

## บทที่ 4

### ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนเงิน

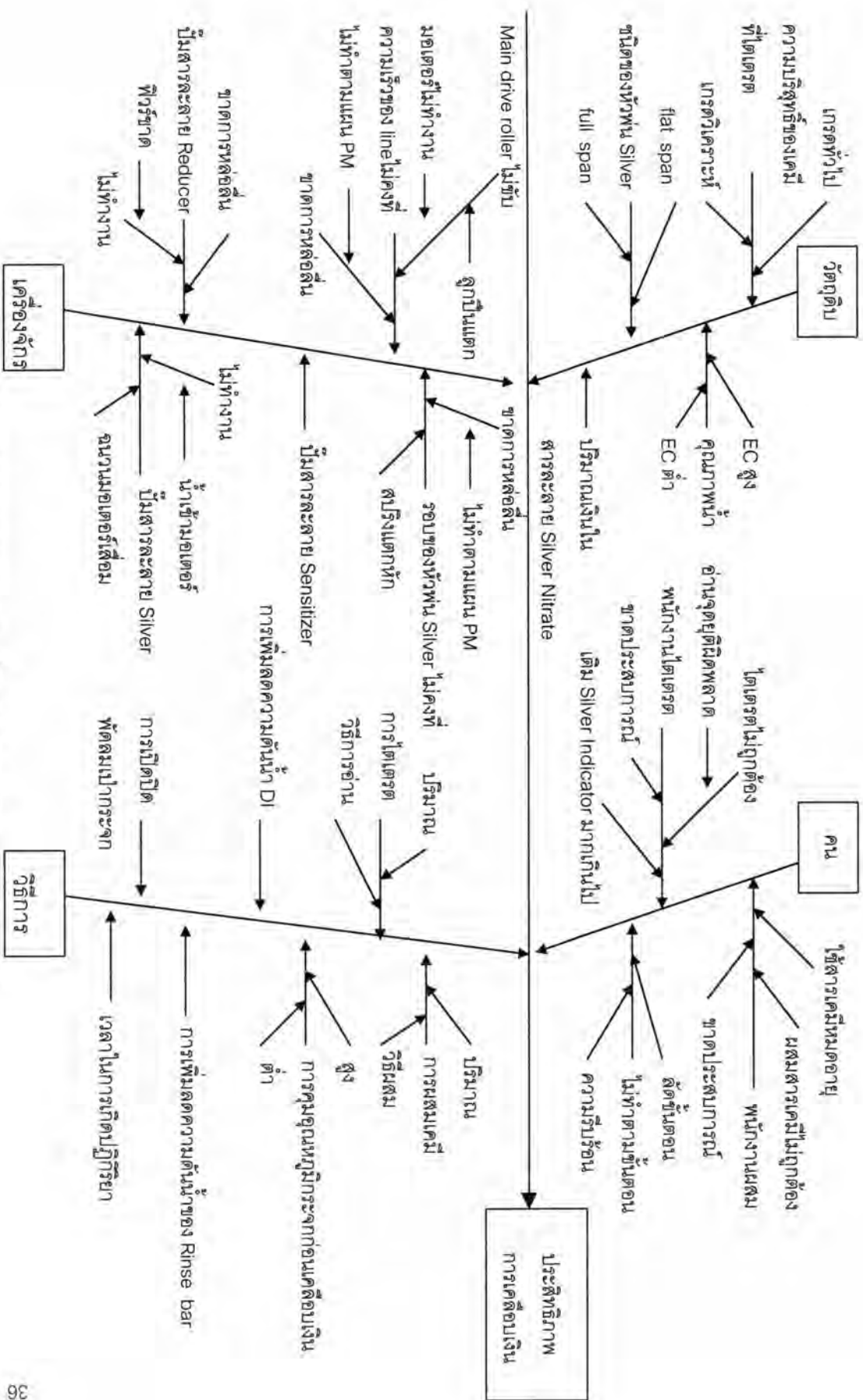
#### 4.1 บทนำ

ในการทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนเงินจะใช้ข้อมูลจากการทดลองอดีต การระดมความคิดจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องโดยอ้างอิงตามหลักการทางวิศวกรรม รวมทั้งข้อจำกัดในทางปฏิบัติต่าง ๆ มาพิจารณาร่วมกันเพื่อหาปัจจัยที่จะนำมาใช้ในการทดลอง

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนเงิน สามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ปัจจัยหลัก ๆ ได้แก่

- ปัจจัยที่เกิดจากคน ( Man )
- ปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร ( Machine )
- ปัจจัยที่เกิดจากวัตถุดิบ ( Material )
- ปัจจัยที่เกิดจากวิธีการ ( Method )

ซึ่งในแต่ละปัจจัยหลักข้างต้นยังสามารถแยกย่อยออกได้เป็นปัจจัยย่อยต่าง ๆ ซึ่งสามารถสรุปได้โดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล ( Cause and Effect Diagram ) ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงเหตุและผลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงิน

### การเลือกปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย

จากแผนภาพแสดงเหตุและผล พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงินอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงินเบื้องต้นได้ดังนี้

1. อุณหภูมิกระจกก่อนเข้ากระบวนการเคลือบเงิน ( Glass Temperature )
2. ความดันน้ำ DI เข้า Console ( Water Pressure )
3. ปริมาณของเหลวบนกระจก ( Solution Loading )
4. ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ( Reaction Time )
5. รอบการวิ่งของหัวพ่น Silver ( Silver Traverse )
6. คุณภาพน้ำ ( Water Quality )
7. อัตราการปั๊มสารละลาย Silver ( Silver Pumping Rate )
8. อัตราการปั๊มสารละลาย Reducer ( Reducer Pumping Rate )
9. อัตราการปั๊มสารละลาย Sensitizer ( Sensitizer Pumping Rate )
10. ชนิดของหัวพ่น Silver ( Silver Spray Tip Type )
11. ความบริสุทธิ์ของสารเคมีที่ใช้ในการไตเตรต ( Titration Chemical Purity )
12. การเปิดปิดพัดลมเป่าอากาศ ( Air Knife )
13. การเพิ่มความดันน้ำเข้าในส่วนการล้างกระจก ( Rinse Bar )
14. ปริมาณโลหะเงินในสารละลาย Silver Nitrate ( Amount of Silver )
15. ความเร็วของ line ( Line Speed )

### 4.2 การเลือกปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย มีเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาดังนี้

1. ปัจจัยที่จะถูกเลือกนั้นต้องสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมากมาประการใด
2. ปัจจัยที่ถูกเลือกนั้นจะต้องไม่มีผลกระทบต่อรอบเวลาในการผลิต ( Cycle Time ) มากนัก
3. ปัจจัยที่ถูกเลือกจะต้องไม่ส่งผลต่อคุณภาพกระจกเงา
4. ปัจจัยที่ถูกเลือกจะพิจารณาโดยใช้ข้อมูลการทดลองที่ได้ทำแล้วในอดีตหรือความรู้ในเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย

5. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคนจะเลือกใช้พนักงานที่มีความชำนาญ ทำงานได้ถูกต้องเพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นและกำหนดเป็นปัจจัยควบคุม
6. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร ซึ่งเป็นลักษณะที่เกี่ยวกับความสามารถของเครื่องจักรจะไม่นำมาพิจารณาและกำหนดเป็นปัจจัยควบคุม
7. ปัจจัยที่เลือกควรจะให้ผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบเงินได้อย่างเป็นรูปแบบ
8. ปัจจัยที่อยู่นอกเหนือความรับผิดชอบจากหน่วยงานที่รับผิดชอบจะไม่นำมาพิจารณา

แต่เนื่องจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงินในกระบวนการผลิตกระจกเงามีอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถทำการทดลองได้ในทุก ๆ ปัจจัยประกอบกับเวลาที่ใช้ในการทดลองค่อนข้างนาน เนื่องจากจะต้องรอรอบการผลิตกระจกความหนา 2 มม. จึงมีความจำเป็นต้องเลือกปัจจัยเพียง 3 ปัจจัยมาทำการทดลอง อันได้แก่

1. อุณหภูมิกระจกก่อนเข้ากระบวนการเคลือบเงิน ( Glass Temperature )
2. ปริมาณของเหลวบนกระจก ( Solution Loading ) ซึ่งสัมพันธ์กับระดับความดันน้ำ DI เข้า Console
3. ความดันน้ำของ Rinse bar ( Water Pressure )

ทั้งในส่วนของปัจจัยที่ถูกเลือกและไม่ได้ถูกเลือกในการวิจัยนั้น ผู้วิจัยได้สรุปเหตุผลไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 สรุปเหตุผลที่ใช้ในการเลือกปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัย	เหตุผลที่ใช้เลือกปัจจัย
1. อุณหภูมิกระจกก่อนเข้ากระบวนการเคลือบเงิน	จากข้อมูลการผลิตประจำวันพบว่าอุณหภูมิกระจกก่อนเข้ากระบวนการเคลือบเงินสูงขึ้นมีผลต่อปริมาณเงินที่เคลือบติดบนกระจกโดยตรง
1. ปริมาณของเหลวบนกระจก ซึ่งสัมพันธ์ กับความดันน้ำ	จากการทดลองในอดีตพบว่าปัจจัยนี้น่าจะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงิน
3. ความดันน้ำของ Rinse bar	จากประสบการณ์ของพนักงานที่มีความชำนาญและข้อมูลจาก London lab ( หนังสือ General mirror making ) ระบุว่าปัจจัยนี้จะส่งผลต่อปริมาณเงินที่เคลือบบนกระจก เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้ในการล้างปริมาณเงินที่เคลือบบนกระจกที่มากเกินไป

ตารางที่ 4.2 แสดงเหตุผลที่ไม่เลือกปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัย	เหตุผลที่ไม่เลือกปัจจัย	วิธีการควบคุมเบื้องต้น
	1. ปัจจัยด้านคน	
1.1 พนักงานผสมเคมีไม่ถูกต้อง	พนักงานจะเติมส่วนผสมของสารละลายเงินให้ถูกต้องตามวิธีการเตรียมสารละลายเงินซึ่งถูกระบุในเอกสารกรรมวิธีการผลิตแล้ว	กำหนดให้พนักงานที่มีความชำนาญเป็นผู้ผสมสารละลายเงินเพียงผู้เดียวตลอดการทดลอง
1.2 พนักงานผสมใช้เคมีหมดอายุ	ปกติจะมีการตรวจสอบเคมีก่อนนำไปใช้ทุกครั้งซึ่งถูกระบุในเอกสารการตรวจสอบเคมีก่อนนำไปใช้งาน	อบรมพนักงานให้ปฏิบัติตามเอกสารกรรมวิธีการผลิต
1.3 พนักงานไตเตรตสารละลายเงินไม่ถูกต้อง	ปัจจัยนี้เกิดจากความผิดพลาดของพนักงานที่ทำการไตเตรตซึ่งสามารถลดความผิดพลาดต่าง ๆ ได้โดยมีการฝึกอบรมให้เกิดความชำนาญ	กำหนดให้พนักงานที่มีความชำนาญเป็นผู้ไตเตรตสารละลายเงินเพียงผู้เดียวตลอดการทดลอง
1.4 พนักงานไม่ทำตามขั้นตอนที่กำหนด	ปัจจัยนี้เกิดจากความเร่งรีบของพนักงานซึ่งสามารถที่แก้ไขโดยปลูกจิตสำนึกให้กับพนักงานให้ตระหนักถึงคุณภาพ	-
1.5 พนักงานขาดประสบการณ์	ปัจจัยนี้เกิดจากพนักงานใหม่หรือพนักงานที่ยังขาดประสบการณ์ในการทำงานซึ่งสามารถจะแก้ไขได้โดยการกำหนดให้พนักงานที่มีประสบการณ์มากเป็นผู้ทำการทดลองเพียงผู้เดียวตลอดการทดลอง	-

ปัจจัย	เหตุผลที่ไม่เลือกปัจจัย	วิธีการควบคุมเบื้องต้น
	2. ปัจจัยด้านวัสดุดิบ	
2.1 ชนิดของหัวพ่นเงิน	กำหนดให้ใช้เพียงชนิดเดียวเป็นรุ่น SS316	-
2.2 คุณภาพน้ำ	กำหนดคุณภาพน้ำโดยการวัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำต้องไม่เกิน 1.0 ไมโครซีเมนต์	-
2.3 ความบริสุทธิ์ของสารเคมีที่ใช้ไตเตรต	กำหนดสารเคมีที่ใช้ในการไตเตรตเป็นเกรดงานวิเคราะห์ ( Reagent grade ) เพียงเกรดเดียวตลอดการทดลอง	-
2.4 ปริมาณโลหะเงินในสารละลายเงิน	กำหนดปริมาณโลหะเงินในสารละลายเงินไว้ที่ 158.75 mg/cc ตามวิธีการผสม	-
	3. ปัจจัยด้านเครื่องจักร	
3.1 บั๊มสารละลาย Silver	ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรได้แต่เลือกประเภทบั๊มที่ความสามารถในการปรับ stroke ได้ง่าย	กำหนดชนิดบั๊มเป็น Electrical pump
3.2 บั๊มสารละลาย Reducer	ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรได้แต่เลือกประเภทบั๊มที่ความสามารถในการปรับ stroke ได้ง่าย	กำหนดชนิดบั๊มเป็น Electrical pump
3.3 บั๊มสารละลาย Sensitizer	ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรได้แต่เลือกประเภทบั๊มที่ความสามารถในการปรับ stroke ได้ง่าย	กำหนดชนิดบั๊มเป็น Electrical pump

ปัจจัย	เหตุผลที่ไม่เลือกปัจจัย	วิธีการควบคุมเบื้องต้น
3.4 ความเร็วของ line ช่วงการเคลือบเงิน	ไม่สามารถเปลี่ยนความเร็วของ line ช่วงการเคลือบเงิน เนื่องจากถ้าเปลี่ยนความเร็วของ line ในช่วงการเคลือบเงินก็จะส่งผลต่อช่วง อื่น ๆ ด้วย	กำหนดแผนในการ PM Maindrive ในการควบคุมความเร็วของ line ให้สม่ำเสมอ
3.5 รอบของหัวพ่นเงิน	ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรอบของหัวพ่นเงินได้เนื่องจากที่รอบของหัวพ่นเงิน ณ ปัจจุบันได้ถูกออกแบบมาให้สัมพันธ์กับความเร็วของ line ซึ่งจะได้ปริมาณเงินบนกระจกกระจกตัวอย่างสม่ำเสมอ	กำหนดแผนในการ PM หัวพ่นของเงินเพื่อให้ได้รอบการพ่นที่คงที่
4. ปัจจัยด้านวิธีการ		
4.1 วิธีการไต่เตรต	ปัจจัยนี้สามารถควบคุมโดยให้พนักงานที่มีความชำนาญในการไต่เตรตเพียงผู้เดียวตลอดการทดลอง	-
4.2 การผสมเคมี	ปัจจัยนี้สามารถควบคุมโดยให้พนักงานที่มีความชำนาญในการไต่เตรตเพียงผู้เดียวตลอดการทดลอง	-
4.3 เวลาในการเกิดปฏิกิริยา	ปัจจัยนี้จะถูกกำหนดโดยระยะทางตั้งแต่หัวพ่นเงินหัวสุดท้ายจนถึง Rinse bar ซึ่งเป็นระยะทางที่ตายตัวไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้	-
4.4 การเปิดปิดพัดลมเป่าอากาศ	จากผลการทดลองพบว่าการเปิดพัดลมเป่าอากาศจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพกระจกเงา	กำหนดให้เปิดพัดลมตลอดการผลิต



จากการพิจารณาปัจจัยทั้งหมดข้างต้น สามารถสรุปปัจจัยที่ถูกเลือกและปัจจัยควบคุมและค่าที่ใช้ ณ ปัจจุบันดังนี้

ตารางที่ 4.3 ปัจจัยที่ถูกเลือกใช้ในการทดลองดังนี้

ปัจจัย	หน่วย	ค่าปัจจุบัน
อุณหภูมิกระจกก่อนเข้ากระบวนการเคลือบเงิน ( Glass Temperature )	°F	90
ปริมาณของเหลวบนกระจก ( Solution Loading ) ซึ่งสัมพันธ์ กับความดันน้ำ ( Water Pressure ) DI เข้า Console	psi	40
ความดันน้ำเข้า Rinse Bar ( Water Pressure )	psi	5

ตารางที่ 4.4 ปัจจัยที่ถูกควบคุมในการทดลองดังนี้

รายการ	หน่วย	ค่าปัจจุบัน
พนักงานที่ใช้ในการทดลอง	-	3 คน
ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ( Reaction Time )	second	46
รอบการวิ่งของหัวพ่นเงิน ( Silver Traverse )	cycle / min	14
อัตราการปั๊มสารละลายเงิน ( Silver Pumping Rate )	cc / min	43
อัตราการปั๊มสารละลาย Reducer ( Reducer Pumping Rate )	cc / min	43
ปริมาณโลหะเงินในสารละลาย Silver Nitrate ( Amount of Silver )	mg / cc	158.75
ความเร็วของ line ( Line Speed )	inch / min	118
อัตราการปั๊มสารละลาย Sensitizer ( Sensitizer Pumping Rate )	cc / min	82
คุณภาพน้ำ ( Water Quality )	µs	< 1.0
ระยะพ่นของเงิน	Inch	102
ชนิดของปั๊ม ( Pump Type )	-	Electrical pump
ความบริสุทธิ์ของสารเคมีที่ใช้ในการไตเตรต ( Titration Chemical Purity )	-	Reagent Grade



### 4.3 สรุป

หลักจากพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่น่าจะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงินโดยพยายามหาปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบเงิน โดยได้เลือกปัจจัยที่จะใช้ในการทดลองเบื้องต้น 3 ปัจจัยเพื่อที่จะตัดปัจจัยที่ไม่น่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงินออกไป จากปัจจัยที่ถูกเลือกนี้จะนำไปสู่การออกแบบแผนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อไป