บทที่ 4

วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองในบทที่ 4 ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

- การทดลอง
- การทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง

4.1 การทดลอง

การทดลองที่จะดำเนินการต่อไปนี้ ส่วนใหญ่กระทำขึ้นภายในกระบวนการพ่นสีฝุ่นที่ใช้งานอยู่มิใช่เป็นการนำออกมาดำเนินการภายนอก เนื่องจากต้องการวัดค่าที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งในทางปฏิบัติค่อนข้างยุ่งยากพอสมควรเนื่องจากจะปรับปัจจัยได้ค่อนข้างลำบาก และในกระบวนการมีการเดินผลผลิตปกติอยู่ การปรับปัจจัยที่ต่างไปจะส่งผลให้ผลผลิตเสียหายได้ บางการทดลองจึงต้องนำมาดำเนินการภายนอกแต่จะควบคุมให้ใกล้เคียงกับการทำงาน การทดลองในเบื้องต้นนี้ทั้งหมดสามารถแบ่งได้เป็น 6 การทดลองด้วยกัน

- ความหนาของชิ้นงานกับคุณภาพของสีที่ได้
- ขนาดของชิ้นงานกับคุณภาพของสีที่ได้
- การปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Voltage) กับคุณภาพของสีที่ได้
- การปรับส่วนผสมของลมกับคุณภาพของสีที่ได้
- อุณหภูมิอบสีที่เปลี่ยนแปลงกับคุณภาพของสีที่ได้
- การปรับเวลาในการอบกับคุณภาพของสีที่ได้

โดย 2 การทดลองแรกเป็นการทดลองเกี่ยวข้องกับปัจจัยจากชิ้นงานได้แก่ ความหนาและขนาดของชิ้นงาน ส่วน 4 การทดลองที่เหลือจะเป็นปัจจัยจากเครื่องจักรได้แก่ แรงเคลื่อนไฟฟ้า, ปริมาณลมผสมสี, อุณหภูมิการอบ และเวลาในการอบ รายละเอียดเป็นดังนี้

สำหรับเหตุผลของการลำดับการทดลองดังกล่าว สามารถสรุปให้กระชับได้โดยการแสดงถารลำดับเหตุการตามแผนภูมิที่ 4.1 และแผนภูมิที่ 4.2

แผนภูมิที่ 4.1 เป็นการแสดงให้เห็นการทดลองในส่วนของการปรับปัจจัยชิ้นงานและการเตรียมชิ้นงานก่อนการเข้ากระบวนการพ่นสี ประกอบด้วย 2 การทดลอง

แผนภูมิที่ 4.2 เป็นการแสดงให้เห็นการทดลองในส่วนของการปรับปัจจัยของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการพ่นสี ประกอบด้วย 4 การทดลอง รายละเอียดของวัตถุประสงค์และเหตุผลจะอธิบายในแต่ละการทดลอง สำหรับการกำหนดค่าตัวลบของปัจจัยในแต่ละการทดลองสามารถดูได้ในภาคผนวก ข.

วิธีการทดลองจะประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมชิ้นงาน โดยขนาดของชิ้นงานที่เตรียมจะมีค่า $\pm$ ไม่เกินด้านละ 5 มิลลิเมตรตามที่ระบุไว้แต่ละการทดลอง
2. การเคลือบฟอสเฟต
3. การพ่นสีชิ้นงาน
4. การผ่านชิ้นงานเข้าเตาอบสี
5. การทดสอบคุณภาพของชิ้นงาน (เพื่อให้เข้าใจการทดลองดีขึ้นอาจจะศึกษารายละเอียดในหัวข้อ 4.2 ก่อนศึกษาการทดลอง)
6. บันทึกผลการทดลองเพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูล

ข้อควรระวังในการทดลอง

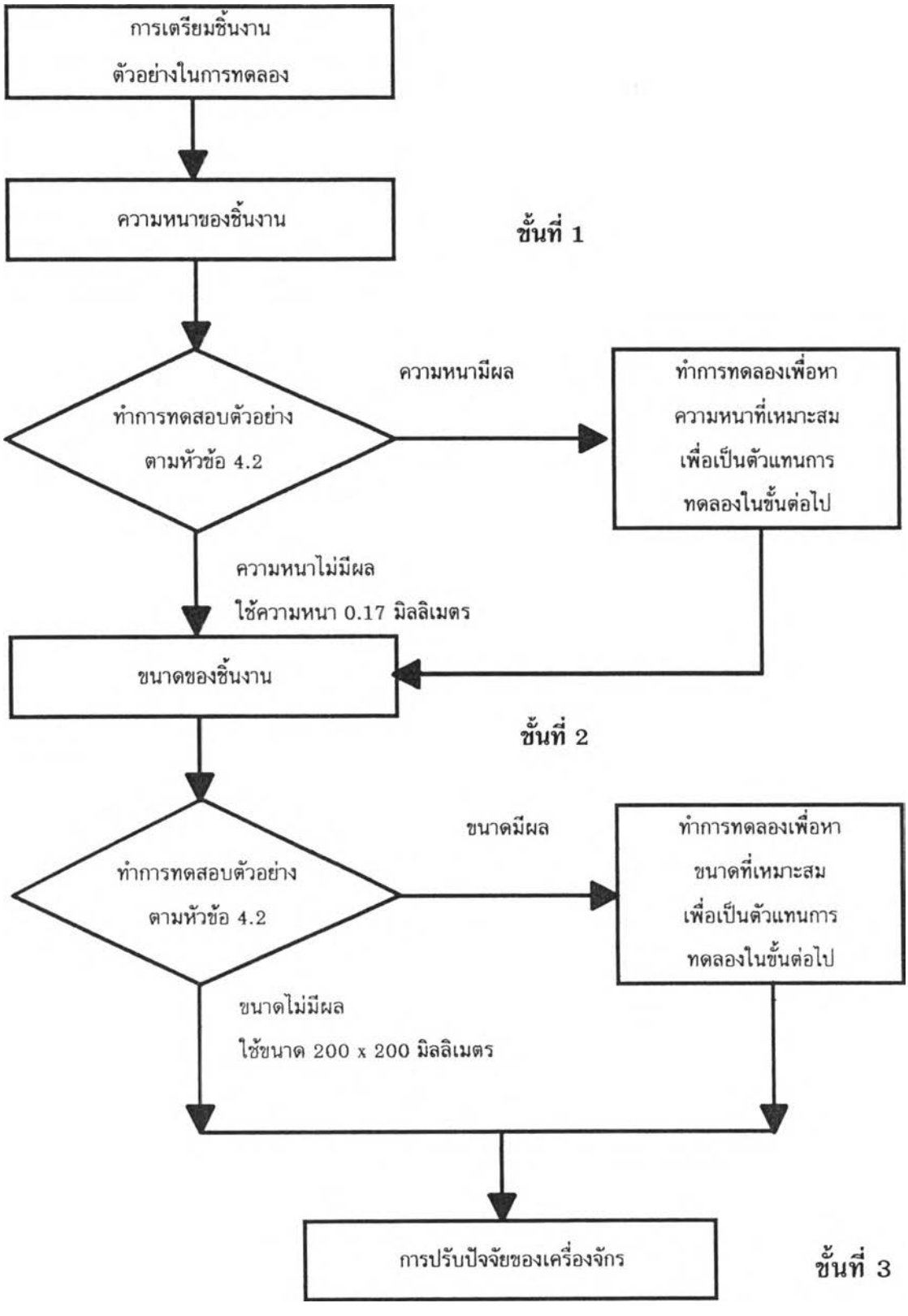
<u>การเคลือบฟอสเฟต</u>

ให้เคลือบชิ้นงานภายหลังจากการไตรเตรทหาปริมาณน้ำยา และปรับสภาพน้ำยาเสร็จใหม่ ๆ ทั้งนี้เพื่อชิ้นงานสามารถเคลือบฟอสเฟตได้ดี และคุณภาพของน้ำยาเคลือบฟอสเฟตใกล้เคียงกันทุกครั้งที่ทดทดลอง

<u>การพ่นสีชิ้นงาน</u>

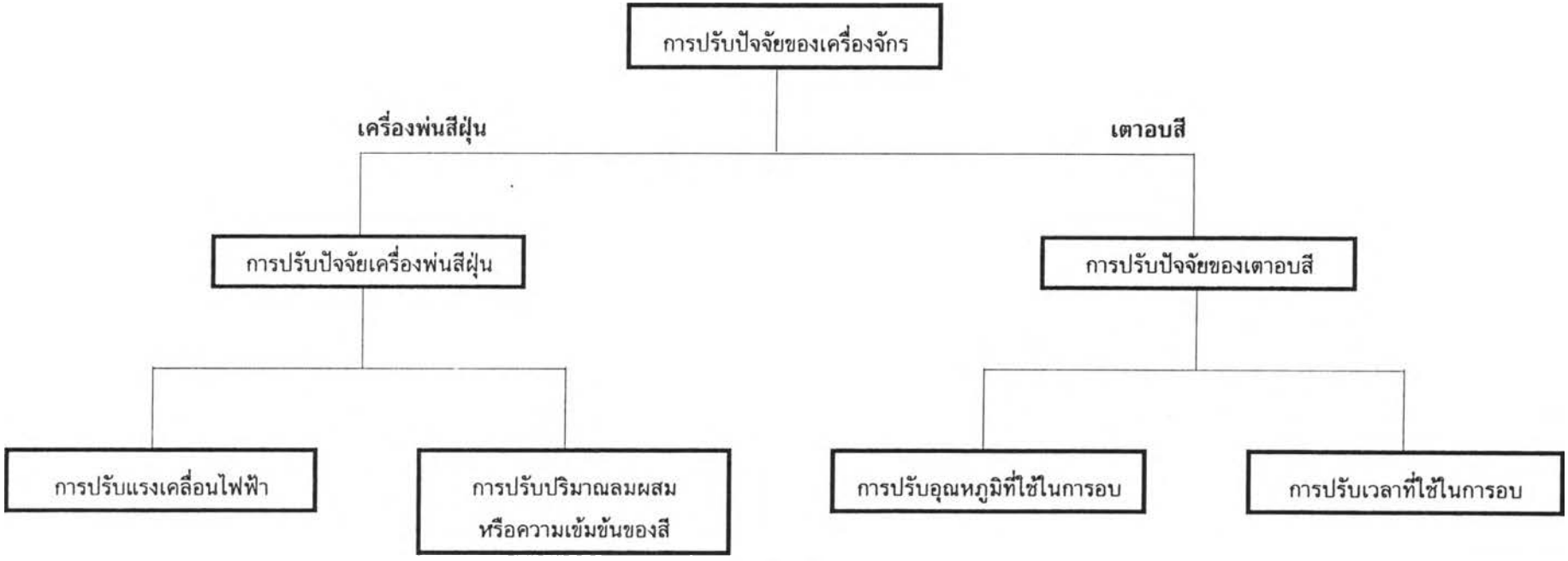
เนื่องจากกระบวนการพ่นสียังใช้มนุษย์เป็นผู้พ่น ดังนั้นความคลาดเคลื่อนจากจุดนี้จึงอาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาดังกล่าว การพ่นโดยวิธีการนี้จะกำหนดให้การพ่นสีใน 1 แนวดิ่งของการพ่นมีการขึ้น - ลง ของปืนพ่นสีเป็นจำนวน 3 รอบ จากนั้นเลื่อนแนวพ่นสีออกไปและเริ่มพ่นสีใหม่ทำเช่นนี้จนกว่าจะทั่วชิ้นงาน

ผังการทดลอง 1



รูปที่ 4.1 แผนภูมิการทดลองส่วนที่ 1

ผังการทดลอง 2



รูปที่ 4.2 แผนภูมิการทดลองส่วนที่ 2

4.1.1 การทดลองที่ 1 เรื่องความหนาของชิ้นงานกับคุณภาพของสีที่ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจสอบว่าความหนาของชิ้นงานมีส่วนมากน้อยเพียงใดต่อคุณภาพของสีตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และคุณสมบัติทางกายภาพของสีฝุ่นที่ได้ เนื่องจากความหนาของชิ้นงานที่แตกต่างกัน จะมีผลต่อการถ่ายเทประจุของชิ้นงานสู่กราวด์หรือการเป็นสื่อรับประจุจากอนุภาคสีที่เข้ามาเกาะ ซึ่งจะมีผลต่อความหนาของชั้นสี ขณะเดียวกันความหนาของชิ้นงานจะทำให้การถ่ายเทความร้อนหรือการเคียวริ่งของสีแตกต่างมากน้อยกันเท่าใด เพราะส่วนนี้จะมีผลต่อคุณภาพของสีที่เกิดขึ้น

เหตุผล

ในกระบวนการพ่นสีกับชิ้นงานจริง ชิ้นงานจะประกอบด้วยความหนาที่แตกต่างกัน แต่ในการทดลองที่จะวางแผนจะดำเนินการในขั้นต่อ ๆ ไป มีแผนเตรียมที่จะใช้ตัวอย่างที่มีความหนาที่เท่ากันตลอดเพราะมีปริมาณตัวอย่างมากพอที่จะทดลองต่อไปได้โดยตัดประเด็นของวัตถุดิบคนละชนิดออกไปได้ และวัตถุดิบที่จะใช้ก็มีความสม่ำเสมอโดยไม่น่าจะเป็นปัจจัยแปรผันในการทดลอง ถ้าความหนาที่ใช้มีผลต่อคุณภาพของสีและคุณสมบัติอื่น ๆ ของสี การทดลองต่อไปจะเกิดปัญหาค่อนข้างมากเนื่องจากต้องเตรียมตัวอย่างหลายความหนาเพื่อใช้ในการทดลอง ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีความจำเป็นที่จะแสดงว่าความหนาจะส่งผลต่อคุณภาพของสีและคุณสมบัติอื่น ๆ ของสีหรือไม่

การทดลอง

ตัวอย่างที่ใช้เป็นเหล็กแผ่นเคลือบดีบุก 25 % ขนาดสี่เหลี่ยมจตุรัส มี 2 ขนาดคือ
ชิ้นงานที่หนา = 2.00 มิลลิเมตร ขนาด 200 x 200 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น
ชิ้นงานที่บาง = 0.17 มิลลิเมตร ขนาด 200 x 200 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น
ทำการทดลองตามวิธีการที่ 2-6

ข้อควรระวัง

ก. ชิ้นงานทั้ง 6 เมื่อผ่านกระบวนการเคลือบฟอสเฟตภายหลังการอบแห้งให้ตรวจเช็คว่ามีคราบน้ำยาติดอยู่หรือไม่ ถ้ามีให้เช็ดให้สะอาด

ข. ภายหลังการเคลือบฟอสเฟตนำชิ้นงานทั้ง 6 ผ่านกระบวนการพ่นสีฝุ่น โดยควบคุมการพ่นสีให้สม่ำเสมอ ทั้งระยะห่างจากชิ้นงานและจำนวนครั้งที่ขึ้น-ลงในการพ่นสีควรจะเท่ากัน

ค. ผ่านเข้าเตาอบสีที่อุณหภูมิ 200 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 15.5 นาที

4.1.2 การทดลองที่ 2 เรื่องขนาดของชิ้นงานกับคุณภาพของสีที่ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาว่าขนาดของชิ้นงานที่แตกต่างกันจะมีผลต่อคุณสมบัติของสีหรือไม่ เนื่องจากชิ้นงานใหญ่ อาจจะมีคุณสมบัติของทางไฟฟ้าและความร้อนที่อาจจะแตกต่างไปจากชิ้นงานที่เล็ก ซึ่งจะส่งผลให้การเกาะตัวของสีที่ชิ้นงานหนาหรือบางไม่เท่ากัน หรืออาจจะเกิดความไม่สม่ำเสมอของชั้นสีได้ ขณะเดียวกันความร้อนจากการอบเมื่อพิจารณาที่ชิ้นงานที่ไม่เท่ากันแล้ว อาจจะถ่ายสู่ชั้นสีได้ไม่เท่ากัน ทำให้คุณภาพของสีอาจจะแตกต่างกันได้

เหตุผล

เช่นกันในกระบวนการพ่นสีชิ้นงานจริง ขนาดของชิ้นงานที่เข้ารับการพ่นสีจะมีการแปรเปลี่ยนกันไปมากมายตั้งแต่เล็กไปจนใหญ่ การหาข้อจำกัดในเรื่องของขนาดจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องดำเนินการ เนื่องจากถ้าผลการทดลองยืนยันได้ว่าขนาดไม่มีต่อคุณภาพสีและคุณสมบัติอื่น ๆ ของสี การกำหนดขนาดที่เหมาะสมให้เท่ากันตลอดทั้งการทดลองก็สามารถที่จะทำได้ และเป็นการลดปัจจัยที่อาจจะแทรกซ้อนเนื่องจากขนาดที่แปรเปลี่ยนไปได้

การทดลอง

ตัวอย่างที่ใช้เป็นเหล็กแผ่นเคลือบดีบุก 25 % ขนาดสี่เหลี่ยมจตุรัส มี 3 ขนาด โดยใช้ชิ้นงานต่อการทดลองจำนวนอย่างละ 3 ชิ้น เป็นเหล็กหนา 0.17 มิลลิเมตร

ขนาดสี่เหลี่ยมจตุรัส 100 x 100 มิลลิเมตร 3 ชิ้น

ขนาดสี่เหลี่ยมจตุรัส 200 x 200 มิลลิเมตร 3 ชิ้น

ขนาดสี่เหลี่ยมจตุรัส 300 x 300 มิลลิเมตร 3 ชิ้น

ทำการทดลองตามวิธีการที่ 2-6

ข้อควรระวัง

ก. ชิ้นงานทั้ง 9 เมื่อผ่านกระบวนการเคลือบฟอสเฟตภายหลังการอบแห้งให้ตรวจเช็คว่ามีคราบน้ำยาติดอยู่หรือไม่ ถ้ามีให้เช็ดให้สะอาด

ข. เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดไม่เท่ากันดังนั้นการควบคุมอาจจะทำได้ลำบากคือ ชิ้นงานใหญ่จะต้องมีการพ่นสีมากกว่าชิ้นงานเล็กเนื่องจากพื้นที่พ่นสีมีมากกว่า ดังนั้น

โอกาสที่ความคลาดเคลื่อนในส่วนความหนาของสีที่ได้ย่อมเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ดีต้องควบคุมระยะห่างและการขึ้น-ลงของปืนพ่นสีให้เท่ากัน เพื่อให้เกิดปัญหาดังกล่าวน้อยที่สุด

ค. ผ่านเข้าเตาอบสีที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 15.5 นาที

4.1.3 การทดลองที่ 3 เรื่องการปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Voltage) กับคุณภาพของสีที่ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาว่าเมื่อทำการเพิ่มหรือลดแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งเป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดแรงในการดึงดูดอนุภาคสีที่มีประจุเข้าหาชิ้นงานซึ่งมีศักย์ต่ำกว่า จะทำให้การเกาะตัวของสีที่ชิ้นงานมากน้อยแตกต่างกันออกไป และเนื่องจากการเกาะตัวของสีที่ชิ้นงานแตกต่างกันออกไป จะส่งผลให้การอบการเคียวริ่งของสีอาจจะแตกต่างกันได้ ทำให้คุณภาพสีและคุณสมบัติของสีที่ได้แตกต่างไปจากมาตรฐานที่วางไว้

เหตุผล

การทดลองนี้จะทำให้ทราบว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่เหมาะสมควรจะเป็นเท่าใด เช่นต่ำสุดควรเป็นเท่าใดและสูงสุดควรจะเป็นเท่าใดที่จะทำให้สีเกาะตัวที่ชิ้นงานได้ดี ชั้นสีไม่บางเกินไปและไม่หนาเกินไป มีความหนาค่อนข้างสม่ำเสมอ

การทดลอง

ตัวอย่างที่ใช้เป็นเหล็กแผ่นเคลือบดีบุก 25 % ขนาดสี่เหลี่ยมจตุรัส มีขนาดเท่ากันคือ
ชิ้นงานหนา = 0.17 มิลลิเมตร ขนาด 200 x 200 มิลลิเมตร จำนวน 9 ชิ้น
ทำการทดลองตามวิธีการที่ 2-6 โดยมีเงื่อนไขให้
ในกระบวนการพ่นสีฝุ่นให้ปรับแรงเคลื่อนเป็น 20, 50 และ 80 KV อย่างละ 3 ตัวอย่าง

ข้อควรระวัง

ก. การปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ระมัดระวังในการปรับให้มาก และมั่นใจว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นไปตามที่ตั้งไว้จึงค่อยทำการพ่นสีที่ชิ้นงาน
ข. การควบคุมการพ่นสีต้องระมัดระวังให้คงที่
ค. ผ่านเข้าเตาอบสีที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 15.5 นาที

4.1.4 การทดลองที่ 4 เรื่องการปรับส่วนผสมของลมกับคุณภาพของสีที่ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาว่า เมื่อปรับส่วนผสมของลมกับสีฝุ่นในอัตราต่าง ๆ แล้วจะส่งผลให้การเกาะตัวของสีต่อชิ้นงานมีการแปรเปลี่ยนไปอย่างไรบ้าง เช่นปริมาณลมมากหรือการทำให้ความเข้มข้นของสีน้อยจะมีผลต่อการเกาะกับชิ้นงานได้ดีมากน้อยเท่าใด ในทางกลับกันถ้าความเข้มข้นของสีเพิ่มขึ้นหรือปริมาณลมผสมสีลดลงการเกาะตัวของสีจะเป็นอย่างไร

เหตุผล

การทดลองนี้จะทำให้ทราบว่าเมื่อให้ปัจจัยอย่างอื่นคงที่ การปรับลมเพื่อเพิ่มหรือลดความเข้มข้นของสีฝุ่น จะทำให้การเกาะตัวของสีกับชิ้นงานเหมาะสมอยู่ในช่วงใด ค่าของลมผสมสีที่มากที่สุดและน้อยที่สุดเป็นเท่าใด

การทดลอง

ตัวอย่างที่ใช้เป็นเหล็กแผ่นเคลือบดีบุก 25 % ขนาดสี่เหลี่ยมจตุรัส มีขนาดเท่ากันคือ
ชิ้นงานหนา = 0.17 มิลลิเมตร ขนาด 200 x 200 มิลลิเมตร จำนวน 9 ชิ้น
ทำการทดลองตามวิธีการที่ 2-6 โดยมีเงื่อนไขให้
ปรับให้ปริมาณลมผสมสีเท่ากับ 3, 6 และ 8 ลบม./ชม. อย่างละ 3 ตัวอย่าง

ข้อควรระวัง

ก. การปรับปริมาณลมผสมสีจะมีข้อจำกัดบางประการคือ ต้องทำการพ่นสีจึงจะทำการปรับปริมาณลมผสมสีได้ ดังนั้นจึงต้องพ่นสีทิ้งและปรับปริมาณลมผสมให้ได้ก่อนจึงจะทำการพ่นสีจริง

ข. แรงดันลมในระบบต้องคงที่ การควบคุมการพ่นสีต้องระมัดระวังให้สม่ำเสมอ

ค. ผ่านเข้าเตาอบสีที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 15.5 นาที

4.1.5 การทดลองที่ 5 เรื่องอุณหภูมิอบสีที่เปลี่ยนแปลงกับคุณภาพของสีที่ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาว่าชิ้นงานภายหลังจากการพ่นสีฝุ่นแล้ว เมื่อเข้าเตาอบที่อุณหภูมิต่างกันแต่ใช้เวลาในการอบเท่ากันจะมีผลต่อคุณภาพของสีหรือไม่ เพราะการอบที่อุณหภูมิน้อยเกินไปอาจจะเกิดการเคียวริ่งหรือไม่เกิดการเคียวริ่งก็ได้ ขณะเดียวกันการเคียวริ่งอาจจะไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้คุณภาพสีและคุณสมบัติของสีที่ควรจะเป็นไม่เป็นไปตามที่ต้องการ เช่นกันถ้าอบที่อุณหภูมิสูงเกินไปอาจจะก่อให้เกิดการไหม้หรือกรอบตัวได้ และคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ดีของสีก็อาจจะลดลงด้วย

เหตุผล

ปกติคุณภาพของสีที่ได้น่าจะขึ้นกับอุณหภูมิของการอบตามที่ผู้ผลิตสีแนะนำ เพียงแต่ว่าถ้าทำการทดลองดังกล่าว นำผลที่ได้ไปทดสอบจะทำให้สามารถทราบว่า ณ ช่วงอุณหภูมิใดที่เหมาะแก่การอบสีให้มีคุณภาพดี และช่วงอุณหภูมิใดควรหลีกเลี่ยง

การทดลอง

ตัวอย่างที่ใช้เป็นเหล็กแผ่นเคลือบดีบุก 25 % ขนาดสี่เหลี่ยมจตุรัส มีขนาดเท่ากันคือ
ชิ้นงานหนา = 0.17 มิลลิเมตร ขนาด 200 x 200 มิลลิเมตร จำนวน 9 ชิ้น
ทำการทดลองตามวิธีการที่ 2-6 โดยมีเงื่อนไขให้
ผ่านเข้าเตาอบสีโดยตั้งอุณหภูมิของการอบไว้ที่ 120 , 150 และ 180°C อย่างละ 3 ตัวอย่าง อบเป็นเวลานาน 15.5 นาที

ข้อควรระวัง

ก. เนื่องจากเตาอบสีที่ใช้เป็นเตาที่ใช้อบสีจริงในการทำงาน การปรับอุณหภูมิขึ้น-ลง นอกจากจะลำบากและใช้เวลานานแล้วยังส่งผลกระทบต่อการผลิตด้วย ดังนั้นที่อุณหภูมิ 120 และ 150°C จะนำตัวอย่างเข้าเตาอบสีทดลองแทน โดยปรับอุณหภูมิของเตาอบสีทดลองให้ใกล้เคียงกับเตาอบสีจริง เนื่องจากเตาอบสีทดลองจะมีความละเอียดสูงกว่าเตาอบสีจริงมาก ดังนั้นการปรับสภาพเตาอบสีทดลองสังเกตได้จากนำชิ้นงานผ่านการพ่นสีฝุ่น 2 ชิ้นที่ปรับปัจจัยอื่น ๆ เหมือนกันแยกเข้าเตาอบสีทดลองกับเตาอบสีจริงโดยตั้งอุณหภูมิเท่ากันใช้เวลาอบเท่ากัน จากนั้นวัดค่า ΔE

ถ้าค่า ΔE แตกต่างกันน้อยกว่า 0.1 ถือว่าใกล้เคียงกัน ถ้ามากกว่า 0.1 ให้ปรับอุณหภูมิของเตาอบสีทดลองขึ้นหรือลงตามค่าที่เหมาะสม และทดสอบจนได้ค่า ΔE ต่างกันน้อยกว่า 0.1

ข. ชิ้นงานที่จะวัดสีส่วนนี้อย่าให้ถูกแสงแดดหรือที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานก่อนการวัด

4.1.6 การทดลองที่ 6 เรื่องการปรับเวลาในการอบสีกับคุณภาพของสีที่ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาว่าเวลาในการอบสีที่แตกต่างกันเมื่อใช้อุณหภูมิอบสีคงที่ จะมีผลต่อคุณภาพของสีหรือไม่ เนื่องจากถึงแม้อุณหภูมิที่ใช้จะทำให้สีเกิดเคียวริ่งแล้วก็ตาม แต่ถ้าเวลาที่ใช้เคียวริ่งมีการแปรเปลี่ยน เช่น เคียวริ่งน้อยเกินไปอาจจะส่งผลให้คุณภาพของสีแปรเปลี่ยนไป ในทำนองเดียวกันการเคียวริ่งมากเกินไปหรือโอเวอร์เคียวริ่ง อาจจะส่งผลให้คุณภาพและคุณสมบัติของสีด้อยลงได้เช่นกัน

เหตุผล

การทดลองนี้จะเป็นการชี้ให้เห็นว่า ณ เวลาที่เท่าใดหรือช่วงเวลาที่เท่าใด จึงจะเหมาะสมในการอบสีที่สุด ซึ่งจะทำให้การควบคุมการอบสีในเชิงปฏิบัติการมีคุณภาพดีเป็นไปตามที่ต้องการ และระยะเวลาเท่าใดควรหลีกเลี่ยงในการใช้อบสี

การทดลอง

ตัวอย่างที่ใช้เป็นเหล็กแผ่นเคลือบดีบุก 25 % ขนาดสี่เหลี่ยมจตุรัส มีขนาดเท่ากันคือ
ชิ้นงานหนา = 0.17 มิลลิเมตร ขนาด 200 x 200 มิลลิเมตร จำนวน 9 ชิ้น
ทำการทดลองตามวิธีการที่ 2-6 โดยมีเงื่อนไขให้
ผ่านเข้าเตาอบสีโดยตั้งอุณหภูมิของการอบไว้ที่ 180 ^{o}C และ ทำการอบชิ้นงานที่เวลา 6 ,15.5 และ 31 นาที อย่างละ 3 ตัวอย่าง

ข้อควรระวัง

ก. ในการอบสีจริงสภาพของเตาไม่สะดวกที่จะปรับความเร็วของโซ่ลำเลียง ให้เร็วหรือช้าจากปกติมาก ๆ เพื่อลดหรือเพิ่มเวลาในการอบสี ดังนั้นที่เวลาอบสี 6 นาที จะอบในเตาอบสีทดลองโดยปรับเงื่อนไขของเตาอบสีทดลองให้ใกล้เคียงกับเตาอบสีจริงเหมือนกับการทดลองที่ 5 และที่เวลาอบสี 31 นาทีจะใช้การวนเข้าเตาอบ 2 2 รอบ

ข. ชิ้นงานที่จะวัดสีส่วนนี้อย่าให้ถูกแสงแดดหรือที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานก่อนการวัด

4.2 การทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง

จากบทที่ 2 และ 3 ได้อธิบายถึงสภาพการทำงานและวิธีการต่าง ๆ ของกระบวนการพ่นสีฝุ่นโดยละเอียด ในส่วนนี้จะเป็นเรื่องของการทดสอบและกฎเกณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อขึ้นมารองรับการทดลองที่คาดว่าจะต้องดำเนินการต่อไป ทั้งนี้เพื่อให้ผลการทดสอบที่ได้จากตัวอย่างการทดลองสามารถใช้ตัดสินใจได้ว่า ปัจจัยที่แปรเปลี่ยนไปนั้นมีผลหรืออิทธิพลต่อกระบวนการพ่นสีฝุ่นอย่างไร

ความยากอย่างหนึ่งของการทดสอบชิ้นงานที่เคลือบสีฝุ่นก็คือ สีฝุ่นและกระบวนการพ่นสีฝุ่นได้มีการพัฒนาไปค่อนข้างมาก การใช้งานและการควบคุมการปฏิบัติการจึงพยายามออกแบบให้ง่ายไม่ซับซ้อน และคุณภาพของสีที่ได้จะอยู่ในเกณฑ์ดี ประกอบกับโรงพ่นสีนี้เป็นส่วนที่ใหม่ยังไม่มีการตั้งมาตรฐานที่เหมาะสมในการทดสอบชิ้นงาน หรือตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานเพียงแต่อาศัยคำแนะนำคร่าว ๆ ของผู้ขายสีในการตรวจสอบและตั้งเกณฑ์ยอมรับ ดังนั้นเมื่อศึกษาคุณสมบัติของสีฝุ่นประกอบกับคุณสมบัติหรือการทำงานของเครื่องจักรในระบบ จะพบว่ามีข้อกำหนดบางอย่างที่สมควรนำมาประยุกต์เป็นวิธีการทดสอบ และมาตรฐานในการตรวจสอบคุณภาพของสีภายหลังการทดลอง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดว่าเมื่อปรับปัจจัยต่าง ๆ ที่คิดว่าน่าจะมีผลต่อคุณภาพของสีฝุ่นแล้วจะได้ผลอย่างไรต่อการวัดค่าหรือมีผลต่างจากเกณฑ์มาตรฐานอย่างไร

การทดสอบสามารถแบ่งการวัดออกมาเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ โดยเน้นที่จะสามารถหาเครื่องมือทดสอบได้ และคุณสมบัติดังกล่าวมีความจำเป็นต่อคุณภาพสีที่วางไว้ ได้แก่

- คุณภาพสี
- ความหนาของชั้นสี
- คุณสมบัติทางกลของสีภายหลังการอบ
- คุณสมบัติการทนต่อสารเคมีของสีภายหลังการอบ

4.2.1 คุณภาพสี

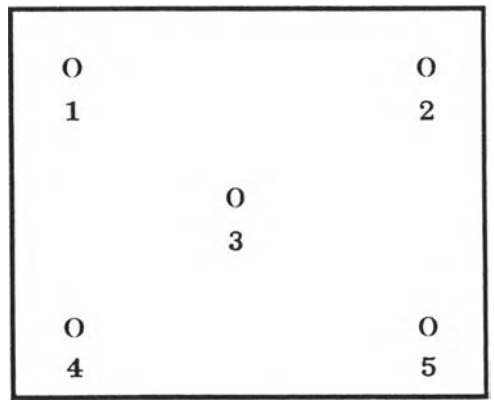
คุณภาพสีเป็นการวัดสีที่ได้ภายหลังการอบสี ว่ามีความแตกต่างไปจากสีมาตรฐานมากน้อยเพียงใด และเนื้อสีที่ได้มีความทนทานต่อตัวทำละลายมากน้อยเพียงใด แบ่งได้เป็น

- คุณภาพของสีที่ได้โดยการวัดค่า ΔE
- การเคียวริ่ง (Curing) ของสี

4.2.1.1 คุณภาพของสีที่ได้โดยการวัดค่า ΔE

วัตถุประสงค์ของการทดสอบชนิดนี้คือ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของสีที่ได้ ภายหลังจากการผ่านการอบแล้วกับมาตรฐานสีที่ทางผู้ผลิตกำหนดขึ้นมา เพื่อดูว่าสีที่ได้มีความเหมือนหรือผิดเพี้ยนไปจากสีมาตรฐานเพียงใด เพราะคุณภาพสีที่ได้มีส่วนที่สำคัญมาก การผิดเพี้ยนหรือแปรเปลี่ยนในงานเน้นสีอาจจะนำไปสู่การไม่ยอมรับได้

หลักการก็คือ นำชิ้นงานที่ผ่านการพ่นสีฝุ่นและเข้าเตาอบแล้วเทียบกับตัวอย่างสีมาตรฐานที่ทางผู้ผลิตให้มา ปกติมักจะเป็นตัวอย่างชิ้นเล็ก ๆ ขนาดไม่เล็กกว่า 20 x 20 มิลลิเมตร หรือขึ้นกับหัวอ่านของเครื่องวัดสี จากนั้นนำไปเข้าเครื่องวัดสีที่เรียกว่า สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานจากตัวเครื่องเอง ทำการวัดโดยนำเครื่องสเปคโตรโปโตมิเตอร์อ่านค่าสีมาตรฐานแล้วเก็บไว้ จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่จะทำการวัดค่า เข้าวัดและอ่านค่าเทียบกับสีมาตรฐาน เครื่องมือที่ใช้วัดนี้มีค่าความผิดพลาดในการวัด $\pm$ 1 - 2 % ซึ่งค่าที่ได้จะบอกเป็นค่า ΔE ออกมา ค่า ΔE นี้ถ้ามากแสดงว่าสีเพี้ยนจากสีมาตรฐานมาก ถ้าน้อยแสดงว่าสีที่ได้ใกล้เคียงกับสีมาตรฐานการวัดให้กระทำเป็นจำนวน 5 จุดบนตัวอย่างแล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา ดังรูปที่ 4.3

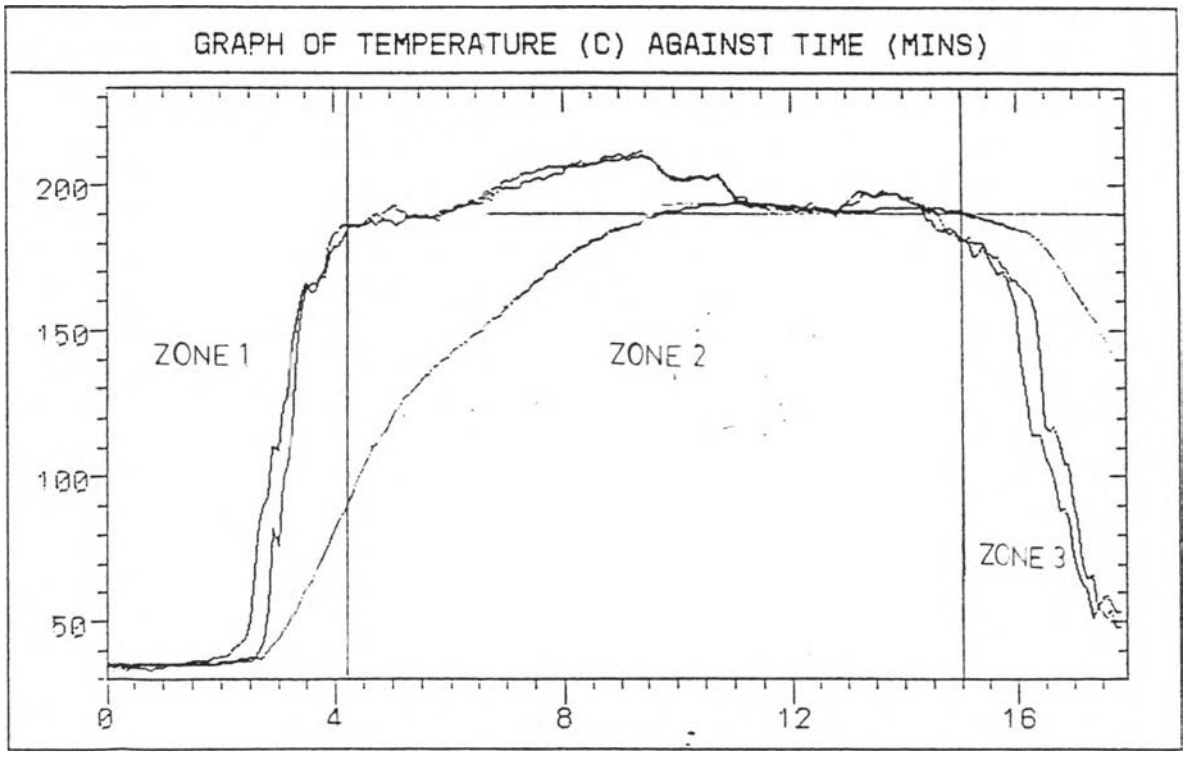


O คือบริเวณที่ทำการวัดค่า ΔE

รูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งการวัดสีบนชิ้นงาน

4.2.1.2 การเคียวริ่ง (Curing) ของสี

วัตถุประสงค์ของการเคียวริ่ง ก็คือ การให้ความร้อนแก่โพลีเมอร์ ซึ่งในที่นี้ได้แก่เรซิ่นที่ประกอบกับเนื้อสีเป็นสีผงซึ่ง ณ อุณหภูมิที่เหมาะ อนุภาคของโพลีเมอร์จะเกิดปฏิกริยาโพลีเมอร์ไรเซชั่น กลายเป็นลูกโซ่ต่อกันไปเรื่อย ๆ หรือโมเลกุลของเรซิ่นจะต่อกันไปไม่มีที่สิ้นสุดและการเคียวริ่งจะต้องอาศัยทั้งอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมดังกราฟข้างล่างนี้ ซึ่งเป็นลักษณะอุณหภูมิของเตาที่ใช้อบชิ้นงานที่พ่นสีฝุ่นมาแล้ว โดยจะแบ่งออกเป็นโซนซึ่งแต่ละโซนจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ตามรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงภาพกราฟของอุณหภูมิการเคียวริ่ง

โซนที่ 1 คือ ช่วงของการเพิ่มอุณหภูมิของชิ้นงานและสีฝุ่นที่เกาะอยู่

โซนที่ 2 คือ ช่วงเวลาของการเคียวริ่งของสีฝุ่น

โซนที่ 3 คือ ช่วงสุดท้ายของการลดอุณหภูมิชิ้นงานลงจนเท่ากับอุณหภูมิสภาพแวดล้อม

การเคียวริ่งนั้นค่อนข้างเกี่ยวข้องกับคุณภาพของสีที่ได้คือ ถ้าคุณภาพของสีดีย่อมหมายถึงการเคียวริ่งดี อย่างไรก็ดีถ้าชั้นสีหนาเกินไปประกอบกับการให้เวลาในการเคียวริ่งน้อยจะทำให้เกิดภาวะการเคียวริ่งจากภายนอกดี ผิวนอกจะปรากฏคุณภาพสีที่ใช้ได้แต่ลึกลงไปการเคียวริ่งอาจจะไม่สมบูรณ์ ซึ่งจุดนี้คือข้อแตกต่างที่จำเป็นของการตรวจสอบการเคียวริ่งเพื่อยืนยันว่าการเกิดโพลิเมอร์ไรเซชั่นสมบูรณ์ทั้งหมด จะทำให้ชั้นสีมีความทนทานต่อสารเคมี และตัวทำละลายทั่ว ๆ ไปดีขึ้น อย่างไรก็ดีการเคียวริ่งอาจจะมีปัจจัยหลายอย่างที่มีส่วนเกี่ยวข้องเช่น การเตรียมชิ้นงาน, การล้าง ฯลฯ ซึ่งอาจจะทำให้ชิ้นงานเดียวมีจุดการเคียวริ่งที่แตกต่างกันได้

หลักการทดสอบคือ ให้ตัดชิ้นตัวอย่างที่พ่นสีฝุ่นและทำการอบเรียบร้อยแล้วตามสภาวะที่ต้องการ ให้มีขนาดประมาณ 30 x 30 มิลลิเมตร จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปจุ่มลงในทินเนอร์ (เป็นทินเนอร์ที่ไม่มีส่วนผสมกับสารเคมีตัวอื่นและไม่ผ่านการใช้งานมาก่อน) โดยปล่อยให้ชิ้นตัวอย่างอยู่ใต้ระดับของเหลว จากนั้นให้ปิดฝาภาชนะให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยของทินเนอร์ (กรณีที่การเคียวริ่งไม่ดี สีอาจจะละลายได้รวดเร็วอาจจะไม่ต้องปิดฝาภาชนะได้) อาจจะมีขยับแผ่นตัวอย่างบางครั้งเพื่อดูการละลาย จากนั้นจับเวลาตั้งแต่ชิ้นตัวอย่างจุ่มในทินเนอร์ จนกระทั่งเกิดการละลายของสีออกจากชิ้นตัวอย่างจนหมด บันทึกค่าเวลาเอาไว้ว่าใช้เวลาเท่าใด สำหรับชิ้นงานที่มีการละลายน้อย ถ้าระยะเวลาเกิน 1 ชั่วโมง และสียังคงเกาะตัวได้ดีอยู่ให้ถือว่า การเคียวริ่งสมบูรณ์

4.2.2 ความหนาของชั้นสี

เป็นการวัดความหนาของชั้นสีที่ได้ ว่ามีความหนามากน้อยและสม่ำเสมอเพียงใด เพราะส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับการสิ้นเปลือง และการทนทานต่อสนิมและสารเคมี แบ่งได้เป็น

- ความหนาของสีต่ำสุด
- ความหนาของสีสูงสุด
- ความหนาของสีเฉลี่ย

4.2.2.1 ความหนาของสีต่ำสุด

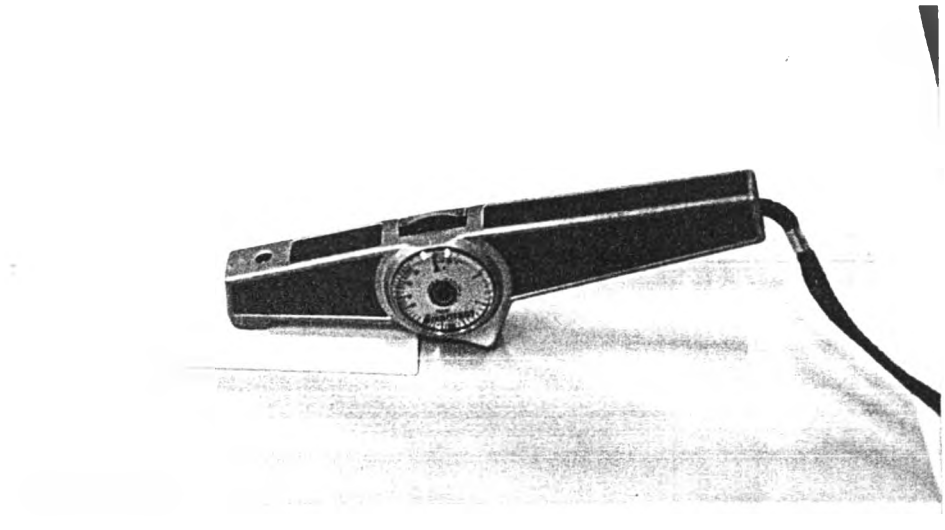
วัตถุประสงค์ เพื่อการตรวจสอบความหนาของสีที่ได้เปรียบเทียบกับอนุภาคของเม็ดสี ถ้าชั้นสีบางเกินไปจะส่งผลให้ชิ้นงานไม่สวยงาม และเป็นสนิมได้ง่ายเนื่องจากชั้นสีไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ผิวได้เหมาะสมความชื้นและออกซิเจนจะสามารถแทรกซึมลงไปทำปฏิกริยากับผิว

โลหะด้านล่างได้ ค่าความหนาของชั้นสีต่ำสุดจึงมีวัตถุประสงค์ไว้บังคับในส่วนนี้ ความหนาของชั้นสีมีปัจจัยหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดความหนาบางไม่เท่ากัน

สีถ้าเกิดการเกาะตัวบนชิ้นงานไม่เหมาะสมจะทำให้ชั้นสีบางเกินไป ต่ำกว่ามาตรฐานที่จะยอมรับได้ ถ้าเป็นสีอ่อนอาจมองเห็นเนื้อโลหะได้ วิธีการวัดความหนาจะใช้เครื่องมือวัดซึ่งจะแบ่งได้เป็น 2 แบบ ด้วยกันคือ

<u>การใช้เครื่องมือวัดความหนาของสีโดยตรง</u>

เครื่องมือชนิดนี้ (สามารถวัดได้สูงสุดถึง 250 ไมครอน) นอกจากจะวัดความหนาชั้นสีแล้วอาจจะใช้วัดความหนาของชั้นฟิล์มบาง ๆ ที่ติดอยู่บนเหล็กได้ อาศัยหลักการของแม่เหล็ก เครื่องมือชนิดนี้จะใช้ได้ดีกับชิ้นงานที่เป็นเหล็กหรือแม่เหล็กดูดติดเท่านั้นแต่จะให้ความแม่นยำในการวัดเฉพาะจุดสูงมาก ตามรูปที่ 4.5 ก่อนทำการวัดทุกครั้งจะต้องนำเครื่องมือทำการเซ็ทค่าเครื่องมือกับตัวอย่างมาตรฐาน (Calibrate) หรือกรณีที่ทำการวัดไประยะเวลาหนึ่งถ้าเกิดความผิดปกติก็อาจจะต้องทำการเซ็ทค่าเครื่องมือกับชิ้นงานมาตรฐานใหม่ความผิดพลาดของเครื่องมือวัดชนิดนี้ประมาณ 1- 2%



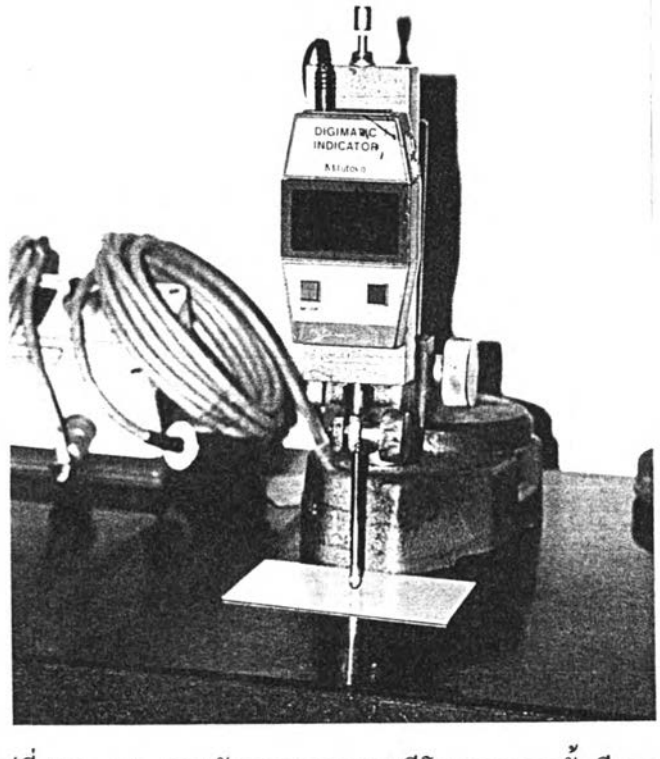
รูปที่ 4.5 แสดงภาพเครื่องมือวัดความหนาของชั้นสีโดยตรง

<u>การวัดโดยการลอกชั้นสีออก</u>

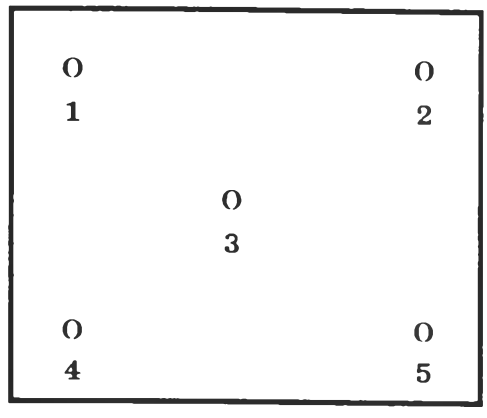
การวัดโดยการวัดผิวหน้าของสีแล้วลอกชั้นสีออกวัดระยะลึกลงไปถึงชิ้นงาน จากนั้น

นำค่าทั้งสองไปหาความหนาของชั้นสี วิธีนี้จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากเป็นการวัดจากผิวหน้าแล้วทำการวัดระยะของสีที่หายไปอีกทีจากการลอกสีออก โดยที่ความจริงผิวความลึกถึงชิ้นงานอาจจะเป็นจุดใกล้ ๆ เท่านั้น ทำให้ไม่ได้ค่าตรงจุดมากนักจะมีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าวิธีแรกแต่ถ้าไม่ต้องการละเอียดวิธีพอใช้ได้ ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งคือมักใช้ได้กับชิ้นงานแบนที่มีความหนาไม่มากนัก ดังแสดงได้ตามรูปที่ 4.6 การวัดโดยใช้เครื่องมือชนิดนี้การเซ็ทค่าเครื่องมือกับชิ้นงานมาตรฐานก็มีวิธีการแตกต่างออกไปคือให้เซ็ทค่าเครื่องมือกับตัวอย่างที่มีความหนามาตรฐานโดยไม่มีชั้นสีเคลือบอยู่ อาจจะมองอีกแง่หนึ่งไว้ว่าวิธีการนี้ประยุกต์มาจากการวัดความหนาปกตินั่นเอง

วิธีการวัดความหนาของชั้นสีจะกระทำที่จุดต่าง ๆ ของชิ้นงานตามที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 4.7 จากนั้นนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยที่ได้ ชิ้นงานที่ทำการวัดจะวัด 5 จุด ต่อ 1 ด้าน เนื่องจากการทดลองจะทำการพ่นสีทั้ง 2 ด้าน จึงให้วัดทั้ง 2 ด้าน การกำหนดเกณฑ์ต่ำสุดสามารถคำนวณค่าและกำหนดไว้เป็นเกณฑ์ดังนี้



รูปที่ 4.6 แสดงการวัดความหนาของสีโดยการลอกชั้นสีออก



O คือบริเวณที่ทำการวัดค่าความหนาของชั้นสี

รูปที่ 4.7 แสดงตำแหน่งการวัดความหนาของชั้นสี

ขนาดของผงสีถ้ากำหนดออกมาเป็น % ของขนาดที่อยู่ในช่วงดังกล่าว เช่น % ของสีมากกว่า 38 ไมครอน = 40% ดังนั้นเฉลี่ยขนาดเม็ดสี = 50% จะใกล้เคียงกับ 45 ไมครอน (โดยการเปิดตารางขนาดอนุภาค)

ขนาดความหนาต่ำสุด = 0.61 x ขนาดเม็ดสีเฉลี่ยมากกว่า 50%

จากตัวอย่างจะได้ 0.61 X 45 = 27.5 ไมครอน หรือ 1 ชั้นของสี

(ค่าเฟกเตอร์ 0.61 เป็นค่าที่ได้จากผู้ผลิตสี)

4.2.2.2 ความหนาของสีสูงสุด

วัตถุประสงค์เช่นกัน เป็นการตรวจสอบความหนาของชั้นสีเทียบกับขนาดอนุภาคของเม็ดสีในทางกลับกัน การเกาะตัวของสีถ้ามากเกินก็จะไม่ได้ผลดีบางประการ เช่นการขึ้นรูปหลังสีเคียวริ่งแล้วเพราะถ้าสีหนามากเกินไปจะทำให้ขึ้นรูปได้ยาก สีอาจจะเกิดการแตกร้าวขณะขึ้นรูปได้ บางครั้งอาจจะทำให้น้ำหนักของชิ้นงานแปรเปลี่ยนไป หรืออาจจะเปลืองสีเกินความจำเป็น วัตถุประสงค์ของค่าความหนาสูงสุดของสีมีไว้เพื่อระมัดระวังในเรื่องดังกล่าววิธีการวัดก็จะเหมือนกับการวัดความหนาของสีต่ำสุด

ขนาดความหนาของสีสูงสุด = 2.78 x ขนาดเม็ดสีเฉลี่ยมากกว่า 50%

จากตัวอย่างจะได้ 2.78 x 45 = 125 ไมครอน

(ค่าเฟกเตอร์ 2.78 เป็นค่าที่ได้จากผู้ผลิตสี)

4.2.2.3 ความหนาของสีเฉลี่ย

ถ้าตัวอย่างมีรูปร่างที่โค้งงอ การวัดจุดโค้งหรือยอดจะให้ค่าความหนาของชั้นสีต่ำสุด บริเวณที่ราบและเป็นแอ่งมักจะให้ค่าความหนาของชั้นสีสูงสุด ดังนั้นเมื่อความหนาของชั้นสีมีโอกาสที่แปรเปลี่ยนไปในชิ้นงาน การหาความหนาเฉลี่ยของชั้นสีจึงมีความจำเป็น และอาศัยหลักทางสถิติมาช่วย ในการทดลองจะบอกความหนาเฉลี่ยของสีและค่าเบี่ยงแบนมาตรฐานเอาไว้ ค่านัยที่สำคัญของความหนาเฉลี่ยของสีค่านี้ = 10 ไมครอนหรือมากกว่า แสดงว่าปัจจัยนั้นมีอิทธิพลให้สังเกตปัจจัยนั้น ถ้าน้อยกว่า 10 ไมครอนปัจจัยนี้อาจจะมีอิทธิพลน้อย ทั้งนี้อยู่กับการทดลองและดูรายละเอียดได้จากการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้น

4.2.3 คุณสมบัติทางกลของสีภายหลังการอบ

เป็นการวัดคุณสมบัติเชิงกล เนื่องจากชิ้นงานที่ผ่านการพ่นสีแล้วอาจจะต้องขึ้นรูป จำเป็นต้องทดสอบในเรื่องคุณสมบัติทางกลด้วย แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

- การยึดเกาะของเนื้อสีกับชิ้นงาน
- การทดสอบการดัดงอ

4.2.3.1 การยึดเกาะของเนื้อสี

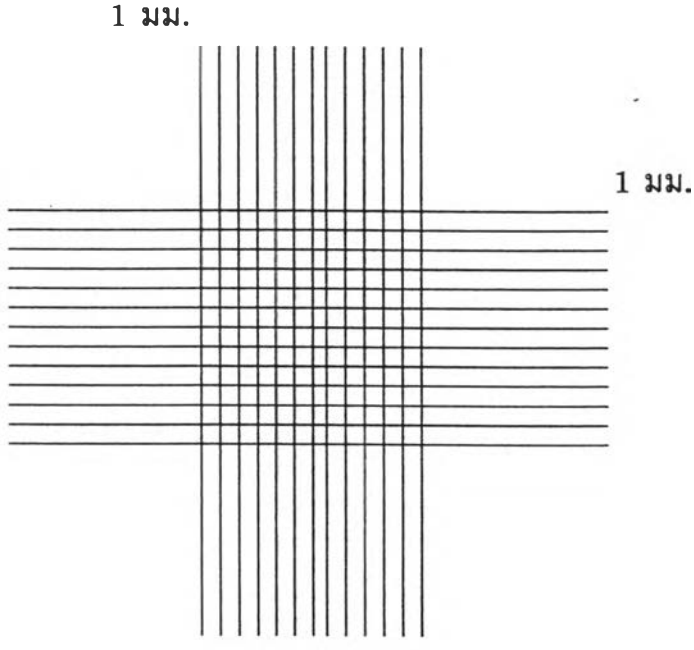
วัตถุประสงค์ เป็นการทดสอบความสามารถในการยึดเกาะของชั้นสีภายหลังการเคียวริ่งแล้วกับชิ้นงาน หรือพื้นผิวว่าดีมากน้อยเพียงใด เพราะถ้าการยึดเกาะไม่ดีจะส่งผลให้สีหลุดล่อน ขณะใช้งานหรือขณะที่มีการใช้งานไปแล้วเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความไม่สวยงามและเกิดเป็นสนิมที่จุดดังกล่าวได้

การทดสอบจะดูความสามารถในการยึดเกาะระหว่างสีกับชิ้นงานว่าดีมากน้อยเพียงใด อาจจะใช้วิธีการอย่างง่าย ๆ ได้ 2 วิธี

<u>การใช้การกรีดผิวหน้า</u>

อาจจะใช้เครื่องมือซึ่งส่วนของเครื่องมือที่จะตัดเนื้อสีถูกออกแบบ มาคล้ายใบมีดเล็ก ๆ หรืออาจจะเป็นฟันเล็ก ๆ ห่างกัน ประมาณ 1 มิลลิเมตร จำนวน 10-15 ช่อง จากนั้นให้นำเครื่องมือไปกรีดบนชิ้นงาน 2 ครั้งให้ตั้งฉากกัน โดยกดให้ถึงเนื้อของโลหะที่ทดสอบ หรืออาจจะ

ใช้มีดคัดเตอร์คม ๆ ทำตารางขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 100 ช่องขึ้นไปบนชิ้นงานแทนก็ได้ ดังแสดงได้ในรูปที่ 4.8



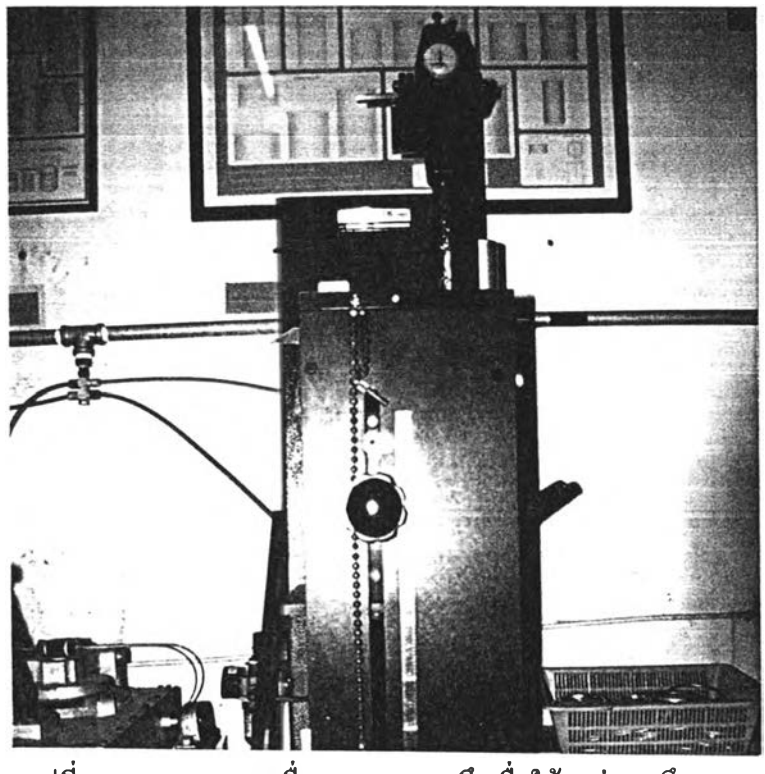
รูปที่ 4.8 แสดงการทำตารางบนชิ้นงานโดยใช้มีดคัดเตอร์กรีดเป็นช่อง

จากนั้นปิดผิวหน้าที่กรีดด้วยสก๊อตเทปใสรีดผิวหน้าให้เรียบ เหลือปลายด้านหนึ่งให้จับได้สะดวก ยกปลายสก๊อตเทปใสทำมุม 45° กับชิ้นงาน แล้วกระชากสก๊อตเทปใสแรง ๆ ให้หลุดจากชิ้นงานในครั้งเดียวจากนั้นสังเกตเปอร์เซนต์ของเนื้อสีที่แตกหรือหลุดล่อนออกมา ในพื้นที่ 100 % ที่ทำการวัด วิธีการนี้อาจจะใช้ไม่ได้ผลสำหรับสีที่มีค่าแรงยึดเกาะมากหรือสีเกิดการเคียวริ่งที่สมบูรณ์ เพราะแรงยึดเกาะของสก๊อตเทปไม่สามารถดึงชั้นสีหลุดออกมาได้ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการที่เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป

<u>การใช้เครื่องวัดแรงดึง</u>

วิธีการนี้จะให้ผลดีในการวัดแรงยึดเกาะที่มากกว่า 5 กิโลกรัม/ตารางเซ็นติเมตร ขึ้นไป เพราะถ้าแรงยึดเกาะน้อยกว่านี้ ในการเซ็ทเครื่องมือก่อนการทดสอบอาจจะทำให้ชั้นสีหลุดล่อนก่อนการวัดได้ สำหรับการทดลองในที่นี้จะใช้การวัดแรงดึงที่เกิดขึ้นจริงด้วยเครื่องวัดแรงดึง แล้วแปรค่าออกมาเป็นแรงยึดเกาะของสีต่อพื้นผิว วิธีการก็คือ นำเหล็กแท่งสี่เหลี่ยมหน้าตัดเรียบ มีพื้นที่หน้าตัด 0.25 ตารางเซ็นติเมตร มาติดกับชิ้นงานบริเวณที่จะทำการวัดค่าแรงยึดเกาะ โดยใช้กาว Locktight เป็นตัวประสาน (ข้อจำกัดของวิธีนี้คือกาว Locktight ต้องไม่ทำปฏิกริยาเคมีกับสี) ควร

กะให้พอประมาณไม่มากเกินไปเพราะจะแห้งช้า และไม่น้อยเกินไปเพราะจะมีแรงยึดเกาะน้อย จากนั้นทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 30 นาที จึงนำไปดึงด้วยเครื่องวัดแรงดึงตามที่วิธีที่กล่าวมา จากวิธีการนี้สามารถวัดแรงยึดเกาะได้ 60 - 70 กิโลกรัม/ตารางเซ็นติเมตร



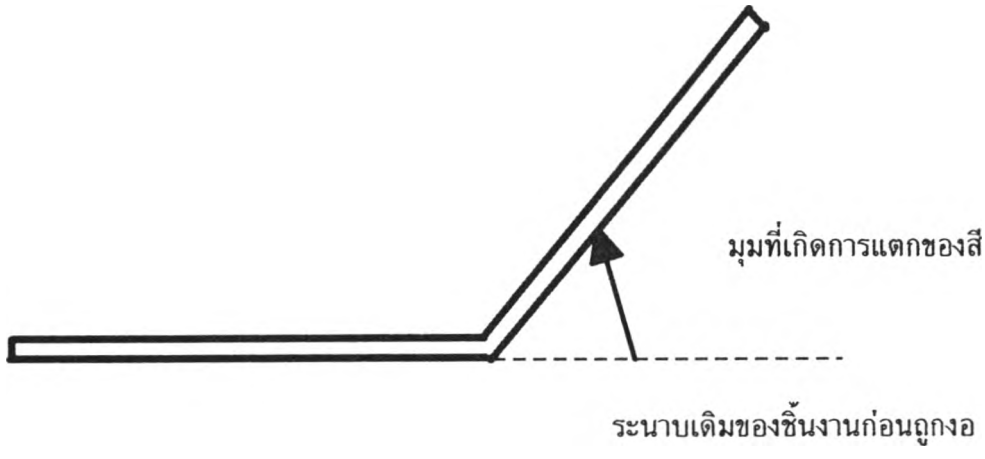
รูปที่ 4.9 แสดงภาพเครื่องทดสอบแรงดึงเพื่อใช้หาค่าแรงยึดเกาะ

ก่อนการทดสอบวัดแรงดึงจะต้องทำการเซ็ทค่าเครื่องมือกับชิ้นงานมาตรฐานก่อน โดยควรวัดค่าน้ำหนักมาตรฐานที่อ่านได้จากหน้าปัด เซ็ทค่าเครื่องมือให้ถูกต้องแล้วจึงค่อยดำเนินการวัดค่าแรงดึง ข้อควรระวังคือการดึงควรจะดึงแบบค่อยเป็นค่อยไป เพื่อที่จะสังเกตค่าแรงยึดเกาะได้อย่างถูกต้อง กรณีที่ค่าแรงยึดเกาะมากกว่าหน้าปัดที่อ่านได้ให้หยุดทำการดึงนั้นทันทีเพราะเครื่องอาจจะเสียหายได้

4.2.3.2 การทดสอบการดัดงอ

วัตถุประสงค์ เพื่อดูการยึดเกาะของชั้นสีกับชิ้นงานหรือพื้นผิวภายหลังการขึ้นรูปอย่างง่าย ๆ ว่าเนื้อสียังสามารถเกาะอยู่กับชิ้นงานได้ดี หรืออยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ภายหลังการขึ้นรูปแล้วหรือไม่ เพราะเนื้อสีจะเกิดการยืดและหดตัวไปตามชิ้นงานขณะทำการขึ้นรูป ส่งผลให้ความสามารถในการยึดเกาะกับชิ้นงานลดลงหรือเกิดการแตกร้าวและหลุดล่อนได้

วิธีการทดสอบก็คือ นำชิ้นงานโดยเฉพาะที่เป็นแผ่นควรมีขนาดเท่ากับ 40 x 80 มิลลิเมตร เพราะถ้าใหญ่เกินไปจะต้องออกแรงพับมาก ส่วนเล็กไปจะสังเกตการแตกร้าวได้ยาก จากนั้นนำมาพับบริเวณกึ่งกลาง เพื่อสังเกตการโค้งงอของสีตามชิ้นงานหรือเกิดการแตกหัก โดยให้วัดมุมขณะทำการงอว่า ที่มุมเท่าใดจากชิ้นงานที่แบนราบเมื่อดัดโค้งแล้วจะเกิดการแตกร้าวของสี ดังแสดงได้ตามรูปที่ 4.10 การพับชิ้นงานที่ทดสอบจะพับที่กึ่งกลางของชิ้นงานตามด้านกว้างของชิ้นงานโดยกดที่กึ่งกลางแล้วพับปลายด้านหนึ่งไปจรดอีกปลายด้านหนึ่งโดยค่อย ๆ พับจนกว่าจะพบการแตกร้าวเพราะถ้าพับอย่างรวดเร็วจะไม่ทันสังเกตมุมที่แตกร้าวได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 4.10 แสดงภาพการทดสอบการดัดงอ

4.2.4 คุณสมบัติการทนต่อสารเคมีของสีภายหลังการอบ

การทดสอบในส่วนนี้นับว่ามีความสำคัญเช่นกัน เพราะเป็นการยืนยันว่าภายหลังการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งสีฝุ่นยังคงสภาพได้ดี เมื่อชิ้นงานถูกทิ้งไว้ให้สัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่จะใช้งานจริง แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

- การทนต่อสภาพเกลือ
- การทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

4.2.4.1 การทนต่อสภาพเกลือ

วัตถุประสงค์ คือในสภาพที่มีความเค็มสูงและเป็นกรด (เป็นภาวะที่ทำให้เกิดสนิมและกัดกร่อนโลหะได้ดี) สีสามารถคงสภาพและเคลือบบนชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะโดยปกติสีจะไม่ทำปฏิกริยากับเกลือโซเดียมคลอไรด์ แต่ถ้าการเคลือบไม่ดีอาจจะเกิดช่องว่างขนาดเล็กซึ่งอาจจะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าแต่สามารถทำให้สารละลายเกลือ ในภาวะกรดแทรกลงสู่ชิ้นงานและทำปฏิกริยากับผิวหน้าชิ้นงานได้

การทดสอบเพื่อหาสภาพการใช้งานในบรรยากาศที่อาจจะทำให้สีเสื่อมสภาพ และส่งผลให้เนื้อเหล็กหรือชิ้นงานภายในผุกร่อนเป็นสนิมได้ วิธีการคือ นำชิ้นงานที่ไม่ผ่านการทดสอบด้วยวิธีการใด ๆ อาจจะตัดให้มีขนาดเล็กลงหรืออาจจะใช้ทั้งแผ่นใหญ่ก็ได้ขึ้นกับความสะดวกในการทำงานจากนั้นนำชิ้นตัวอย่างจุ่มลงในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก pH = 1 เป็นเวลา 100 ชั่วโมง (การปรับ pH ให้เติมกรดเกลือจนได้ pH ตามที่กำหนด) อุณหภูมิที่ใช้เป็นอุณหภูมิบรรยากาศ

จากนั้นนำชิ้นงานขึ้นมาล้างและเช็ดให้แห้ง สังเกตบริเวณใดเกิดปัญหาให้กำหนดไว้ยกเว้นตามมุมหัก และขอบของชิ้นงานไม่ต้องบันทึกค่า เนื่องจากจุดเหล่านี้เป็นประเด็นนอกการควบคุมทำการคำนวณค่าตามสูตร

$$\text{บริเวณที่พบปัญหา} = \frac{\text{พื้นที่โดยประมาณที่เกิดปัญหา}}{\text{พื้นที่ผิวทั้งหมดของชิ้นงาน}} \times 100\ \%$$

(บริเวณที่พบปัญหาคือบริเวณที่เกิดสนิมเหล็กขึ้นมา) โดยข้อกำหนดของการเคลือบสีที่ดีแล้ว จะให้ค่าบริเวณที่พบปัญหา = 0%

4.2.4.2 การทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

วัตถุประสงค์ เพื่อดูว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกระทันหัน ชั้นสียังคงสภาพเดิมได้ดีทั้งนี้ในสภาพการใช้งานจริง ชิ้นงานมีโอกาสที่จะถูกความร้อนจากแสงแดดหรือสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ขณะเดียวกันก็จะถูกลดอุณหภูมิโดยฉับพลัน เช่นกันชั้นสีจะถูกทำให้ขยายตัวเมื่อรับความร้อนและจะหดตัวเมื่อได้รับความเย็น ถ้าการเกาะชิ้นงานของสีไม่ดีการหดและขยายตัวของสี รวมทั้งการแปรเปลี่ยนสภาพของสีตามชิ้นงานเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะทำให้สีเกิดการหลุดล่อนได้

การทดสอบนำชิ้นงานเข้าตู้อบให้ความร้อน 150° C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นรีบจุ่มลงในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 25°C ทิ้งไว้จนเย็นตัวลงเท่ากับอุณหภูมิของน้ำ จากนั้นนำขึ้นมา สังเกตการเปลี่ยนแปลง และทำการทดสอบซ้ำเช่นเดียวกันนี้จำนวน 3 ครั้ง จากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการทดสอบเช่นเดียวกับการทนต่อสภาพเกลือ โดยใช้วิธีการและสารเคมีเหมือนกัน หลังการทดสอบบันทึกค่า % การเกิดสนิมหรือปัญหา ตามสูตร

$$\text{บริเวณที่พบปัญหา} = \frac{\text{พื้นที่โดยประมาณที่เกิดปัญหา}}{\text{พื้นที่ผิวทั้งหมดของชิ้นงาน}} \times 100\ \%$$

เช่นกันด้วยวิธีการทดสอบเช่นนี้ ค่าของบริเวณที่พบปัญหาควร = 0% เหมือนการทดลองที่ 4.2.4.1 สำหรับการเคลือบสีที่ดี