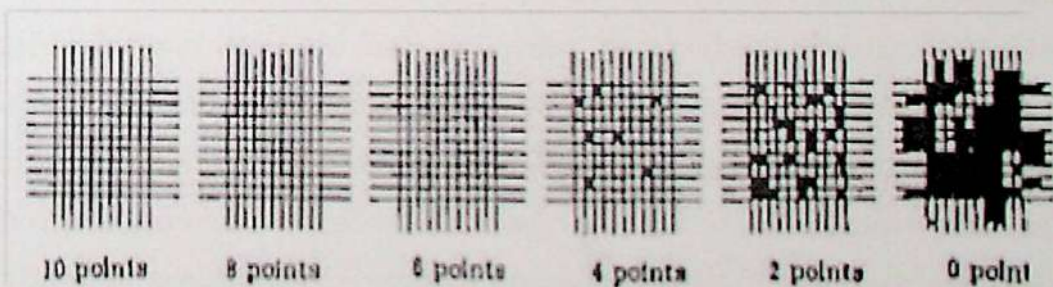
B = น้ำหนักของถ้วยวัดความถ่วงจำเพาะ

### 2.1.12.3 ทดสอบความแข็ง (Hardness)

ความแข็ง คือ ความสามารถของฟิล์มสีของสีเคลือบที่ต้านทานต่อการผิดรูปอย่างถาวรของวัสดุ วัสดุที่มีความแข็งสูงก็จะมีความแข็งแรงสูงตามไปด้วย ดังนั้นการวัดความแข็งเป็นวิธีที่สะดวก และประหยัดในการที่จะทราบค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด (Ultimate tensile strength) ของวัสดุนั้นๆ วิธีการทดสอบความแข็งของฟิล์มของสารเคลือบผิวโดยการใช้ดินสอ (Pencil hardness test) ที่มีความแข็งต่างๆกัน (ความแข็งของดินสอจะลดลงจากเบอร์ 4B-H) กดลงบนฟิล์ม ถ้าปลายดินสอเบอร์ใดแตกในระหว่างที่แหงทะลุผิวฟิล์มไป ก็ถือว่า ฟิล์มดังกล่าวมีความแข็งเท่ากับ ความแข็งของดินสอ นั้น เช่น ถ้าฟิล์มมีความแข็งจนทำให้ดินสอเบอร์ 4B แสดงความฟิล์มนั้นมีความแข็ง คือ 4B แต่ถ้าดินสอสามารถทะลุผ่านผิวของฟิล์มได้โดยที่ดินสอไม่แตกเลย แม้กระทั่งดินสอเบอร์ H ที่มีความแข็งมากที่สุด ก็แสดงว่าฟิล์มนั้นมีความแข็งมากเช่นกัน (อรอุษา, 2537)

### 2.1.12.4 ความติดแน่น (Adhesion)

ความติดแน่น คือ การทดสอบการยึดเกาะของฟิล์มสี ความติดแน่นของฟิล์มของสารเคลือบผิว เป็นตัวบอกระดับความมากน้อยของการยึดเกาะระหว่างฟิล์มกับพื้นผิววัสดุ การทดสอบความติดแน่นมีหลักการ คือ ใช้มีดกรีดฟิล์มสีให้เป็นตารางโดยแต่ละเส้นห่างกัน 1 มิลลิเมตร จำนวน 11 เส้น ใช้เทปใสติดลงบนตารางให้แน่นแล้วกระตุกเทปใสขึ้นอย่างแรง แล้วพิจารณาว่าฟิล์มร่อนหรือไม่ ถ้าฟิล์มร่อนหรือมีแรงยึดเกาะกับพื้นผิวไม่ดี ฟิล์มก็จะเกิดการแตกหรือหลุดออกมีวิธีการปรับปรุงด้วยการปรับอัตราส่วนผสมของเรซิน หรือทดลองใส่เรซินตัวใหม่แทน เพื่อให้ฟิล์มสีเกาะติดได้ดี โดยมีตัวอย่างในการเทียบลักษณะการหลุดดังนี้ (อรอุษา, 2537)



รูปที่ 2.1 ลักษณะการหลุดของสี

ที่มา : เสกศิลป์ (2553)

ตารางที่ 2.2 Point number เทียบกับลักษณะการหลุดของสี

Point number	ลักษณะการหลุดอ่อน
10	ไม่เกิดการหลุดอ่อน บริเวณที่มีการตัดกันของรอยกรีดมีสภาพเรียบเรียบร้อย
8	ไม่เกิดการหลุดอ่อนในบริเวณพื้นที่ตาราง บริเวณที่มีการตัดกันของรอยกรีด มีการหลุดอ่อนเล็กน้อยอยู่ในช่วง 5 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ตารางทั้งหมด
6	บริเวณที่มีการตัดกันของรอยกรีดทั้ง 2 ด้าน มีการหลุดอ่อนเล็กน้อยอยู่ในช่วง 5-15 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ตารางทั้งหมด
4	เกิดการหลุดอ่อนในบริเวณพื้นที่ตาราง อยู่ในช่วง 15-35 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ ตารางทั้งหมด
2	เกิดการหลุดอ่อนในบริเวณพื้นที่ตาราง อยู่ในช่วง 35-65 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ ตารางทั้งหมด
0	เกิดการหลุดอ่อนในบริเวณพื้นที่ตาราง มากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ตาราง ทั้งหมด

ที่มา : เสกศิลป์ (2553)

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bhanvase และ Sonawane (2010) สังเคราะห์โพลิอะนิลีน-4 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมคาร์บอเนต (PAC) และ โพลิอะนิลีน (PAIN) โดยใช้พอลิเมอร์แบบอิมัลชัน การเตรียม PAIN เริ่มจากการชั่ง 3 กรัม โซเดียมลอริลซัลเฟต (SLS) ละลายในน้ำ 50 มิลลิลิตร และชั่ง 7.33 แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (APS) ละลายในน้ำในน้ำ 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเข้าเครื่องปฏิกรณ์แบบเซมิแบทช์ ซึ่งในตอนแรกจะใส่ 1 กรัม อะนิลีน เติบโตไปจนถึง 8 กรัม โดยใช้เวลาทำปฏิกิริยา 70 นาที อุณหภูมิของปฏิกิริยาจะอยู่ที่ 4 องศาเซลเซียส ( $\pm 0.5$ ) จากนั้นใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อเพิ่มปฏิกิริยาเป็นเวลา 20 นาที จะเกิดการก่อตัวของ PAIN ซึ่งที่เวลา 90 นาที จะได้คอลลอยด์ของ PAIN ที่ไว้ 2 ชั่วโมง เพื่อให้ตกตะกอนและนำไปกรองออก และนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน จึงนำไปอบในเตาอบนาน 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ( $\pm 1$ ) ส่วน PAC จะเตรียมด้วยวิธีการเดียวกับ PAIN แต่เติมโพลิอะนิลีน-4 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมคาร์บอเนตของปริมาณมอนอเมอร์ จาก 2 เปอร์เซ็นต์ เป็น 8 เปอร์เซ็นต์ ใส่ในเครื่องปฏิกรณ์พร้อมกับ SLS จากนั้นจึงนำ PAIN และ PAC ที่เติมอัลทรีเรซินแล้วมาเคลือบบนแผ่นเหล็ก ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่าเมื่อเติม PAC ลงในอัลทรีเร

ชินแล้วจะทำให้ความสามารถในการยึดเกาะเพิ่มขึ้น 1 – 5 เปอร์เซ็นต์ และยังมีความสามารถในการลดอัตราการเกิดสนิมได้ดีกว่า PAIN

Garci และคณะ (2008) ตรวจสอบสนิมที่สูญหายไปในการบวกรกัดกร่อน เป็นการจุ่มเหล็กลงในสารละลายคลอไรด์ ผลจากการทดลองเหล็ก 21 เปอร์เซ็นต์ จะสึกกร่อนเป็นสนิม 45-47 เปอร์เซ็นต์ จะหายไป และ 31-34 เปอร์เซ็นต์ ของเหล็กไม่มีการเปลี่ยนแปลง วิธีการการทดลองก็มีการนำสำลีสี่ที่มีสารละลายคลอไรด์ 0.1 โมลาร์, 0.6 โมลาร์, 0.01 โมลาร์, 0.005 โมลาร์ ทดสอบด้วยเหล็กกล้าคาร์บอน ส่วน เหล็กธรรมดาจะถูกทดสอบด้วยสารละลายคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ และ 0.6 โมลาร์ ซึ่งเหล็กจะถูกทำความสะอาดโดยฟันทราบบนผิว ล้างด้วยอะซิโตน ล้างด้วยน้ำและสบู่ และทำให้แห้งในเตาอบ ในการทดลองจะมีการอัดอากาศเข้าไปเรื่อยๆเพื่อจำลองการมีออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยา ส่วนสารละลายคลอไรด์จะถูกเปลี่ยนทุก 48 ชม. พร้อมทำการเก็บตัวอย่างสนิม ซึ่งเหล็กที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชนิดคือ เหล็กกล้าคาร์บอน (CS) และแผ่นเหล็กทนสภาพอากาศ(W.S) จากผลการทดลองพบว่าแผ่นเหล็กทนสภาพอากาศจะมีการเสียมวลเหล็กมากกว่าเหล็กกล้าคาร์บอน ที่ความเข้มข้นของสารละลายคลอไรด์เท่ากัน และที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 0.01 โมลาร์ เหล็กกล้าคาร์บอนจะมีค่าการกัดกร่อนเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว

Butler และคณะ (2005) ศึกษาลักษณะและคุณสมบัติ เมื่อเติมสารลดแรงดึงผิวลงในสารยึดเกาะของสีลาเท็กซ์ ด้วยวิธีการเกิดพอลิเมอร์แบบอิมัลชันเพื่อให้สารลดแรงดึงผิวทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อนุภาคที่แยกออกจากกันไปแล้วกลับมาเกาะกลุ่มกันอีก สามารถแบ่งหลักทำงานของสารลดแรงดึงผิวได้ 3 แบบคือแบบไอออนิก แบบพอลิเมอร์ และแบบอเล็กโทสแตติก จากผลการทดสอบการทำงานของสารลดแรงดึงผิวแบบพอลิเมอร์ ทำให้สีลาเท็กซ์มีคุณสมบัติในการยึดเกาะบนพื้นผิวที่แห้งและเปียกได้ดีกว่าแบบอื่น แต่ทำให้เกิดฟองบนพื้นผิวและมีความมันเงาลดลง

Nakayama (1998) ทำการทดลองผสมสีน้ำโดยปรับปรุงการผสมสารยึด (Resin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีผลต่อคุณสมบัติของสี ทำการผสมอิมัลชัน ไมโครเจล และเรซินที่ละลายน้ำจะได้สารยึดที่ละลายน้ำได้ดีสำหรับการเคลือบ โดยส่วนประกอบของเรซินตัวใหม่สามารถลดความอ่อนตัวของเรซินตัวเดิมได้ และเกิดการสร้างพันธะเชื่อมต่อบนโครงร่างตาข่าย (Crosslinking) มีผลต่อคุณสมบัติในการแห้งตัวของสีน้ำ ทำให้ฟิล์มสีมีความแข็งแรงและยึดเกาะกับผิวโลหะได้ดี และนำอิมัลชันที่ได้ปรับปรุงแล้วไปเคลือบโลหะตัวอย่าง เช่น อลูมิเนียม สแตนเลสสตีล เป็นต้น



### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

##### 3.1 สารเคมี

- 3.1.1 ไททาเนียมไดออกไซด์ ( $\text{TiO}_2$ ) บริษัท Dupont ประเทศไทย
- 3.1.2 แคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) บริษัท Dupont ประเทศไทย
- 3.1.3 โมดิฟายด์อะคริลิกเรซิน ชนิด A บริษัท เอ็มโพเทค อินเตอร์เทรด จำกัด
- 3.1.4 โมดิฟายด์อะคริลิกเรซิน ชนิด B บริษัท เอ็มโพเทค อินเตอร์เทรด จำกัด
- 3.1.5 Co-polymer บริษัท Better World Specialty จำกัด ประเทศไทย
- 3.1.6 Dispersant บริษัท Ciba Specialty Chemicals Heerenveen B.V. ประเทศนอร์เวย์
- 3.1.7 Defoamer บริษัท Ciba Specialty Chemicals Heerenveen B.V. ประเทศนอร์เวย์
- 3.1.8 Slip บริษัท Ciba Specialty Chemicals Heerenveen B.V. ประเทศนอร์เวย์
- 3.1.9 น้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- 3.1.10 สารกันสนิม A (ไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine))
- 3.1.11 สารกันสนิม B (สารกันสนิมยี่ห้อ Raybo)

##### 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์

- 3.2.1 เครื่องบดสี ขนาด 200 cc ยี่ห้อ GAST
- 3.2.2 เครื่องชั่งสี ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ ADAM รุ่น Digital Analytical Balance
- 3.2.3 ดินสอ ยี่ห้อ STAEDTLER
- 3.2.4 ฝากวนสี
- 3.2.5 บัตรลวดทดสอบ
- 3.2.6 ลูกแก้วบดสี ขนาด 1 mm
- 3.2.7 ถ้วยผสมสี
- 3.2.8 กรวยกรองสี

3.2.9 ซ้อนดักสาร

3.2.10 ครอบเปอร์

3.2.11 บัลลาสต์

### 3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ขั้นตอนการผสมสี (ชั้นผสมเนื้อสี)

3.3.1.1 ทำการทดลองผสมสีอิมัลชัน (ชั้นผสม) ตามสูตร ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรการผสมสี (เนื้อสี) ชั้นผสม

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ของส่วนประกอบทั้งหมด
ผงสี	10 – 20
สารยึด	10 – 25
น้ำ	20 – 40
สารเติมแต่ง	1 - 3

3.3.1.2 นำสีที่ได้จากการผสมตามสูตรแล้วไปปั่นกวน โดยตั้งความเร็วรอบของเครื่องปั่นที่ 1000 รอบ/นาที

3.3.1.3 ปล่อยให้ใบพัดปั่นกวนเป็นเวลา 5 นาที ตรวจสอบว่ามีผงสีติดตามใบกวนหรือก้นภาชนะหรือไม่ ถ้ามีให้ชะออกด้วยแท่งแก้วแล้วปั่นกวนต่อ

3.3.1.4 จากนั้นปรับความเร็วรอบของเครื่องปั่นที่ความเร็วรอบต่ำๆ แล้วค่อยๆ โรยลูกแก้วบดสีลงไป โดยโรยจากตรงกลางเพื่อให้ใบพัดปั่นกวนทำงานเต็มที่และปั่นกวนต่อในความเร็วรอบของใบพัดที่ 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที

3.3.1.5 เมื่อครบเวลาทั้งหมดแล้วนำสีที่ผสมกันเรียบร้อยแล้ว ไปกรองเอาเฉพาะเนื้อสีเพื่อนำสีนั้นไปสู่วขั้นตอนการปรับแต่งสีต่อไป



รูปที่ 3.1 ใส่ว่านผสมตามตารางที่ 3.1 ลงในถ้วยผสมสีจากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น



รูปที่ 3.2 นำสีที่ปั่นผสมแล้วมาเทใส่ผ้ากรองเพื่อแยกเนื้อสีออกจากลูกแก้วบดสี



รูปที่ 3.3 กรองเนื้อสีใส่ถุงและปิดปากถุงให้สนิท

### 3.3.2 ขั้นตอนการผสมสี (ขั้นปรับแต่งสี)

#### 3.3.2.1 ทำการทดลองผสมสีอิมัลชัน (ขั้นปรับแต่งสี) ตามสูตร ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สูตรการผสมสี ขั้นปรับแต่งสี

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ของส่วนประกอบทั้งหมด
สารยึด	40 - 70
น้ำ	5 - 10
สารเติมแต่ง	2 - 5
เนื้อสี (จากขั้นผสมเนื้อสี)	30 - 40

3.3.2.2 นำสีที่ได้จากการผสมตามสูตรแล้วไปปั่นกวน โดยตั้งความเร็วรอบของเครื่องปั่นที่ 100 รอบ/นาที

3.3.2.3 ปล่อยให้ใบพัดปั่นกวนเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นหยุดเครื่องแล้วนำสีออกจากเครื่องปั่นกวน และบรรจุสีที่ได้ลงในภาชนะที่ปิดสนิท

#### 3.3.3 วิธีการเตรียมผิวชิ้นงานและการจุ่มเคลือบ

3.3.3.1 การเตรียมผิวชิ้นงานบัลลาสต์ นำชิ้นงานมาเช็ดทำความสะอาดเพื่อไม่ให้มีฝุ่นละออง

3.3.3.2 นำสีที่ผสมเสร็จแล้วเทลงในภาชนะ

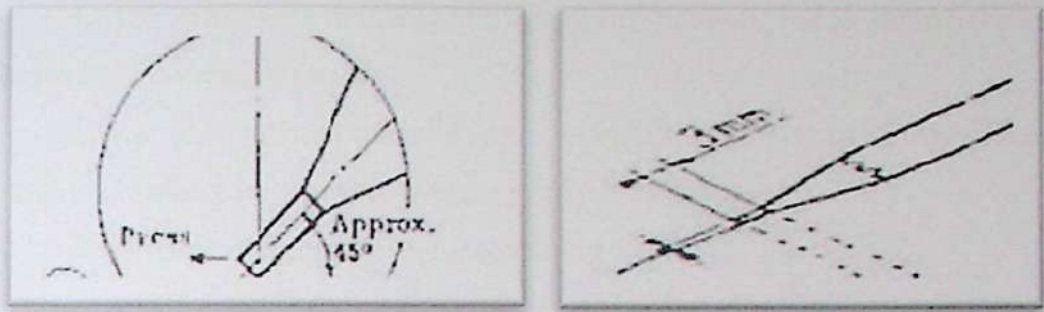
3.3.3.3 นำบัลลาสต์จุ่มลงไปเพื่อเคลือบสีทำเหมือนกันทุกสูตร



รูปที่ 3.4 นำเนื้อสีมาปั่นผสมกับ กาวเรซิน น้ำ สารเติมแต่ง ตามตารางที่ 3.2 และนำแผ่นเหล็กจุ่ม เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสี

### 3.3.4 วิธีการทดสอบความแข็ง (Hardness test)

3.3.4.1 เลือกดินสอที่มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 4B-H เหล่าส่วนปลายของดินสอให้ส่วนของไส้ดินสอยื่นออกมา 3 มิลลิเมตร และทำให้ดินสอหมดความแหลมด้วยการฝนปลายดินสอกับกระดาษทรายจนกระทั่งปลายไส้ดินสอเป็นทรงกลมรูปทรงกระบอก ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ลักษณะปลายดินสอเป็นรูปทรงกระบอก

3.3.4.2 ติดตั้งเข้ากับเครื่องทดสอบให้ปลายดินสอสัมผัสลงบนชิ้นงานให้พอดีแล้วล็อกให้แน่น

3.3.4.3 เลื่อนเครื่องมือที่ติดตั้งดินสอแล้วไปบนตัวอย่างโดยใช้มือออกแรงกดที่เครื่องทดสอบให้เดินหน้าด้วยความเร็วประมาณ 1 เซนติเมตร/วินาที เป็นระยะห่างประมาณ 6 - 12 มิลลิเมตร ทำให้เกิดรอยขีดบนวัสดุพื้นที่ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร

3.3.4.4 ตรวจสอบรอยขีดที่ชิ้นงานที่ทดสอบ ถ้าปลายดินสอเบอร์ใดแตก ในขณะที่แทงทะลุผิวฟิล์มไป ก็ถือว่าฟิล์มดังกล่าวมีความแข็งเท่ากับดินสอ นั้น เช่น ถ้าฟิล์มดังกล่าวมีความแข็งมากจนทำให้ดินสอเบอร์ H ซึ่งแข็งที่สุดแตก แสดงว่าฟิล์มนั้นมีความแข็งมากคือ H

3.3.4.5 แต่ถ้าดินสอสามารถทะลุฟิล์มได้โดยที่ไม่แตกเลย ให้เปลี่ยนดินสอที่มีความแข็งต่างจากกันจาก 4B-H

3.3.4.6 ให้ทดสอบจนกระทั่งได้ความแข็งของไส้ดินสอที่ H ด้วยวิธีเดียวกัน

### 3.3.5 วิธีการหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity test)

3.3.5.1 ทำการชั่งน้ำหนักของถ้วยวัดความถ่วงจำเพาะที่แห้งและสะอาดก่อน

3.3.5.2 จากนั้นบรรจุสีอิมัลชันในถ้วยวัดความถ่วงจำเพาะให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.3.5.3 นำไปชั่งน้ำหนัก

3.3.5.4 นำไปคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะจากสูตร

### 3.3.6 วิธีการหาค่าความหนืด (Viscosity test)

3.3.6.1 เลือกถ้วยที่เหมาะสมโดยใช้ถ้วยหมายเลข 3 สำหรับการไหล 20 - 100 วินาที

3.3.6.2 ปรับเครื่องมือให้ได้ระดับเพื่อให้สีอิมัลชันบรรจุจนเต็ม ไม่มีรอยโค้งหรือล้นออก จากถ้วยด้านใดด้านหนึ่ง

3.3.6.3 ทดสอบหาเวลาการไหลของสีอิมัลชันที่ไหลออกจากถ้วย โดยเอานิ้วปิดช่องทางออกของถ้วย เดิมสีอิมัลชันลงไป

3.3.6.4 ใช้พายปาดปาดส่วนที่สั้นออก เอานิ้วที่ปิดที่ออกจับเวลาเป็นวินาที ตั้งแต่สีอิมัลชันเริ่มไหลตั้งแต่เริ่มไหลออกจากท่อจนกระทั่งเริ่มไหลขาดสาย

### 3.3.7 วิธีการทดสอบความติดแน่น (Adhesion test)

3.3.7.1 สร้างรอยกรีดที่บริเวณกึ่งกลางด้วยคัตเตอร์ให้ลึกจนวัสดุพื้นด้วยความเร็วประมาณ 0.5 วินาที ต่อ 1 เส้น กรณีที่เส้นหนาน้อยกว่า 50 ไมโครเมตร ให้กรีดเส้นห่างกัน 1 มิลลิเมตร เป็นตารางจำนวน 100 ตารางมิลลิเมตร หรือ 2 มิลลิเมตร จำนวน 50 ตารางมิลลิเมตร (กรณีที่มากกว่า 50 ไมโครเมตร) ในการกรีดให้รักษาองศาของใบคัตเตอร์ประมาณ 35 – 45 องศาและให้หักใบคัตเตอร์ทุกๆการกรีด 1 เส้น

3.3.7.2 ตีคเทปกาวยาวประมาณ 50 มิลลิเมตร ลงบนรอยกรีดไปตามแนวยาวของแผ่นตัวอย่าง แล้วรีดฟองอากาศออกด้วยยางลบ จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 1 – 2 นาที จึงดึงเทปที่ปลายข้างที่เหลืออยู่แบบฉับพลัน โดยปลายข้างที่ใช้ดึงทำมุม 90 องศา กับแผ่นตัวอย่าง

3.3.7.3 ให้รายงานเป็น Point number โดยตรวจสอบพื้นที่ที่หลุดลอกไปเทียบกับตารางที่

#### บทที่ 4

### ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 4.1 อัตราส่วนในการผลิตสีอิมัลชัน

##### 4.1.1 อัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตสีอิมัลชัน

จากการทดลองผลิตสีอิมัลชัน มีอัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตดังตารางที่ 4.1 ซึ่งมีการทดลองใช้กาว 2 ชนิด และสารกันสนิม 2 ชนิด จากผลการทดลองพบว่า กาวทั้ง 2 ชนิดยึดเกาะเหล็กได้ดี แต่กาว A มีราคาสูงไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จึงได้เลือกใช้กาว B ในการผลิตสีอิมัลชัน ส่วนสารกันสนิม A สารไม่ผสมกับส่วนผสมอื่น จึงได้เลือกใช้สารกันสนิม B ในการผลิตสีอิมัลชัน จากนั้นทำการปรับอัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตสีอิมัลชัน และหาค่าความหนืดให้ใกล้เคียงกับสีน้ำมัน ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งอัตราส่วนที่นำมาผลิตสีอิมัลชันนั้นนำมาจาก Nakayama (1998) จากการปรับปรุงสีพบว่า สูตรที่ 9 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตสีอิมัลชัน โดยมีอัตราส่วน ผงสี 32.62 เปอร์เซ็นต์ เรซิน 46.00 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 18.83 เปอร์เซ็นต์ สารเติมแต่ง 2.11 เปอร์เซ็นต์ สารกันสนิม B 0.43 เปอร์เซ็นต์ ได้ค่าความหนืดเท่ากับ 33.394 เซนติสโตกส์ เป็นสูตรที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุดและได้คุณภาพของสีอิมัลชันใกล้เคียงกับสีน้ำมัน

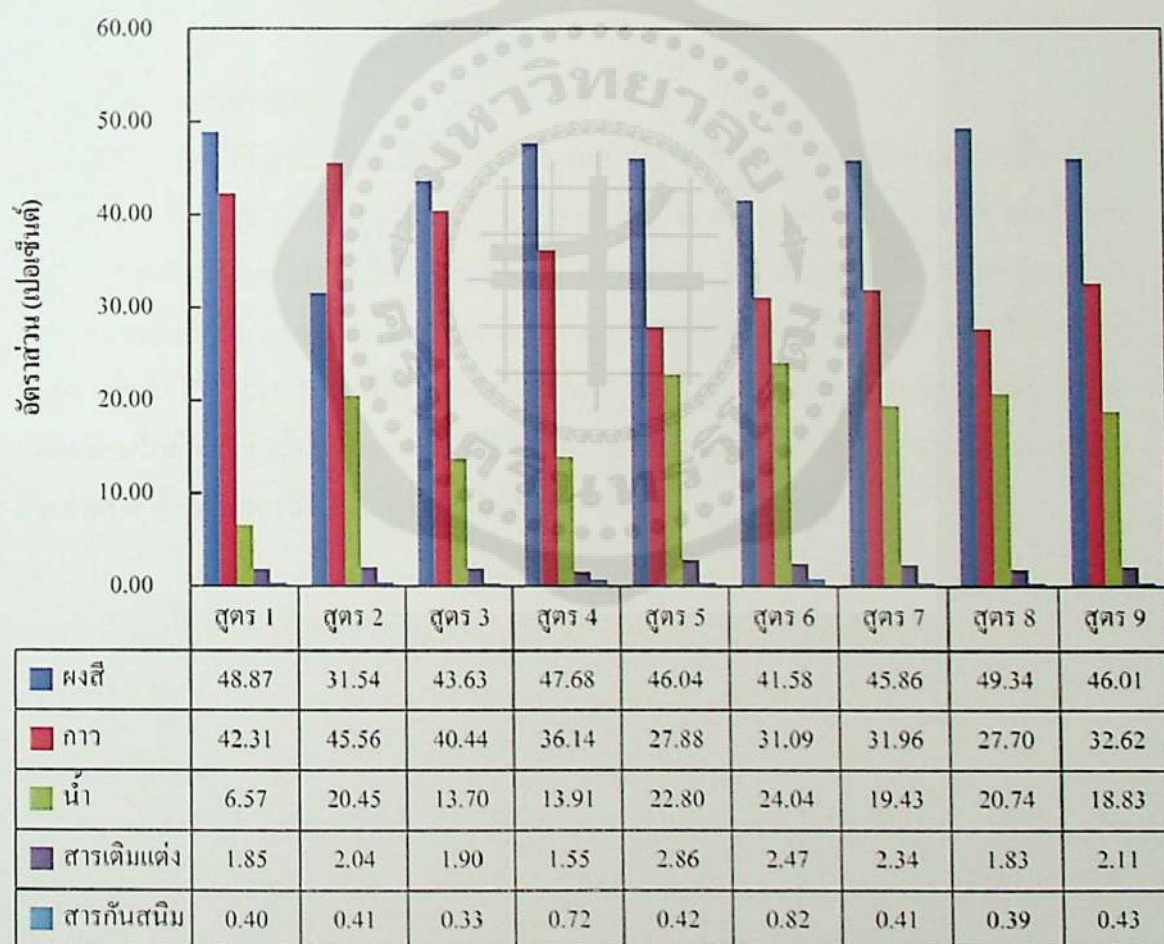
#### ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนในการผลิตสีอิมัลชัน

สูตรสีอิมัลชัน	ชนิดของกาว	ชนิดของสารกันสนิม	อัตราส่วน (เปอร์เซ็นต์)					การทดสอบ	
			กาว	ผงสี	น้ำ	สารเติมแต่ง	สารกันสนิม	การยึดเกาะ	ความหนืด (เซนติสโตกส์)
1	กาว A	A	48.87	42.31	6.57	1.85	0.40	ยึดเกาะ	วัดไม่ได้
2	กาว A	A	31.54	45.56	20.45	2.04	0.41	ไม่ยึดเกาะ	วัดไม่ได้
3	กาว A	A	43.63	40.44	13.70	1.90	0.33	ยึดเกาะ	42.65
4	กาว A	B	47.68	36.14	13.91	1.55	0.72	ยึดเกาะ	วัดไม่ได้
5	กาว A	B	46.04	27.88	22.80	2.86	0.42	ยึดเกาะ	วัดไม่ได้



ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนในการผลิตสีอิมัลชัน (ต่อ)

สูตรสีอิมัลชัน	ชนิดของกาบ	ชนิดของสารกักสนิม	อัตราส่วน (เปอร์เซ็นต์)					การทดสอบ	
			กาบ	ผงสี	น้ำ	สารเติมแต่ง	สารกักสนิม	การยึดเกาะ	ความหนืด (เซนติสโตกส์)
6	กาบ B	A	41.58	31.09	24.04	2.47	0.82	ยึดเกาะ	วัดไม่ได้
7	กาบ B	A	45.86	31.96	19.43	2.34	0.41	ยึดเกาะ	31.08
8	กาบ B	B	49.34	27.70	20.74	1.83	0.39	ยึดเกาะ	35.70
9	กาบ B	B	46.01	32.62	18.83	2.11	0.43	ยึดเกาะ	33.39



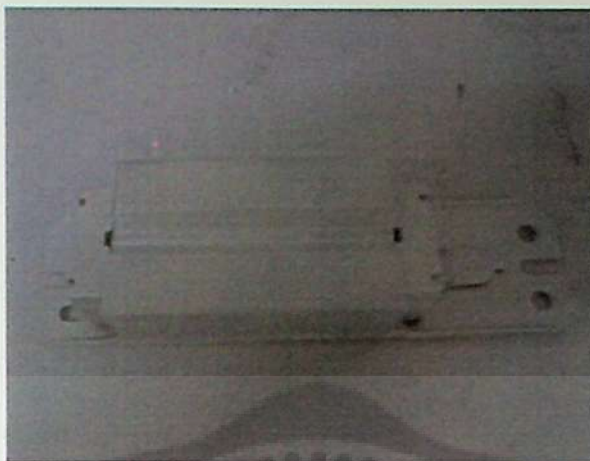
รูปที่ 4.1 อัตราส่วนในการทดลองผลิตสีอิมัลชัน

จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่าสีสูตรที่ 2 สีไม่ยึดเกาะกับผิวเหล็ก เพราะว่ามีอัตราส่วนของ กาวน้อยเกินไป และมีน้ำมากเกินไปเวลาชุบเหล็กแล้วมีสีติดบางเกินไป ส่วนสีสูตรที่ 1 และ 4 มีค่า ความหนืดมากเกินไปด้วยวัดความหนืดเบอร์ 3 จะวัดได้เวลาชุบเหล็กสีจะติดหนาเกินไป ส่วนสีสูตรที่ 5 และ 6 มีค่าความหนืดที่น้อยเกินไปที่จะวัดได้จากด้วยวัดความหนืดเบอร์ 3 ซึ่งเหมาะสำหรับงาน พ่นมากกว่างานชุบ ส่วนสีสูตรที่ 3 และ 7 เนื่องจากสารกันสนิม A ไม่สามารถผสมเข้ากับส่วนผสม อื่นทำให้สารกันสนิมเกิดการแยกชั้นกับเนื้อสี กระจายไม่ทั่วถึงทำให้เวลานำสีไปใช้แล้วเกิดสนิม กระจายอยู่ทั่วไปของบัลลาสต์ ส่วนสีสูตรที่ 8 และ 9 สามารถนำไปผลิตได้ทั้งสองสูตร แต่ที่ เลือกใช้สูตรที่ 9 เพราะลดอัตราส่วนของกาวเรซินลงทำให้มีราคาค้นทุนในการผลิตที่ต่ำลง ส่วนที่ ไม่ใช้กาว A เพราะกาวเรซิน A มีราคาแพงกว่ากาวเรซิน B จึงเลือกใช้กาวเรซิน B แทนกาวเร ซิน A ในการผลิตสี

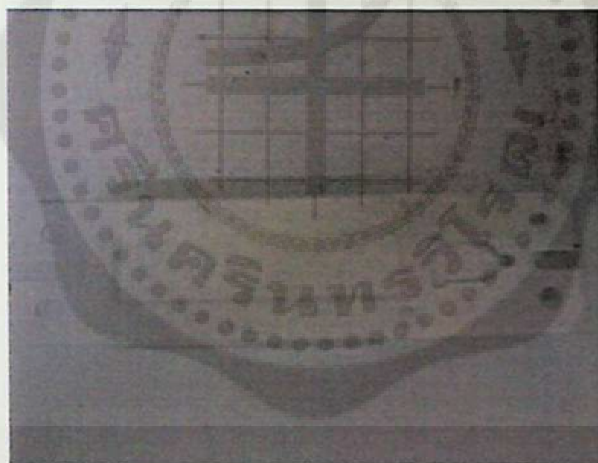
#### 4.2 ผลการทดสอบการชุบสี

จากการผลิตสีอิมัลชัน อัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตคือ ผงสี 32.62 เปอร์เซ็นต์ เรซิน 46.00 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 18.83 เปอร์เซ็นต์ สารเติมแต่ง 2.11 เปอร์เซ็นต์ สารกันสนิม B 0.43 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นได้ทำการจุ่มเคลือบสีอิมัลชันบนบัลลาสต์ ดังรูปที่ 4.2, 4.3 และได้นำสีน้ำมันมาจุ่มเคลือบ บัลลาสต์ดังรูปที่ 4.4, 4.5 ผลที่ได้คือสีอิมัลชันที่ทำการทดลองมีคุณสมบัติการยึดเกาะใกล้เคียงกับสี น้ำมัน เมื่อทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งก็ไม่เกิดสนิมเช่นเดียวกับสีน้ำมัน อีกทั้งผิวของสีอิมัลชันมีความ เนิยเรียบใกล้เคียงกับสีน้ำมัน และต่อไปคือการนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านความแข็ง ด้านความ ถ่วงจำเพาะ ด้านความหนืด และด้านการติดแน่น

#### 4.2.1 ผลการทดสอบการจุ่มเคลือบสีอิ้มัลชันที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายผลการทดสอบการจุ่มเคลือบสีอิ้มัลชันที่ทำการทดลอง (ด้านหน้า)

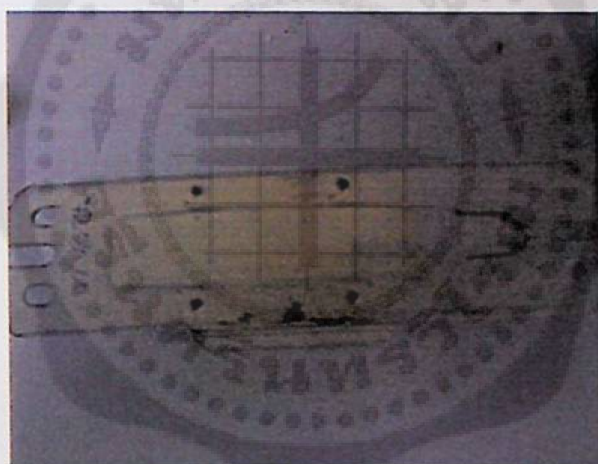


รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายผลการทดสอบการจุ่มเคลือบสีอิ้มัลชันที่ทำการทดลอง (ด้านหลัง)

จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 ผลของการจุ่มเคลือบบัลลาสต์พบว่า สีอิ้มัลชันสามารถเคลือบบัลลาสต์ได้ เรียบเนียน กันสนิมได้ และไม่หลุดลอกหลังจากสีแห้ง



รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายผลการทดสอบการจุ่มเคลือบสีน้ำมัน (ด้านหน้า)



รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายผลการทดสอบการจุ่มเคลือบสีน้ำมัน (ด้านหลัง)

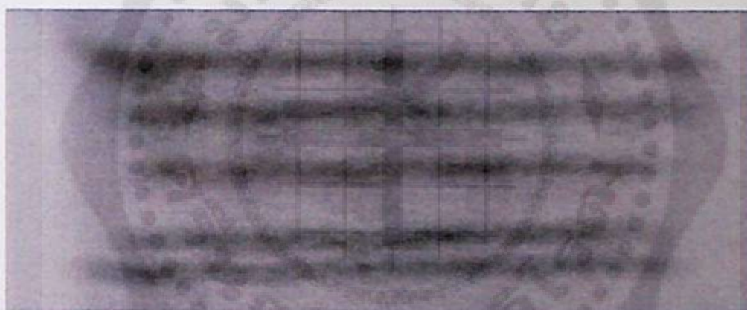
จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 เป็นบัลลาสต์ตัวอย่างที่จุ่มเคลือบสีน้ำมัน จะเห็นว่ามีส่วนปลายด้านหนึ่งได้มีการนำไปจุ่มเคลือบสีอิมัลชันเพื่อทดสอบเคลือบสีว่าใกล้เคียงกันไหม ซึ่งผลที่ได้ก็คือ สีอิมัลชันมีสีที่มีความขาวกว่า

#### 4.3 ผลการทดสอบความแข็ง

จากการทดสอบคุณภาพด้านความแข็งของสีอิมัลชันด้วยดินสอ (Pencil test) โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน JIS K 5400 (Testing methods for paints) ซึ่งมีการระบุค่าความแข็งของฟิล์มเคลือบตาม

ค่าความแข็งของดินสอที่ฟิล์มเคลือบสามารถทนต่อรอยขีดได้ ซึ่งค่าความแข็งที่นำมาทดสอบคือ 2B-B-H-2H-3H แสดงดังรูป 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 และ 4.17 ตามลำดับ ค่าความแข็งซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง สีอิมัลชันที่ทำการทดลองและสีน้ำมัน ซึ่งจากตารางที่ 4.2 เป็นตารางที่เปรียบเทียบค่าความแข็งที่ผ่านการทดสอบ ในขนาดความแข็งของดินสอที่ความแข็ง 2B-4H ของสีอิมัลชันที่ทำการทดลอง และสีน้ำมัน เมื่อทำการทดสอบด้วยดินสอขนาดความแข็งจาก 2B ถึงขนาดความแข็ง 4H โดยใช้ดินสอทุกขนาดยี่ห้อ STAEDTLER มีขนาดของการขีดที่ 1 เซนติเมตรจำนวน 5 เส้น ผลปรากฏว่าสีอิมัลชัน ที่ทำการทดลองมีคุณสมบัติทนความแข็งได้ใกล้เคียงกับสีน้ำมัน ซึ่งความแข็งนี้เป็นผลมาจากการใส่กาเวซินที่มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความแข็งลงไป ไม่ได้แข็งขึ้นเพราะผงสี หรือสารเติมแต่งจำพวก Co-Solvent

#### 4.3.1 ผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 2B



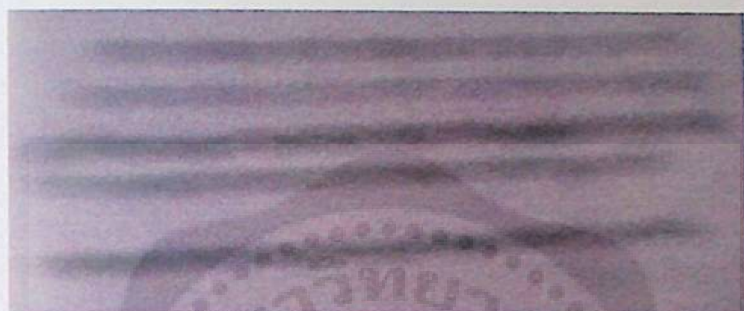
รูปที่ 4.6 สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4.7 สีน้ำมัน

จากรูปที่ 4.6 และ 4.7 หลังจากการขีดทดสอบพบว่า ทั้งสีอิมัลชันและสีน้ำมันมีค่าความแข็งผ่านการขีดด้วยดินสอ 2B เพราะว่าฟิล์มสีทั้งสองเป็นไม่รอยถูกขีดจนเห็นเนื้อเหล็ก แต่ปลายดินสอกลับมีการแตกเนื่องจากเนื้อสีมีความแข็งมากกว่าดินสอ 2B

#### 4.3.2 ผลการทดสอบความแข็งของดินสอ B



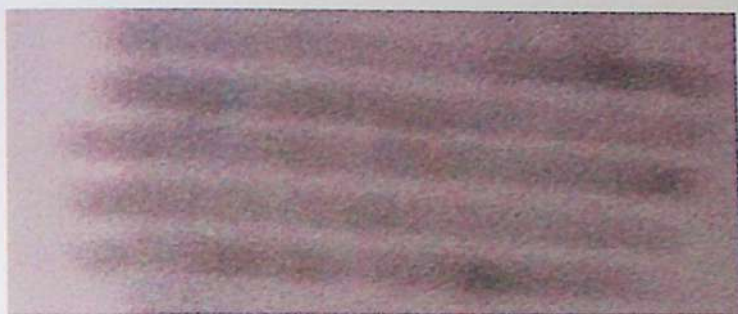
รูปที่ 4.8 สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4.9 สีน้ำมัน

จากรูปที่ 4.8 และ 4.9 พบว่าสีทั้งสองผ่านการทดสอบความแข็งด้วยดินสอ B เพราะว่าปลายดินสอมีการแตก แต่ฟิล์มสีไม่เป็นรอย

#### 4.3.3 ผลการทดสอบความแข็งของดินสอ H



รูปที่ 4.10 สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4.11 สีน้ำมัน

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 พบว่าสีทั้งสองผ่านการทดสอบความแข็งด้วยดินสอ H เพราะว่าปลายดินสอมีการแตก แต่ฟิล์มสีไม่เป็นรอย

#### 4.3.4 ผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 2H



รูปที่ 4.12 สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4.13 สีน้ำมัน

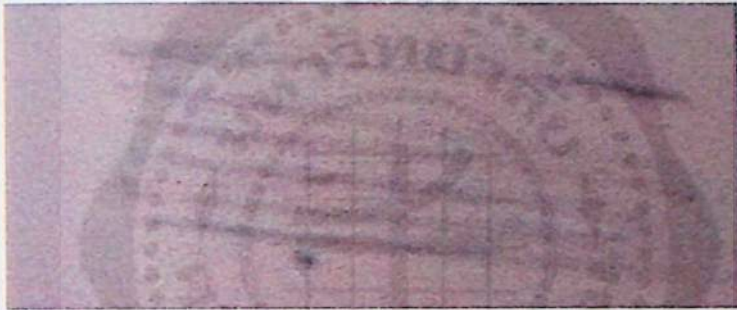
จากรูปที่ 4.12 และ 4.13 พบว่าสีทั้งสองผ่านการทดสอบความแข็งด้วยดินสอ 2H เพราะว่าปลายดินสอมีการแตก แต่ฟิล์มสีไม่เป็นรอย



#### 4.3.5 ผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 3H



รูปที่ 4.14 สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง



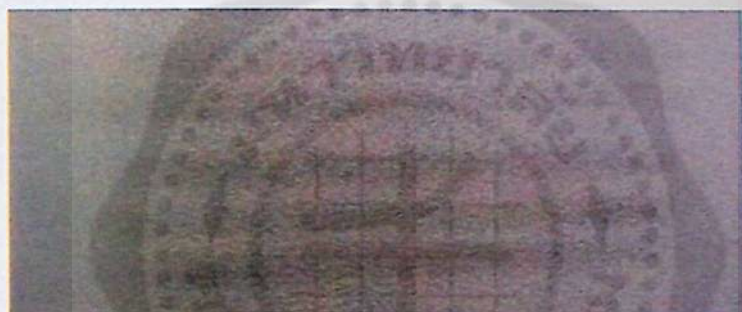
รูปที่ 4.15 สีน้ำมัน

จากรูปที่ 4.14 และ 4.15 พบว่าสีทั้งสองผ่านการทดสอบความแข็งด้วยดินสอ 3H แต่ปลายดินสอไม่มีการแตกและฟิล์มสีไม่เป็นรอย แสดงว่าฟิล์มสีทั้งสองมีความแข็งเทียบเท่าหรือมากกว่าดินสอ 3H

#### 4.3.6 ผลการทดสอบความแข็งของดินสอ 4H



รูปที่ 4.16 สีอิมัลชันที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4.17 สีน้ำมัน

จากรูปที่ 4.16 และ 4.17 พบว่าสีทั้งสองผ่านการทดสอบความแข็งด้วยดินสอ 4H แต่ปลายดินสอไม่มีการแตกและฟิล์มสีไม่เป็นรอย แสดงว่าฟิล์มสีทั้งสองมีความแข็งเทียบเท่าหรือมากกว่าดินสอ 4H

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแข็งของสี

ประเภทของสี	ความแข็ง					
	2B	B	H	2H	3H	4H
สีอิมัลชัน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
สีน้ำมัน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ผ่าน หมายถึง ทนต่อรอยขีดข่วนของดินสอได้

จากตารางที่ 4.2 สรุปได้ว่า สีอิมัลชันและสีน้ำมัน ผ่านการทดสอบความแข็งด้วยดินสอตั้งแต่ขนาดความแข็ง 2B - 4H เพราะว่าฟิล์มของสีทั้งสองไม่มีรอยของการทะลุถึงผิวเหล็ก แสดงว่าฟิล์มสีทั้งสองมีความแข็งที่มากกว่าหรือเทียบเท่ากับความแข็งของดินสอ 4H

#### 4.4 ผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะ

จากการหาค่าความถ่วงจำเพาะด้วยไฮโดรมิเตอร์ ที่ช่วงต่างๆ พบว่าสีอิมัลชันมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.152 และสีน้ำมันมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.092 แสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 4.18 และ 4.19 และแสดงค่าเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.20

##### 4.4.1 ผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะของสีอิมัลชันที่ทำการทดลอง

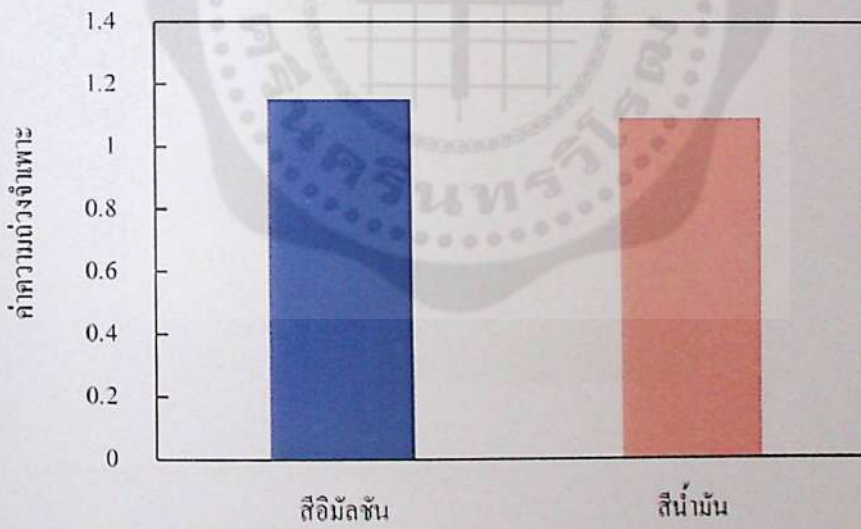


รูปที่ 4.18 ภาพถ่ายความถ่วงจำเพาะของสีอิมัลชันที่ทำการทดลอง

#### 4.4.2 ผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะของสีน้ำมัน



รูปที่ 4.19 ภาพถ่ายความถ่วงจำเพาะของสีน้ำมัน



รูปที่ 4.20 ค่าความถ่วงจำเพาะของสีอิมัลชันและสีน้ำมัน

จากรูปที่ 4.20 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของสีอิมัลชันกับสีน้ำมันมีค่าเป็น 5.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าเป็นค่าใกล้เคียงกัน

#### 4.5 ผลการหาค่าความหนืด

การหาค่าความหนืดของสีอิมัลชัน ซึ่งถ้วยที่เหมาะสมในการวัดความหนืดของฟอร์ด (Ford viscosity cups) คือ ถ้วยหมายเลข 3 โดยอ้างอิงจากวิธีการที่โรงงานนิยมใช้กันมาก จากนั้นนำสีอิมัลชันที่ทำการทดลอง และสีน้ำมัน มาทดสอบความหนืดด้วยถ้วยหมายเลข 3 ดังรูปที่ รูปที่ 4.21 และ 4.22 โดยการจับเวลาเพื่อหาอัตราเร็วในการไหลของสีอิมัลชันภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก รายงานผลเป็นเวลา (หน่วยวินาที) ของสีอิมัลชันที่ทำการทดลอง และสีน้ำมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21 วินาที และ 30 วินาที ตามลำดับ ซึ่งความหนืดของสีอิมัลชันนั้นสามารถเพิ่มหรือลดได้ขึ้นอยู่กับการเติมน้ำลงไปในการบดสี ยิ่งน้ำมากจะทำให้มีความหนืดน้อย แต่ก็จะทำให้เกิดสนิมได้ง่ายยิ่งขึ้นและทำให้เกิดฟองมากขึ้นในขั้นตอนการบดสีอีกด้วย หากจำเป็นจะต้องลดความหนืดของสีอิมัลชันลงนั้นควรเติมสารกันสนิม และ สารลดฟอง (Defoamer) ลงไปด้วย

##### 4.5.1 ผลการหาค่าความหนืดของสีอิมัลชัน



รูปที่ 4.21 ภาพถ่ายผลการหาค่าความหนืดของสีอิมัลชัน

#### 4.5.2 ผลการหาค่าความหนืดของสีน้ำมัน

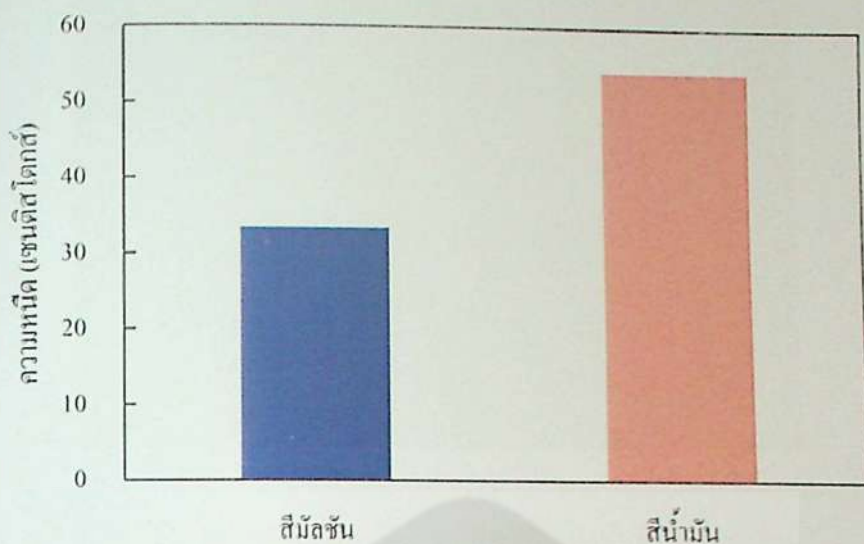


รูปที่ 4.22 ภาพถ่ายผลการหาค่าความหนืดของสีน้ำมัน

เมื่อจับเวลาการไหลของสีอิมัลชันและสีน้ำมันแล้ว นำมาทำการคำนวณค่าความหนืดคิเนมาติกของสีทั้งสองชนิด จากสูตร ถ้วยหมายเลข 3 =  $2.314t - 15.200$

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าความหนืดของสี

ประเภทของสี	ความหนืด (เซนติสโตกส์)
สีอิมัลชัน	33.394
สีน้ำมัน	54.220



รูปที่ 4.23 ค่าความหนืดของสีอีพ็อกซีและสีน้ำมัน

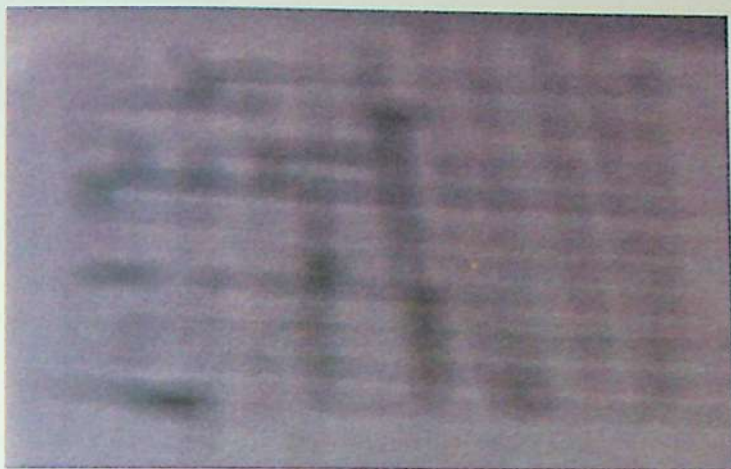
จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.23 คือผลที่ทำการเปรียบเทียบความหนืดสีอีพ็อกซีกับสีน้ำมัน พบว่า สีอีพ็อกซีมีความหนืดคิเนมาติก เท่ากับ 33.394 เซนติสโตกส์ และสีน้ำมันมีความหนืดคิเนมาติกเท่ากับ 54.22 เซนติสโตกส์ จะเห็นว่าสีอีพ็อกซีคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง เทียบกับสีน้ำมันเท่ากับ 38.41 เปอร์เซ็นต์

#### 4.6 ผลการทดสอบความติดแน่น

จากการทดสอบคุณภาพด้านความติดแน่นของสีอีพ็อกซี ใช้แนวทางตามมาตรฐาน JIS K 5400 (Testing methods for paints) โดยทำการทดสอบด้วยวิธีการกรีดผิวเหล็กด้วยกัตเตอร์ปลายแหลมให้เกิดเป็นพื้นที่ตัดขวาง (Cross-cut area) โดยทำการกรีดให้ถึงเนื้อเหล็ก จากนั้นใช้เทปกาวชนิดใสของบริษัท 3M ขนาดกว้าง 1 นิ้ว ติดลงบนพื้นผิวรอยตัดขวาง แล้วใช้มือรีดอากาศออกทิ้งไว้ระยะเวลาประมาณ 2 นาที จึงดึงเทกาออกในแนวทำมุม 45 องศา กับพื้นที่ที่ติดเทป แล้วทำการสังเกตปริมาณพื้นที่ที่หลุดออก ดังรูปที่ 4.24 และ 4.25

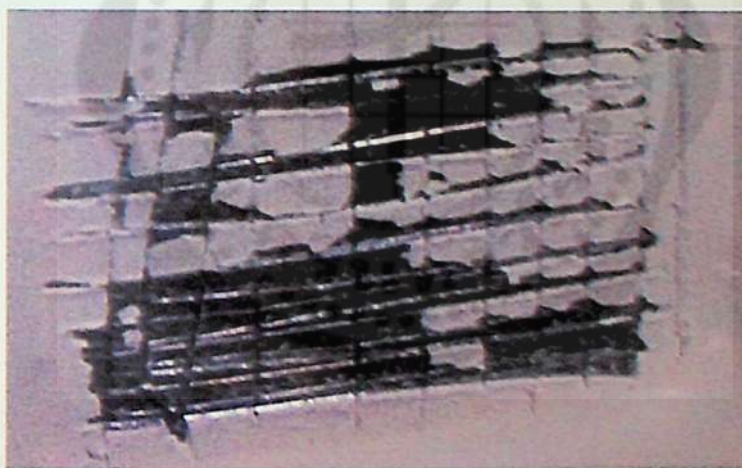
##### 4.6.1 ผลการทดสอบความความติดแน่นของสีอีพ็อกซีที่ทำการทดลอง

ซึ่งคุณสมบัติความติดแน่นของสีอีพ็อกซี เป็นผลมาจากการใช้กาวหรือเรซิน และการผสมกันของส่วนประกอบต่างๆก็มีส่วนเพราะถ้าหากผสมสีกับกาวผสมไม่เข้ากัน จะทำให้เกิดการหลุดของฟิล์มสีได้ ดังนั้นการใส่สารช่วยกระจายตัว (Dispersant) จึงมีส่วนช่วยทำให้สีติดแน่น เพราะทำให้ส่วนต่างๆกระจายตัวเข้ากัน ในขั้นตอนการบดสีทำให้เนื้อสีออกมามีคุณภาพที่ดีไม่หลุดร่อน



รูปที่ 4.24 ภาพถ่ายผลการทดสอบความความติดแน่นของสีน้ำมันที่ทำการทดลอง

#### 4.6.2 ผลการทดสอบความความติดแน่นของสีน้ำมัน



รูปที่ 4.25 ภาพถ่ายผลการทดสอบความความติดแน่นของสีน้ำมัน

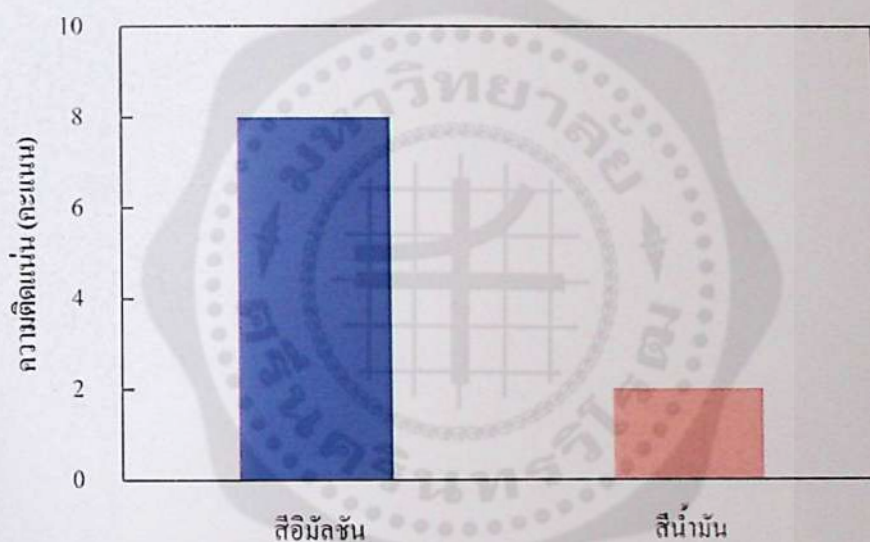
ซึ่งปริมาณการหลุดออกของเนื้อสี เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่า สีน้ำมันที่ทำการทดลองมีลักษณะการหลุดออกในปริมาณที่น้อยมาก และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการหลุดออกของสีน้ำมันจากตารางที่ 2.2 Point number เทียบกับลักษณะการหลุดของสีเท่ากับ 1-2 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ตารางทั้งหมด ซึ่งนับเป็นปริมาณที่เล็กน้อย และสีน้ำมัน เท่ากับ 45-50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ตารางทั้งหมด ซึ่งมีค่าความติดแน่นของสีน้ำมันที่ทำการทดลอง และสีน้ำมัน เท่ากับ 8 คะแนน



และ 2 คะแนน ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.26 สรุปได้ว่าการทดสอบความคิดแน่นของสี  
อิมัลชันที่ทำการทดลอง มีคุณสมบัติการยึดเกาะดีที่ต่ำกว่าสีน้ำมัน

ตารางที่ 4.4 ความคิดแน่นของสีอิมัลชันและสีน้ำมัน

ประเภทของสี	ความคิดแน่น (คะแนน)
สีอิมัลชัน	8
สีน้ำมัน	2



รูปที่ 4.26 ความคิดแน่นของสีอิมัลชันและสีน้ำมัน

#### 4.7 การเปรียบเทียบผลการทดสอบ

จากการทดสอบคุณภาพทั้งหมด 4 ประเภท คือ ด้านความแข็ง ด้านความถ่วงจำเพาะ ด้านความ  
หนืด ด้านความคิดแน่น ของสีอิมัลชันทดลอง และสีน้ำมัน ได้ผลการเปรียบเทียบค่าการทดสอบ  
ทั้งหมด ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าการทดสอบ ความแข็ง ความดุ้งจำเพาะ ความหนืด และความติดแน่นของสีอิมัลชันและสีน้ำมัน

ประเภท ของสี	การทดสอบ			
	ความแข็ง	ความดุ้งจำเพาะ	ความหนืด	ความติดแน่น
	(-)	(-)	(เซนติสโตกส์)	(คะแนน)
สีอิมัลชัน	4H	1.152	33.394	8
สีน้ำมัน	4H	1.092	54.220	2

- หมายถึง ไม่มีหน่วย



## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองผลิตสีอิมัลชันในอุตสาหกรรมหุบเหล็กพบว่า ปริมาณองค์ประกอบในการผลิตที่มีอัตราส่วนเหมาะสมที่สุดในการผลิตสีอิมัลชัน คือ กาวเรซิน 46.01 เปอร์เซ็นต์ ผงสี 32.62 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 18.83 เปอร์เซ็นต์ สารเติมแต่ง 2.11 เปอร์เซ็นต์ และสารกันสนิม 0.43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนในการผลิตสีที่มีราคาต้นทุนในการผลิตสีต่ำที่สุด สามารถนำไปผลิตและใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรมหุบเหล็ก จากการทดสอบคุณสมบัติและคุณภาพของสีอิมัลชันในสูตรที่เหมาะสมแล้วนั้น ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติ 5 วิธีด้วยกัน คือ 1.การทดสอบความแข็ง (Hardness test) 2.วิธีการหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity test) 3.วิธีการหาค่าความหนืด (Viscosity test) 4.วิธีการทดสอบความติดแน่น (Adhesion test) และ 5. ทดสอบการกันสนิม ได้ผลการทดสอบดังนี้

#### ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงผลการทดสอบสีอิมัลชัน

การทดสอบ	ผลการทดสอบ
การทดสอบความแข็ง	4H
การหาค่าความถ่วงจำเพาะ	1.152
การหาค่าความหนืด	33.394 เซนติสโตกส์
การทดสอบความติดแน่น	8 คะแนน
การกันสนิม	ไม่เกิดสนิม

สรุปได้ว่าสีอิมัลชันสูตรนี้มีจุดเด่นสำคัญ คือ กันสนิมได้ มีความแข็งของสีที่สูง มีคุณสมบัติด้านการยึดเกาะติดของฟิล์มสีที่ดีกว่าสีน้ำมันและมีราคาถูกกว่าสีน้ำมัน เพราะมีการใส่สารกันสนิมลงไปทำให้สามารถกันสนิมได้ ใส่กาวเรซินเพิ่มเข้าไปเป็นส่วนประกอบในการผลิตสีอิมัลชันทำให้ค่าความแข็งและค่าความติดแน่นของฟิล์มสีดีกว่าสีน้ำมัน ซึ่งในขั้นตอนการบดสีนั้นมีการใช้สารช่วยกระจายตัว (Dispersant) เพื่อให้ส่วนผสมต่างๆกระจายตัวเข้ากันได้ดี ใส่สารลดฟอง (Defoamer) เพื่อลดการเกิดฟองในขั้นตอนการบดสี ใส่สารเร่งแห้ง (Co-Solvent) เพื่อทำให้สีแห้งเร็วขึ้นในขั้น

ปรับแต่งสี และทำให้ค่าความสว่างจำเพาะ ค่าความหนืดของสี ใกล้เคียงกับสีน้ำมัน ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนสีน้ำมันในอุตสาหกรรมชุบเหล็กได้ เนื่องจากมีต้นทุนด้านราคาในการผลิตสีที่ต่ำกว่าสีน้ำมันและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกับมนุษย์ เพราะไม่มีกลิ่นของสารระเหย



## เอกสารอ้างอิง

- ชัยยุทธ ช่างสาร และ เลิศณรงค์ ศรีพนม. 2543. เคมีประยุกต์. พิมพ์ครั้งที่ 1. หจก.เม็ดทรายพริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ.
- บริษัท จี สติล จำกัด (มหาชน). 2552. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเหล็ก. แหล่งที่มา: <http://www.g-steel.com/th/tec.asp>. สืบค้นเมื่อ 26 สิงหาคม 2555.
- สุรศักดิ์ ไวทยวงศ์สกุล. 2555. การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก. แหล่งที่มา: <http://www.material.chula.ac.th/RADIO45/October/radio10-4.htm>. สืบค้นเมื่อ 26 สิงหาคม 2555.
- เสกศิลป์ บรรพสุขะ. 2550. การทดสอบผลิตภัณฑ์สี. วารสารยานยนต์. 16: 32-40.
- อรุษา สรวารี. 2537. สารเคลือบผิว. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- BSPC-KM. 2554. วิธีเลือกสีกันสนิมงานเหล็ก. แหล่งที่มา: [http://www.bspc.ac.th/external\\_newsblog.php?links=575](http://www.bspc.ac.th/external_newsblog.php?links=575). สืบค้นเมื่อ 25 กันยายน 2555.
- Bhanvase, B., and Sonawane, S. 2010. New approach for simultaneous enhancement of anticorrosive and mechanical properties of coatings : Application of water repellent nanoCaCO<sub>3</sub> - PANI emulsion nanocomposite in alkyd resin. **Chemical Engineering Journal**. 156: 177-183.
- Butler, L., Fellows, C., and Gilbert, R. 2005. Effect of surfactants used for binder synthesis on the properties of latex paints. **Progress in Organic Coatings**. 53: 112-118.
- Garci, K.E., Barrero, C.A., Morales, A.L., and Greneche, J.M. 2008. Lost iron and iron converted into rust in steels submitted to dry-wet corrosion process. **Corrosion Science**. 50: 763-772
- Nakayama, Y. 1998. Polymer blend systems for water-borne paints. **Progress in Organic Coatings**. 33: 108-116.



ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก สารเคมี

### สารไทเทเนียมไดออกไซด์ ( $\text{TiO}_2$ )

ไทเทเนียมไดออกไซด์ ( $\text{TiO}_2$ ) เป็นสารเก่าแก่ชนิดหนึ่งเท่ากับโลกของเรา และเป็นหนึ่งใน 50 ชนิดของสารที่ผลิตมากที่สุดทั่วโลก ลักษณะโดยทั่วไปมีสีขาว ทึบแสง เกิดเองตามธรรมชาติมี 2 รูปแบบ ใหญ่ คือ รูไทล์และอานาเทส ทั้ง 2 รูปแบบมีไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์อยู่กับสารปนเปื้อน ต้องผ่านกระบวนการทางเคมีจึงจะนำสารปนเปื้อนออกได้ เหลือไว้แต่ไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์ ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นสารสีที่มีสีขาวมีประโยชน์สำหรับการใช้งานได้หลากหลาย เนื่องจากมันไม่มีกลิ่นและมีความสามารถในการดูดซับ แร่ชนิดนี้พบได้ในหลายผลิตภัณฑ์ตั้งแต่สีทาบ้านไปจนถึงอาหารและเครื่องสำอาง ในกลุ่มเครื่องสำอางใช้เพื่อหลายวัตถุประสงค์ ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นสารสีที่มีสีขาว เป็นตัวที่ทำให้เกิดการทึบแสง และเป็นตัวป้องกันแสงแดด

### สารแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ )

แคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) เป็นสารที่มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหลายประเภท เนื่องจากมีคุณสมบัติที่บดให้ละเอียดได้ง่าย โดยผลละเอียดของแคลเซียมคาร์บอเนต มีความเสถียรทางเคมีและไม่เป็นพิษ นอกจากนี้คุณสมบัติพิเศษอื่นๆ เช่น ความขาว (brightness) การดูดซับน้ำมัน (Oil absorption) ที่เอื้อประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมพลาสติกและยาง อุตสาหกรรมสี เป็นต้น

### สีน้ำมัน (Oil paint)

สีน้ำมัน (อังกฤษ: Oil paint) เป็นสีชนิดที่แห้งช้าที่ประกอบด้วยรงควัตถุที่ผสมกับน้ำมันระเหย (Drying oil) ที่มักจะเป็นน้ำมันเมล็ดฝ้าย ความชื้นของสีก็อาจจะปรับได้โดยการเติมสารละลายเช่น น้ำมันสน หรือ น้ำยาละลายสี (White spirit) และก็อาจจะมีการใส่ น้ำมันเคลือบ (Varnish) เพื่อให้มันเงามากขึ้นเมื่อสีแห้ง การใช้สีน้ำมันใช้กันมาตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 13 ในอังกฤษ สำหรับการตกแต่งอย่างง่าย ๆ แต่ก็ไม่ได้มีการใช้อย่างแพร่หลายในการเป็นวัสดุที่ใช้ในการเขียนจิตรกรรมมาจนกระทั่งคริสต์ศตวรรษที่ 15 การใช้สีน้ำมันในสมัยใหม่มักจะใช้ในการรักษาเนื้อไม้ในการทาสีบ้านหรือในการทาสีสิ่งที่จะต้องทนกับสถานะอากาศ เช่น เรือหรือสะพาน เพราะคุณสมบัติที่ทนทานและเป็นเงาทำให้เป็นที่นิยมใช้กันทั้งในการตกแต่งภายในและภายนอกทั้งที่ใช้น้ำมันและบนโลหะ เพราะเป็นสีที่แห้งช้าจึงได้มีการใช้ในงานงานเขียนแอนิเมชันบนแก้ว (Paint-on-glass animation) การแห้งหรือเร็วก็ขึ้นอยู่กับความหนาของสีที่ทา

### โทลูอีน (Toluene) หรือ ทินเนอร์ (Thinner)

โทลูอีน (Toluene) เป็นสารเคมีที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย มักนำมาใช้ผสมในสีทาบ้าน รวมทั้งน้ำยาล้างเล็บและสารเคลือบเงา เช่น แล็กเกอร์ หรืออวาร์นิช ลักษณะทั่วไปของทินเนอร์ เป็นของเหลวใส ไม่มีสี หรือมีสีเหลืองอ่อน ระเหยง่าย สามารถติดไฟ และเกิดระเบิดได้ มีกลิ่นเฉพาะตัว โทลูอีนส่วนมากสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยการสูดดมได้ถึงประมาณร้อยละ 40 ถึง 60 ของปริมาณโทลูอีนทั้งหมด และอาจดูดซึมได้บ้างทางผิวหนังจากการสัมผัสโดยตรง โทลูอีนที่เข้าสู่ร่างกายประมาณร้อยละ 60 ถึง 80 จะแปรสภาพที่ตับโดยเปลี่ยนเป็นกรดฮิพพิวริก (Hippuric acid) และขับออกทางปัสสาวะ โดยกระบวนการทั้งหมดเกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากที่ได้รับ โทลูอีนเข้าสู่ร่างกาย ยกเว้นในกรณีที่ได้รับ โทลูอีนซ้ำต่อเนื่องกัน อาจเกิดการสะสมของกรดฮิพพิวริกในร่างกาย

ตารางที่ภาคผนวก ข1 ค่าการเพิ่มประสิทธิภาพความต้านทานการสึกกร่อนและคุณสมบัติของสารเคลือบ โดยการสังเคราะห์สาร PANI และ PAC จากงานวิจัยของ B.A. Bhanvase

Resin	Cross-cut adhesion ASTM D 3359-87	Gloss (at 45°)	Impact resistance (kg/cm <sup>2</sup> ) ASTM D2794
Alkyd	1 mm Fail	25	60
1.0% PANI/alkyd	1 mm Pass	45	70
1.5% PANI/alkyd	1 mm Pass	30	71
2.0% PANI/alkyd	1 mm Pass	35	73
2.5% PANI/alkyd	1 mm Pass	47	74
5.0% PANI/alkyd	1 mm Pass	33	78
1.0% PAC/alkyd	1 mm Pass	56	92
1.5% PAC/alkyd	1 mm Pass	62	95
2.0% PAC/alkyd	1 mm Pass	55	97
2.5% PAC/alkyd	1 mm Pass	56	98
5.0% PAC/alkyd	1 mm Pass	45	102



ตารางที่ภาคผนวก ข2 ค่าการทดลองผสมสีน้ำโดยปรับปรุงการผสมสารยึด (Resin) จากงานวิจัย  
ของ Yasuharu Nakayama

Material	Surface energy (dyne/cm)			Adhesion (cross-cut/tape)
	$\gamma$	$\gamma^d$	$\gamma^p$	
Galvanized steel	49-9	31.7	18.2	Good
Aluminum	45.0	31.7	13.2	Good
Stainless steel	49.6	31.1	18.5	Good
Cold rolled steel	44.8	31.3	13.5	Good
Polyethylene	41.5	31.4	10.1	Good
Polypropylene	28.7	25.4	3.3	Poor
Polyvinylchloride	55.0	31.8	23.3	Good
ABS	40.6	29.9	10.7	Good

Paint: pigment ( $\text{TiO}_2$ ) = 80 wt.% of resin; binder system: maleinized polybutadiene modified emulsion/water-soluble resin A (70:30); test method: cross cut test.  $\gamma^d$ , dispersion component;  $\gamma^p$ , polar component; ABS, poly(acrylonitrile-butadiene-styrene).

## ประวัติย่อประวัติผู้ทำโครงการ

ชื่อ-สกุล	นายชนิทกรณ์ เจตบำรุงสิน
วัน เดือน ปีเกิด	28 เมษายน 2534
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	23 ซ.ลาดพร้าว 57 ถ.ลาดพร้าว ต. สะพานสอง อ.วังทองกลาง จ. กรุงเทพมหานคร 10310
โทรศัพท์	082-0997314



## ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548	มัธยมต้น โรงเรียนนนทรีวิทยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2551	มัธยมปลาย โรงเรียนนนทรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปี ปัจจุบัน	กำลังศึกษาระดับ ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

## ประวัติย่อบัณฑิตผู้ทำโครงการ

ชื่อ-สกุล นายฉัฐพร ทองผาสุข  
 วัน เดือน ปีเกิด 9 มกราคม 2534  
 สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร  
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน 10/292 ม.3 ซ.บุญศิริ หมู่บ้านทองวิวัฒน์วิลล่า  
 ถ.สุขุมวิท อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10270  
 โทรศัพท์ 087-5507494



## ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548 มัธยมต้น โรงเรียนศรีวิกรม์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร  
 พ.ศ. 2551 มัธยมปลาย โรงเรียนศรีวิกรม์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร  
 ปี ปัจจุบัน กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
 สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ