# รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

## "การศึกษาการลดสนิมที่ขอบและการลดความดำของผิวผลิตภัณฑ์"

## (Black Edge & Dark Surface)


โดย

นาย ธงชัย เจริญแสนสวย B4501978


รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 424491 สหกิจศึกษา

สาขาวิศวกรรมเคมี

สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่ 22 ธันวาคม 2549

# กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่อง สนิมที่ขอบ (Black edge) และ ความดำของสีผิวผลิตภัณฑ์ (Dark surface) เป็นการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้เลยหากไม่ได้รับการช่วยเหลือจากหลาย ๆ พนังงานหลาย ๆ ท่าน ดังนั้นทางผู้จัดทำขอบขอบพระคุณท่านทั้งหลายที่มีรายนามดังต่อไปนี้เป็นอย่างยิ่ง

1. Senior Supervisor คุณคมกฤษณ์ วัชระวิชย์ พนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพผู้คอยให้คำแนะนำแล คำปรึกษาในการศึกษาเรื่อง ความดำของสีผิวผลิตภัณฑ์ (Dark surface)

2. Supervisor คุณวีระพงศ์ บุษมงคล พนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ ผู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือใ การศึกษาเรื่อง การกำจัดสนิมที่ขอบ (Black edge)

3. Supervisor คุณธันวา การแข็ง พนักงานฝ่ายโลหการและบริการทางเทคนิค ผู้ให้คำแนะนำในก ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Minitab)

ท้ายสุดนี้ขอขอบพระคุณ บริษัท สหวิริยาอินดัสตรี จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้โอกาสให้ผู้จัดทำเข้ามา ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ทำให้ผู้จัดทำได้มีประสบการณ์ในการทำงานจริง ได้มีโอกาสในการใช้ความรู้จากกา เรียนในมหาวิทยาลัยมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับทางบริษัท และยังได้รับโอกาสในการเพิ่มเติมความรู้ใหม่ ทียั เคยได้รู้มาก่อน และขอขอบคุณพนักงานแผนกประกันคุณภาพและโลหการทุกท่าน ที่มิได้เอ่ยนาม ณ ที่นี้ ที่ คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือแก่ผู้จัดทำในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษานี้

# บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่อง สนิมที่ขอบ เป็นการศึกษาเพื่อหาความเร็วที่เหมาะสมในการดึง Strip ในกระบวนการกัดกรดและเคลือบน้ำมันและการหาองค์ประกอบในการกัดกรดของกระบวนการ กัดกรดและเคลือบน้ำมันที่เหมาะสมกับการดึง Strip ที่ความเร็ว 180 เมตรต่อนาที โดยที่ทำการทดลองออกเป็น 2 ตอน โดยการทดลองแต่ละตอน จะทำการจำลอง เงื่อนไข ที่จะใช้ภายในบีกเกอร์ ใช้บีกเกอร์ 4 อันแทนถังกรด แต่จะให้เพียง 1 บีกเกอร์ แทนถังน้ำล้างทั้ง 5 ถัง และใช้เตาในการให้ความร้อนแก่บีกเกอร์ และหลังจากการผ่านบีกเกอร์ที่มีน้ำล้างแล้ว จะทำการเก็บรักษาชิ้นงานโดยล้างน้ำเปล่าอีกหนึ่งรอบจากนั้นทำให้แห้งแล้วพ่นสเปรย์กันสนิมที่อาจจะเกิดขึ้น จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของกรด อุณหภูมิของถังกรด และถังน้ำล้าง มีผลต่อการกำจัด สนิมที่ขอบ และ ค่า Coiling Temperature มีผลต่อการกัดกรด เมื่อ CT มีค่ามากปริมาณของ สนิมที่ขอบ จะมีมากตามไปด้วย โดยที่ความเข้มข้นของกรดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังสามารถที่จะใช้ กับการดึง Strip ที่ความเร็ว 100 และ 130 เมตรต่อนาที แต่ไม่เหมาะกับการดึง Strip ที่ความเร็ว 160 เมตรต่อนาที ส่วนความเร็ว 180 เมตรต่อนาที โดยที่เงื่อนไข Test ที่ 3 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัด สนิมที่ขอบ มากที่สุด

การศึกษาเรื่อง Dark surface เป็นการศึกษาเพื่อศึกษาว่าผิวชิ้นงานของทางบริษัทเกาหลี กับชิ้นงานของทางบริษัท มีค่าความขรุขระแตกต่างกันหรือไม่ พร้อมทั้งศึกษาว่าความขรุขระมีผลต่อสีผิวของชิ้นงานที่มองเห็นอย่างไรและระยะเวลาของชิ้นงานที่อยู่ใน Rinse tank ที่มีผลต่อความขรุขระ และสีผิวของชิ้นงาน และจัดหาสีมาเทียบกับชิ้นงาน จากการศึกษาพบว่า ชิ้นงานเกาหลีมีความขรุขระไม่เท่ากับชิ้นงาน SSI และสีผิวของชิ้นงานเกาหลี จะขาวกว่าของชิ้นงาน SSI โดยที่ความขรุขระของชิ้นงานมีผลต่อสีผิวของชิ้นงานที่มองเห็น เมื่อความขรุขระของชิ้นงานยิ่งมากสีผิวของชิ้นงานก็จะมีลักษณะคล้ำมากยิ่งขึ้น และระยะเวลาของชิ้นงานที่หยุดอยู่ในถังกรดมีผลต่อความขรุขระของสีผิว โดยที่จะมีลักษณะเป็นวงรอบไปเรื่อย ๆ ซึ่งส่งผลต่อสีผิวที่มองเห็นได้ด้วย

# สารบัญ


หน้า

**การลดสนิมที่ขอบ (Black Edge)**

1. วัตถุประสงค์ 1
2. บทนำ 1
3. วิธีการศึกษา 3
4. ผลการศึกษา 6
5 วิเคราะห์ผลการศึกษา 8
6. สรุปผลการศึกษา 9
7. ข้อเสนอแนะ 10

**การศึกษาความดำของผลิตภัณฑ์ (Dark Surface)**

1. วัตถุประสงค์ 11
2. บทนำ 11
3. วิธีการศึกษา 16
4. ผลการศึกษา 18
5. วิเคราะห์ผลการศึกษา 30
6. สรุปผลการศึกษา 33
7. ข้อเสนอแนะ 34

**เอกสารอ้างอิง** 37

**ภาคผนวก**

ภาคผนวก ก : การเตรียมความเข้มข้นกรด ของ Black edge test 38
ภาคผนวก ข : การหาเวลาที่ชิ้นงานจะอยู่ในถังกรดและถังน้ำล้าง ของ Black edge test 40
ภาคผนวก ค : ผลการวิเคราะห์ Hypothesis โดยการใช้โปรแกรม Minitab 41

# การศึกษาการลดสนิมที่ขอบ
# (Black Edge)

## วัตถุประสงค์

ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการกัดกรดที่กระบวนการ กัดกรดและการเคลือบน้ำมัน ที่สามารถจะกำจัดปัญหาสนิมที่ขอบ ให้ไม่เกิดขึ้นได้

## บทนำ

### การกัดกรดเพื่อกำจัด สนิมที่ขอบ

ปกติแล้วจะสามารถกำจัดสนิมที่ขอบ ให้หายไปได้หมดซึ่งแต่เดิมไม่เคยได้เกิดปัญหานี้ขึ้น แต่ในปัจจุบันปัญหาเกิดขึ้นจากต้องการทำให้กระบวนการ กัดกรดและเคลือบน้ำมัน มีอัตราการการผลิตที่สูงมากขึ้นกว่าเดิมโดยการเพิ่มความเร็วของแผ่น Strip ในการผ่านขบวนการ กัดกรดและการเคลือบน้ำมัน ทำให้แผ่น Stripอยู่ในส่วนของ Wet Section น้อยลงประสิทธิภาพของการกัดกรดจึงยังไม่ดีพอที่กำจัด สนิมที่ขอบ ให้หายไปได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นกับ Coil ที่มี Coiling Temperature สูง (ใกล้เคียงกับ 700°C) ดังนั้นทางบริษัทจึงต้องการทำการทดลองเพื่อหาความเร็วที่เหมาะสมในการผลิตที่กระบวนการ กัดกรดและการเคลือบน้ำมัน ที่จะสามารถจะกำจัด สนิมที่ขอบ ณ บริเวณขอบให้หายไป

โดยที่ สนิมที่ขอบ เกิดจากการที่ Scale เกาะติดแน่นกับผิวขอบของ Strip โดยที่ไม่สามารถล้างออกไปได้หมด จึงเกิดสีดำเป็นแนวที่ขอบของ Strip และ Scale เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ Strip กับอากาศ ที่เกิดขึ้นในขณะที่แผ่นเหล็กยังร้อนอยู่ ซึ่งต่างจากสนิมที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปซึ่งจะเกิดหลังจากที่ Strip เย็นตัวแล้ว

Scale มักจะเกิดที่บริเวณขอบของ Strip ในขณะที่กำลังม้วน Coil ที่ Down Coiler ในส่วนของกระบวนการ HSM (Hot Strip Mill) การเกิด Scale ดังกล่าวจะพบว่าเกิดที่บริเวณขอบ เพราะบริเวณขอบของ Strip ไม่ได้แนบเรียบสนิทกันในแต่ละชั้น ทำให้ Strip มีโอกาสที่จะสัมผัสกับบริเวณของอากาศได้ โดยที่ Scale มีโอกาสที่จะติดกับขอบ Strip ได้มากถ้า Coiling temperature (CT) สูง ทำให้Scale มีโอกาสการหลอมรวมติดกับเนื้อชิ้นงานมากขึ้นกลายเป็น สนิมที่ขอบ ซึ่งจะสามารถที่จะทำให้หายไปได้โดยผ่าน Wet Section ในกระบวนการของ กัดกรดและการเคลือบน้ำมัน และปริมาณของ Scale จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บรักษา Coil ก่อนที่จะเข้าไปสู่ขบวนการ กัดกรดและการเคลือบน้ำมัน ต่อไป

# Black Edge

## วัตถุประสงค์

ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการกัดกรดที่กระบวนการ Pickled & Oiled ที่สามารถจะกำจัดปัญหา Black Edge ให้ไม่เกิดขึ้นได้

## บทนำ

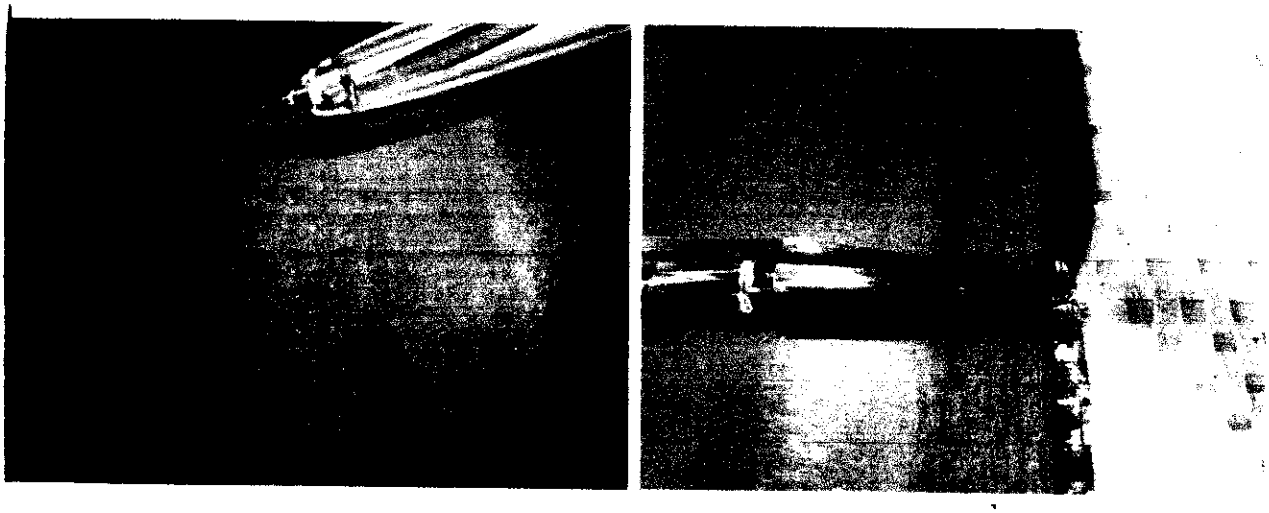
### การกัดกรดเพื่อกำจัด Black Edge

ปกติแล้วจะสามารถกำจัด Black edge ให้หายไปได้หมดซึ่งแต่เดิมไม่เคยได้เกิดปัญหานี้ขึ้น แต่ในปัจจุบันปัญหาเกิดขึ้นจากต้องการทำให้กระบวนการของ Pickled & Oiled มี Productivity สูงมากขึ้นกว่าเดิมโดยการเพิ่มความเร็วของแผ่น Strip ในการผ่านขบวนการ Pickled & Oiled ทำให้แผ่น Stripอยู่ในส่วนของ Wet Section น้อยลง ประสิทธิภาพของการกัดกรดจึงยังไม่ดีพอที่กำจัด Black Edge ให้หายไปได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นกับ Coil ที่มี Coiling Temperature สูง (ใกล้เคียงกับ 700°C) ดังนั้นทางบริษัทจึงต้องการทำการทดลองเพื่อหาความเร็วที่เหมาะสมในการผลิตที่กระบวนการ Pickled & Oiled ที่จะสามารถจะกำจัด Black edge ณ บริเวณขอบให้หายไป

โดยที่ Black edge เกิดจากการที่ Scale เกาะติดแน่นกับผิวขอบของ Strip โดยที่ไม่สามารถล้างออกไปได้หมด จึงเกิดสีดำเป็นแนวที่ขอบของ Strip และ Scale เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ Strip กับอากาศ ที่เกิดขึ้นในขณะที่แผ่นเหล็กยังร้อนอยู่ ซึ่งต่างจากสนิมที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปซึ่งจะเกิดหลังจากที่ Strip เย็นตัวแล้ว

Scale มักจะเกิดที่บริเวณขอบของ Strip ในขณะที่กำลังม้วน Coil ที่ Down Coiler ในส่วนของกระบวนการ HSM (Hot Strip Mill) การเกิด Scale ดังกล่าวจะพบว่าเกิดที่บริเวณขอบ เพราะบริเวณขอบของ Strip ไม่ได้แนบเรียบสนิทกันในแต่ละชั้น ทำให้ Strip มีโอกาสที่จะสัมผัสกับบริเวณของอากาศได้ โดยที่ Scale มีโอกาสที่จะติดกับขอบ Strip ได้มากถ้า Coiling temperature (CT) สูง ทำให้Scale มีโอกาสการหลอมรวมติดกับเนื้อชิ้นงานมากขึ้น กลายเป็น Black Edge ซึ่งจะสามารถที่จะทำให้หายไปได้โดยผ่าน Wet Section ในกระบวนการของ Pickled & Oiled และปริมาณของ Scale จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บรักษา Coil ก่อนที่จะเข้าไปสู่ขบวนการ Pickled & Oiled ต่อไป

**รูปที่ 1** ลักษณะของม้วน Coil

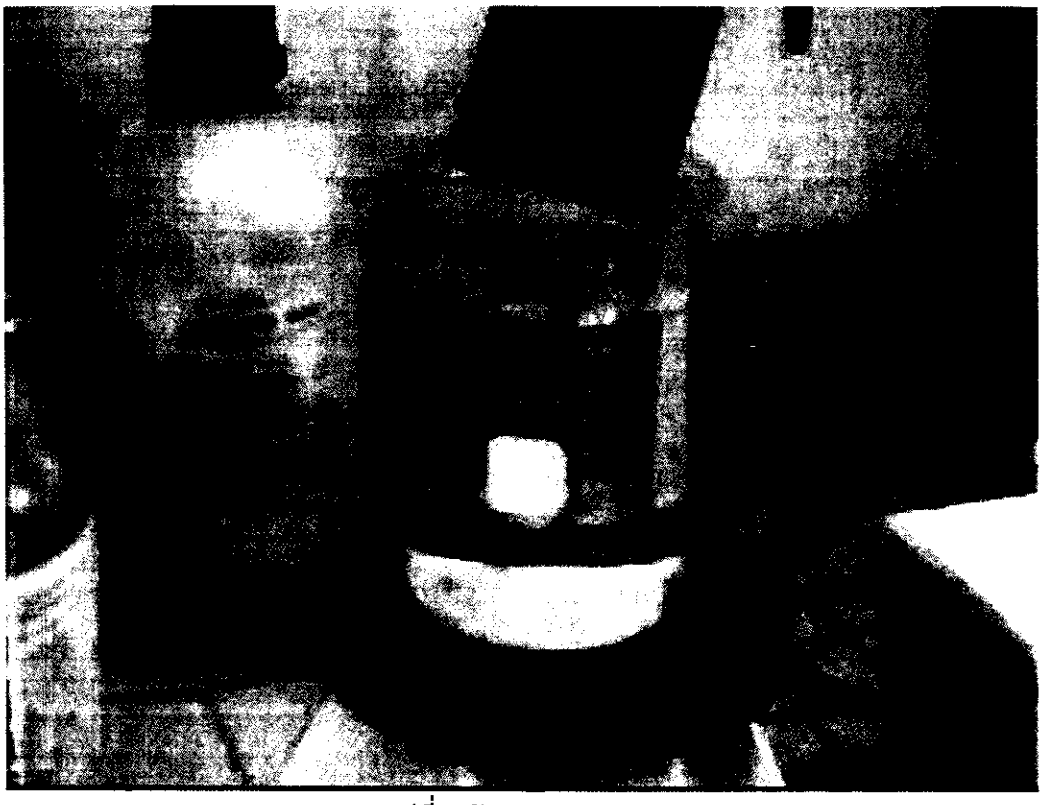


(2.1) (2.2)

**รูปที่ 2.1** และ **2.2** ลักษณะของ Black Edge

## วิธีการศึกษา

โดยที่ทำการศึกษาออกเป็น 2 ตอน โดยการศึกษาแต่ละตอน จะทำการจำลอง เงื่อนไข ที่จะใช้ภายในบีกเกอร์ และใช้เตาในการให้ความร้อนแก่บีกเกอร์ และหลังจากการผ่านบีกเกอร์ที่มีน้ำล้างแล้ว จะทำการเก็บรักษาชิ้นงานโดยล้างน้ำเปล่าอีกหนึ่งรอบจากนั้นทำให้แห้งแล้วพ่นสเปรย์กันสนิมที่อาจจะเกิดขึ้น



รูปที่ 3 ลักษณะการทำการทดลอง

ตอนที่ 1 จะเป็นการทดลองเพื่อหาความเร็วที่เหมาะสมในการทำการผลิต ในส่วนของ กัดกรดและการเคลือบน้ำมัน โดยที่ยังใช้เงื่อนไขของถังกรด และถังน้ำล้างที่ยังใช้ทำการผลิตอยู่ในปัจจุบัน

**ตอนที่ 1 การหาความเร็วที่ใช้ในการดึง Strip ที่ยังสามารถใช้เงื่อนไขการผลิตแบบปกติ**

1. เตรียมความเข้มข้นและอุณหภูมิของถังกรดให้เป็นไปตามที่ใช้ในการผลิตโดยมี เงื่อนไข ดังตารางที่ 1 การเตรียมความเข้มข้นของถังกรดดูได้จาก **ภาคผนวก ก**

**ตารางที่ 1** ความเข้มข้นและอุณหภูมิของถังกรดสำหรับ สนิมที่ขอบ test ตอนที่ 1

| TANK | #2 | #3 | #4 | #5 |
|---|---|---|---|---|
| TEMPERATURE ( °C ) | 85 | 80 | 80 | 80 |
| ACID CONCENTRATION ( %wt HCl ) | 3.5 % | 6.5 % | 10 % | 13 % |

2. อุณหภูมิของถังน้ำล้างแต่ละถังจะเท่ากันที่อุณหภูมิ 85 °C

3. เลือก Coil กลุ่มเสี่ยงที่จะนำมาทดลองโดยเลือก Coil ที่มี CT เข้าใกล้ 700 °C ซึ่งการทดลองนี้เลือก Coil ที่มี CT = 684 และ 674 °C

4. ระยะเวลาที่แผ่น ชิ้นงานซึ่งนำมาจากการผลิตจริง จะอยู่ในถังกรดและถังน้ำล้างแต่ละถังเป็นไปตามที่ตารางที่ 2 แสดงการคำนวณใน **ภาคผนวก ข**

**ตารางที่ 2** ระยะเวลาที่ใช้ของ สนิมที่ขอบ test ตอนที่ 1

| CONDITION TESTED | Time (sec) | |
|---|---|---|
| Speed ( m/min) | Acid tank (เวลาที่ใช้ในแต่ละถัง) | Rinse tank (เวลารวมที่ใช้ทั้ง 5 ถัง) |
| 100 | 9 | 6 |
| 130 | 7 | 5 |
| 160 | 6 | 4 |

5. จุ่มชิ้นงานลงในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้ เริ่มจับเวลา แล้วบันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 2 จะเป็นการทดลองเพื่อหา เงื่อนไข ของถังกรดและถังน้ำล้างใหม่ ที่เหมาะสมในการที่จะใช้ความเร็วในการดึงแผ่น strip ด้วยความเร็ว 180 m/min

**ตอนที่ 2 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการดึงแผ่นงานที่ความเร็ว 180 เมตรต่อนาที**

1. เตรียมความเข้มข้นและอุณหภูมิของถังกรดให้เป็นไปตามที่ใช้ในการผลิตโดยมี เงื่อนไข ดังตารางที่ 3 การเตรียมความเข้มข้นของถังกรดดูได้จาก **ภาคผนวก ก**

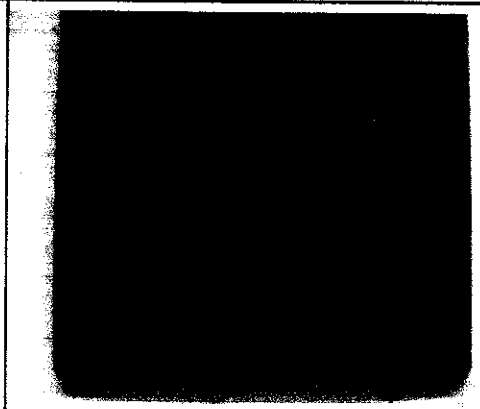
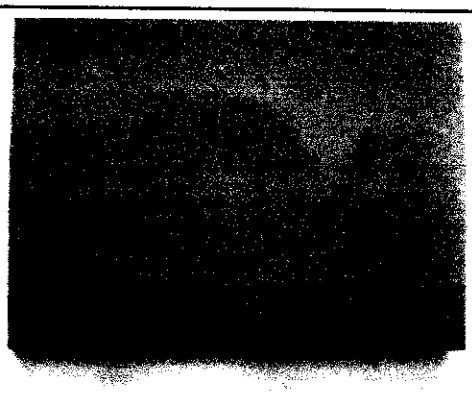
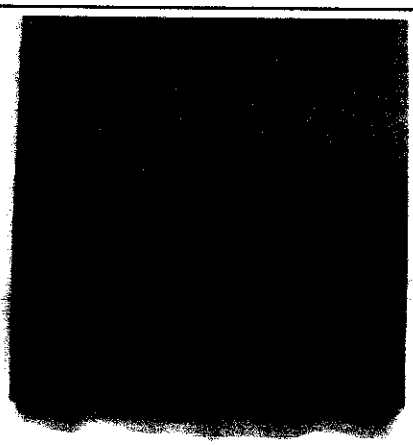
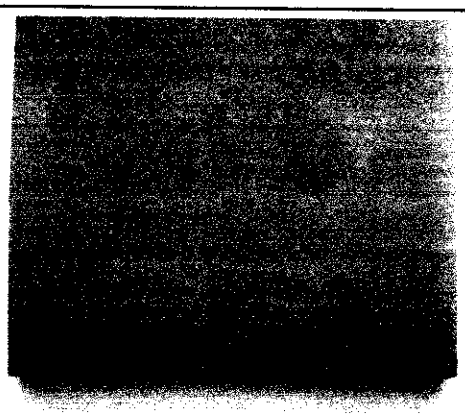
**ตารางที่ 3** ความเข้มข้นและอุณหภูมิของถังกรดสำหรับ สนิมที่ขอบ test ตอนที่ 2

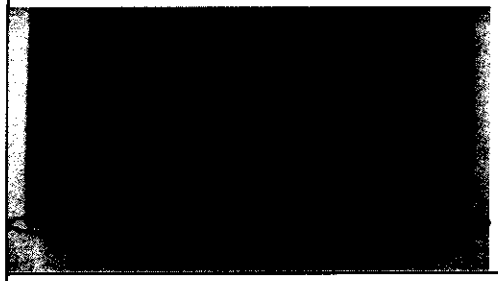
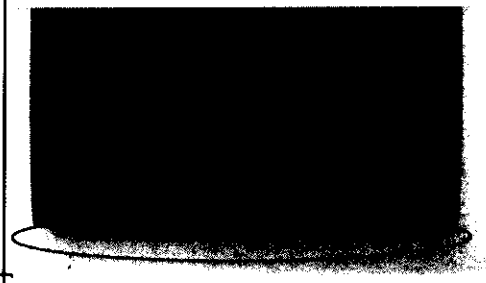
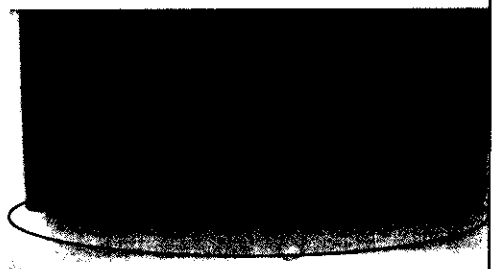
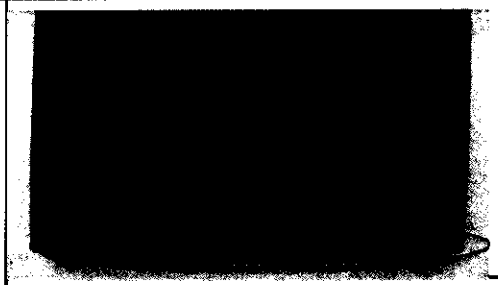
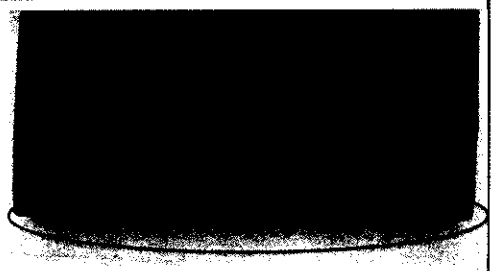
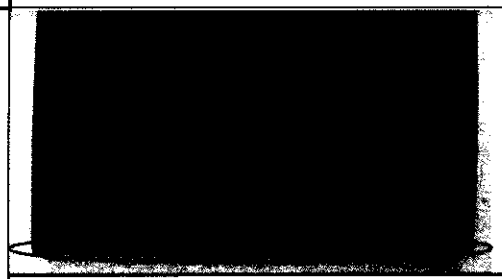
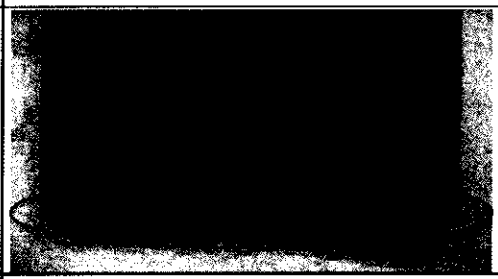
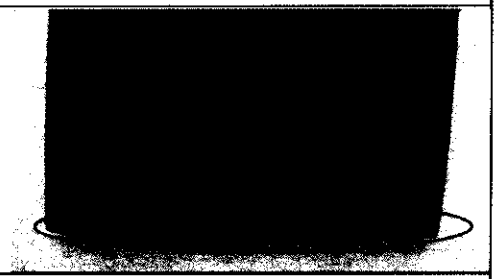
| CONDITION TESTED | ACID CONCENTRATION ( %HCl ) | | | | TEMPERATURE ( C ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | #2 | #3 | #4 | #5 | #2 | #3 | #4 | #5 |
| 1 | 4.5 | 7.5 | 10.5 | 13.5 | 85 | 80 | 80 | 80 |
| 2 | 6.5 | 9.5 | 12.5 | 15.5 | 85 | 80 | 80 | 80 |
| 3 | 6.5 | 9.5 | 12.5 | 15.5 | 90 | 85 | 85 | 85 |

2. อุณหภูมิของถังน้ำล้างแต่ละถังจะเท่ากันที่อุณหภูมิ 85 °C
3. ระยะเวลาที่แผ่น ชิ้นงาน ที่อยู่ในถังกรดแต่ละถังคือ 5 วินาที และอยู่ในถังน้ำล้าง 4 วินาที
4. จุ่มชิ้นงานลงในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้ เริ่มจับเวลา แล้วบันทึกผลการทดลอง

## ผลการทดลอง

ตารางที่ 4 ผลการกัดกรดของการทดลองตอนที่ 1

| CONDITION TESTED | RESULTS | |
|---|---|---|
| | Coil No. 1692160461 | Coil No. 1692160471 |
| | THK. 3.2 mm. CT = 681°C | THK. 3.2 mm. CT = 674°C |
| SPEED 100 m/min |  |  |
| | ล้างออกหมด | ล้างออกหมด |
| SPEED 130 m/min |  |  |
| | ล้างออกหมด | ล้างออกหมด |
| SPEED 160 m/min | | |
| | ล้างออกหมด | มี edge scale เหลือที่บริเวณขอบเล็กน้อย |

| CONDITION TESTED | RESULTS | | |
|---|---|---|---|
| | THK. 2.9 mm. | THK. 3.9 mm. | THK. 5.8 mm. |
| | Coil No. 15K3180183 CT. = 607 °C | Coil No. 1642120433 CT. = 578 °C | Coil No. 15K1580213 CT. = 588 °C |
| 1<br>ดังแสดงในตารางที่ 3 |  <br>เกิด Black Edge และสันขอบ มีสีดำ |  <br>เกิด Black Edge และสันขอบ มีสีดำเล็กน้อย |  <br>เกิด Black Edge และสันขอบมี สนิมเหลือเล็กน้อย |
| 2<br>ดังแสดงในตารางที่ 3 |  <br>เกิด Black Edge และสันขอบ มีสีดำ | <br>ล้างออกหมด |  <br>เกิด Black Edge และสันขอบมี สีดำเล็กน้อย |
| 3<br>ดังแสดงในตารางที่ 3 |  <br>เกิด Black Edge และสันขอบ มีสีดำเล็กน้อย |  <br>ล้างออกหมด |  <br>เกิด Black Edge และสันขอบ มีสีดำเล็กน้อย |

## วิเคราะห์ผลการศึกษา

**ตอนที่ 1** การหาความเร็วที่เหมาะสมกับการรันแบบเดิม

1. จากตารางที่ 4 ผลการศึกษาการกัดกรด พบว่า การดึง Strip ที่ความเร็ว เท่ากับ 100, 130 m/min จะสามารถกำจัด Black Edge ให้หายไปหมดได้

2. จากตารางที่ 4 ผลการศึกษาการกัดกรด พบว่า การดึง Strip ที่ความเร็ว เท่ากับ 160 m/min ในส่วนของ Coil No. 1692160471 จะยังเหลือ Black Edge อยู่เพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่า Coil ดังกล่าวจะมีค่า CT ต่ำกว่า Coil No. 1692160461 แต่ที่ยังไม่สามารถกำจัด Black Edge ให้หมดไปได้เพราะ เกิดจากชิ้นงานนั้นเป็นชิ้นงานที่ทดลองเป็นชิ้นสุดท้าย ทำให้ประสิทธิภาพของกรดที่กัดชิ้นงานนั้นไม่เพียงพอต่อการกำจัด Black Edge ให้หายไปให้หมดได้

**ตอนที่ 2** การหา Condition ที่เหมาะสมสำหรับความเร็ว 180 m/min

1. จากตารางที่ 5 ผลการศึกษาการกัดกรด Condition Test ที่ 1 พบว่า ชิ้นงานแต่ละชิ้นยังคงมี Black Edge ติดอยู่ที่ขอบของชิ้นงาน และจะมีปริมาณของ Black Edge เหลืออยู่มาก ที่ Coil No. 15K3180183 ซึ่งมีค่า CT มากที่สุด โดยที่ค่า CT ยิ่งสูงแผ่นชิ้นงานจะมีปริมาณการเกิด Black Edge ได้มาก และการที่ชิ้นงานถูกดึงที่ความเร็วที่สูง ทำให้ชิ้นงานมีเวลาออยู่ในบีกเกอร์ที่น้อยก็ทำให้ การกัดกรดมีประสิทธิภาพลดลง และประกอบกับ Condition Test ที่ 1 มีความเข้มของกรดที่ต่ำ

2. จากตารางที่ 5 ผลการศึกษาการกัดกรด Condition Test ที่ 2 พบว่า ชิ้นงาน Coil No.1642120433 ซึ่งมีค่า CT ต่ำที่สุดจะสามารถกำจัด Black Edge ให้หายไปไหมดได้ แต่ยังคงมี Black Edge เหลืออยู่ที่แผ่นชิ้นงานอื่น โดยที่จะเหลืออยู่มากที่สุดที่ ชิ้นงาน Coil No. 15K3180183

3. จากตารางที่ 5 ผลการศึกษาการกัดกรด Condition Test ที่ 2 พบว่า ชิ้นงาน Coil No.1642120433 จะสามารถกำจัด Black Edge ให้หายไปหมดได้ แต่ชิ้นงานอื่น ๆ ยังคงมีหลงเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย

## สรุปผลการศึกษา

**ตอนที่ 1** การหาความเร็วที่เหมาะสมกับการรันแบบเดิม

1. ความเข้มข้นของกรดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังสามารถที่จะใช้ กับการดึง Strip ที่ความเร็ว 100 และ 130 m/min แต่ไม่เหมาะกับการดึง Strip ที่ความเร็ว 160 m/min

2. ความเร็วของการดึง Strip มีผลต่อการกำจัด Black Edge

3. ค่า Coiling Temperature มีผลต่อการกัดกรด เมื่อ CT มีค่ามากปริมาณของ Black Edge จะมีมาก ซึ่งจะต้องใช้ความเร็วของการดึง Strip ที่เหมาะสมในการที่กำจัด Black Edge ให้หายไปให้หมด

**ตอนที่ 2** การหา Condition ที่เหมาะสมสำหรับความเร็ว 180 m/min

1. Condition Test ที่ 3 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัด Black Edge มากที่สุดสำหรับการดึง Strip ที่ ความเร็ว 180 m/min

2. ความเข้มข้นของกรด และอุณหภูมิของถังกรด รวมถึงถังน้ำล้าง มีผลต่อการกัดกรด

3. ค่า Coiling Temperature มีผลต่อการกัดกรด เมื่อ CT มีค่ามากปริมาณของ Black Edge จะมีมาก ซึ่งจะต้องใช้ความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสมในการกัดกรด

**ข้อเสนอแนะ**

1. วิธีการศึกษาทั้ง 2 วิธี เป็นแค่การจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงภายในกระบวนการผลิต ซึ่งการผลิตจริงนั้น ถังกรดรวมถึงถังน้ำล้าง จะควบคุม ความเข้มข้นของกรด อุณหภูมิ อย่างแม่นยำโดยเครื่องจักร แต่สถานการณ์ที่เราจำลองขึ้นมานั้น การควบคุมอุณหภูมิ ไม่สามรถควบคุมได้ตลอดเวลาเพราะไม่ได้ใช้ อ่างควบคุมอุณหภูมิ ใช้เพียงแต่ เตาขดลวดไฟฟ้า ซึ่งไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องตลอดเวลา รวมถึงบีกเกอร์ที่ใช้มีขนาดเล็กจึงไม่สามารถกวนให้กรดในถังกรดและน้ำล้างในถังน้ำล้าง ให้มีความปั่นป่วนแบบ Turbulent ได้เหมือนกับที่เครื่องจักรทำ ทำให้ทั้งกรดและน้ำล้างไม่สามารถสัมผัส และ เกิดการเสียดสีกับชิ้นงานได้ดี ดังนั้นถ้าต้องการให้การจำลองสถานการณ์เหมือจริงมากที่สุด ก็ควรที่จะทำการต้มสารภายในอ่างควบคุมอุณหภูมิ และต้องหาบีกเกอร์ที่มีขนาดใหญ่พอที่จะใส่ชิ้นงานแล้วยังเหลือที่ให้สามารถกวนสารได้อย่างทั่วถึง หรือ ตัดชิ้นงานที่นำมากัดกรดให้มีขนาดเล็กลง

2. การกัดกรดตอนที่ 1 ได้ใช้ความเข้มข้นของกรดแบบเดิมตลอดทำการทดลองทั้ง 3 ความเร็วในการดึง Strip และทุกชิ้นงาน ซึ่งทำให้ความเข้มของกรดในตอนแรกนั้นมีมาก แต่เมื่อใช้ไปนานขึ้นความเข้มข้นของกรดย่อมลดลง ทำให้ประสิทธิภาพของการกรดน้อยลงไป โดยที่สถานการณ์จริงจะมีการควบคุมความเข้มของกรดอยู่ตลอดเวลาในแต่ละถัง ดังนั้นควรที่จะทำการเปลี่ยนกรดที่ใช้ทุก ๆ ครั้งหลังจากเสร็จแต่ละความเร็วและแต่ล่ะชิ้นงานเพื่อให้ได้ความเข้มข้นกรดที่แน่นอน

3. การกัดกรดตอนที่ 2 ควรที่จะเลือก Coil ที่มีการผลิตในวันที่ หรือ ล็อตของการผลิต ที่ใกล้เคียงกันเพราะระยะเวลาในการเก็บจะมีผลต่อการเกิดสนิมที่เกิดขึ้นตามาที่หลัง ซึ่งจะทำให้ปริมาณของสนิมในแต่ละชิ้นงานมีปริมาณที่ไม่เท่ากันแต่ใช้ความเข้มข้นกรดเดียวกันในการกัดกรด จะทำให้ไม่สามารถสรุปผลได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้รวมถึงความหนาของชิ้นงานที่นำมาก็ควรที่จะมีความหนาที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันให้มากที่สุด เพราะความหนาก็จะมีผลต่อปริมาณสนิม

# Dark Surface

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาว่าผิวชิ้นงานของทางบริษัทเกาหลี กับชิ้นงานของทางบริษัท มีค่าความขรุขระแตกต่างกันอย่างไร
2. ศึกษาว่าความขรุขระมีผลต่อสีผิวของชิ้นงานอย่างไร
3. ระยะเวลาของชิ้นงานที่อยู่ใน Rinse thank มีผลต่อความขรุขระ และสีผิวของชิ้นงานอย่างไร
4. จัดหามาตรฐานสีมาเทียบกับชิ้นงานของทางบริษัท
5. กำหนดสีที่สามารถยอมรับได้

## บทนำ

### ปัญหา Dark Surface

Dark Surface เป็นปัญหาที่พบมานานแล้วแต่ยังไม่ได้รับความสนใจในการแก้ไข แต่ในปัจจุบันลูกค้าได้ให้ความสนใจจึงทำให้บริษัทต้องการจะกำจัดปัญหาที่เกิดขึ้น

Dark Surface คือสีพื้นผิวของ Strip เป็นสีคล้ำ โดยจะเกิดขึ้นเมื่อการดึงแผ่น Strip ในส่วนของ Pickled & Oiled ไม่ได้ทำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ในบางครั้งจะมีการหยุดรอเพื่อตัด Strip หรือตัดไปเป็นชิ้นงานเพื่อนำไปเข้าห้องแลบหรือนำไปขัดเพื่อทดสอบหารอยตำหนิต่าง ๆ ซึ่งส่วนที่จะมีสีคล้ำคือส่วนที่ยังอยู่ในRinse Tank ในขณะที่หยุดการดึง Strip และสมมุติฐานแรกของการเกิดปัญหานี้คือ จะมีสีดำคล้ำมากขึ้นถ้าระยะเวลาที่หยุดอยู่ใน Rinse Tank นานมากขึ้น ความขรุขระที่มากขึ้นบนพื้นผิวของ Strip ส่งผลต่อแสงที่มากระทบพื้นผิวแล้วสะท้อนเข้าสู่ดวงตา ทำให้มองว่าสีดำคล้ำมากขึ้น โดยที่จะทำการทดลองเพื่อทดสอบว่าถ้าปล่อยให้ Strip อยู่ใน Rinse Tank นานขึ้นจะมีความขรุขระมากขึ้นหรือไม่

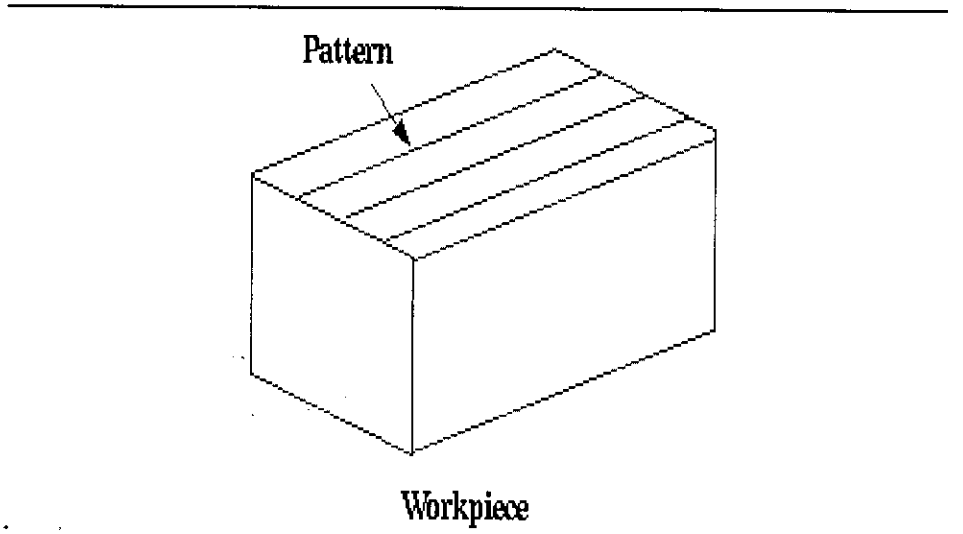
### Pickling (การกัดกรด)

การกัดกรดเป็นการปรับปรุงพื้นผิวของโลหะให้ดียิ่งขึ้น ช่วยในการกำจัดสิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่น Stains, Scales เป็นต้น โดยจะใช้สารละลายที่เรียกว่า **Pickle liquor** โดยการกัดกรดนั้นจะเป็นกระบวนการที่จะทำก่อนที่จะนำแผ่นเหล็กไปเข้าสู่ขบวนการอื่นอีกต่อไป เช่น Extrusion, Rolling, Galvanizing เป็นต้น การกัดกรดจะใช้กรดแก่ 2 ชนิด คือ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และ กรดซัลฟูริก ($H_2SO_4$) ซึ่งขบวนการกัดกรดนี้จะทำให้เกิดของเสียขึ้นไม่ว่าจะใช้กรดชนิดใดก็ตาม ดังนั้นจะต้องมีการควบคุมเพื่อไม่ให้ไปทำลายสิ่งแวดล้อม โดยโรงงานที่ใช้ กรดไฮโดรคลอริก จะมีส่วนของการนำกรดไฮโดรคลอริกที่ผ่านการใช้งานแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ เรียกว่า Hydrochloric acid regeneration plants ส่วนของโรงงานที่ใช้ กรดซัลฟูริก จะได้ผลิตภัณฑ์ข้างเคียงออกมาคือ Ferrous sulphate ซึ่งสามารถจะนำไปขายได้

**Surface metrology**

เป็นการศึกษาถึงองค์ประกอบต่างที่มีอยู่บนพื้นผิวของโลหะ ซึ่งจะเป็นการวัดสิ่งต่าง ๆที่เป็นสเกลขนาดเล็ก โดยคุณสมบัติทั่วไปของพื้นผิว เช่น ความเป็นคลื่นของพื้นผิว ความขรุขระของผิว เป็นต้น ซึ่งจะมีความสำคัญต่อ

- Tribology
- Fluid Mechanics, Boundary layer theory
- Mechanical Product engineering
- Machining, Rolling casting and other Manufacturing
- Optics

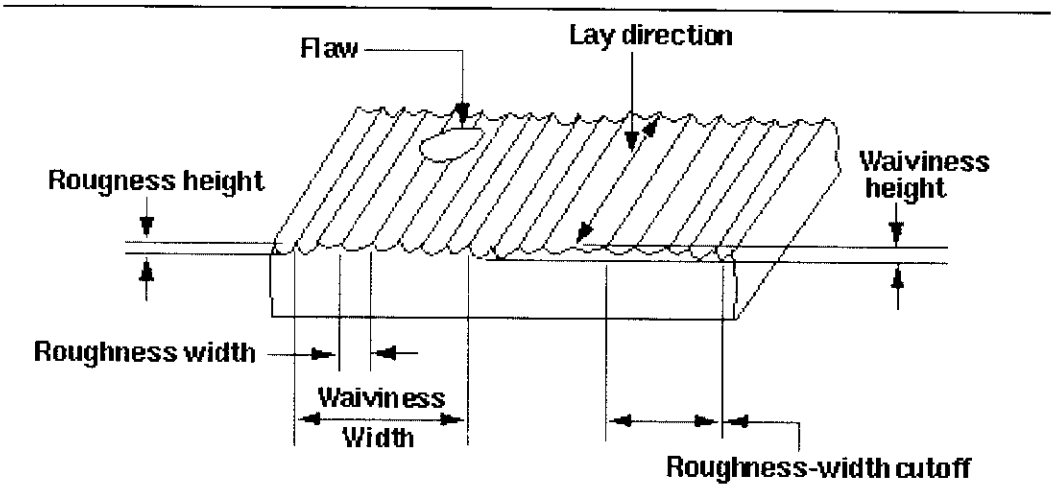



รูปที่ 4 ลักษณะทั่วไปของชิ้นงาน

โดยทั่วไปจะใช้วิธีที่เรียกว่า Profilometer เพื่อสร้างรูปแบบของพื้นผิวในการวัดดูคุณสมบัติต่าง ๆ ของพื้นผิว และเพื่อให้ค่าที่แม่นยำและเป็นระดับที่ยอมรับได้ ส่วนใหญ่จะทำการวัดระดับของ ไมโครเมตร หรือนาโนเมตร คุณสมบัติทั่วไปที่สำคัญของพื้นผิวมีดังต่อไปนี้

- Ra, Roughness Average (Absolute value of the surface height averaged over the surface)
- Rq, Root mean Square (RMS) Roughness
- Rv, Maximum Profile Valley Depth
- Rp, Maximum Profile Peak Height
- Rt, Maximum Height of the Profile (Rv + Rp)

- Sm, Mean Peak Spacing
- la, Average Wavelength
- lq, RMS Average Wavelength
- Da, Average Slope
- Dq, RMS Average Slope
- lr, Profile Length Ratio
- Rsk, Skewness
- Rku, Kurtosis




**รูปที่ 5** ลักษณะทั่วไปของพื้นผิว

## การทดสอบสมมติฐาน

### สมมติฐานทางสถิติ (Statistical Hypothesis)

คำว่าสมมติฐาน (Hypothesis) หมายถึง ข้อสมมติ (assumption) หรือข้อความ (Statement) ที่เกี่ยวข้องกับประชากรหนึ่ง หรือ หลายประชากร ซึ่งถูกกำหนดขึ้นโดยข้อสมมติฐานหรือข้อความนั้น อาจเป็นจริงหรือไม่จริงก็ได้ ตัวอย่างเช่น เราอาจกำหนดให้ประชากร 2 ประชากรมีค่าวาเรียนซ์เท่ากัน ซึ่งโดยความเป็นจริงวาเรียนซ์ของประชากรทั้งสองอาจจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ หรืออาจกำหนดว่าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งอาจจะเป็นจริง หรืออาจจะมีการแจกแจงแบบอื่นก็ได้

ข้อสมมติหรือข้อความที่กำหนดขึ้นนั้นจะถูกหรือผิดเราไม่ทราบแน่นอน เว้นแต่ว่าจะศึกษาสมาชิกทุกสมาชิกของประชากร แต่ในทางปฏิบัติเราทำการศึกษาจากตัวแทนสุ่ม แล้วนำค่าที่ได้จากตัวแทนไปใช้ในการตัดสินใจหรือสรุปผลว่า ข้อสมมติหรือข้อความที่กำหนดขึ้นมานั้นถูกต้องหรือไม่ วิธีการดังกล่าวนี้ก็คือ *วิธีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ*

วิธีการทดสอบสมมติฐานกระทำได้โดยการกำหนดสมมติฐานขึ้นมา แล้วพยายามหาหลักฐาน (evidence) ที่มีอยู่ในตัวแทนมาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับสมมติฐานที่ตั้งขึ้น ฉะนั้น ถ้าเรามีหลักฐานไม่เพียงพอที่จะนำไปหักล้างข้อสมมติที่ตั้งขึ้น ก็หมายความว่าเราจะต้องยอมรับสมมติฐานนั้น (accept hypothesis) แต่ถ้าหลักฐานที่ได้มีไม่มากพอที่จะนำไปหักล้างข้อสมมตินั้น ก็หมายความว่าเราจะปฏิเสธสมมติฐานนั้น (reject hypothesis)

ในการทดสอบสมมติฐานนั้น เราจะกำหนดสมมติฐานขึ้นมา 2 สมมติฐาน โดยสมมติฐานแรกกำหนดขึ้นในลักษณะที่เรามีวัตถุประสงค์ที่จะลบล้างหรือไม่ยอมรับ ฉะนั้น จึงเรียกสมมติฐานแบบนี้ว่าสมมติฐานนัล (null hypothesis) ซึ่งใช้ตัวอักษรย่อว่า $H_0$ และถ้าหากมีหลักฐานเพียงพอที่จะไม่ยอมรับสมมติฐานนัลแล้ว ก็จำเป็นต้องมีสมทมติฐานทางเลือก เพื่อให้ทราบว่าเมื่อสมมติฐานแรกถูกลบล้างไปแล้ว เราควรจะเลือกสมมติฐานใดมาแทน สมมติฐานแบบหลังเรียกว่า สมมติฐานทางเลือก (alternative hypothesis) ซึ่งใช้ตัวย่อ $H_a$

ในการกำหนดสมมติฐานนัล เรากำหนดในลักษณะที่บอกถึงค่าของประชากรว่ามีค่าเท่าใด หรืออีกประการหนึ่ง เรากล่าวว่าค่าของประชากรไม่มีความแตกต่าง (no difference) ไปจากค่าที่กำหนดค่าใดค่าหนึ่ง เช่น เขียนว่า $H_0 : \mu = 50$ หมายถึงการกำหนดสมมติฐานว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 50 หรือค่าเฉลี่ยของประชากรไม่แตกต่างไปจาก 50 สมมติฐานแบบนี้เรียกว่าสมมติฐานเชิงเดียว หรือ simple hypothesis ซึ่งเป็นสมมติฐานที่กำหนดให้ค่าของประชากรเท่ากับค่าได้ค่าหนึ่งอย่างแน่นอน ส่วนสมมติฐานทางเลือกนั้น เรากำหนดในลักษณะเป็นช่วงเช่น เขียนว่า $H_a : \mu \neq 50$ หมายความว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรไม่เท่ากับ 50 หรือแตกต่างไปจาก 50 ซึ่งจะเป็นค่าใดก็ได้ที่ไม่ใช่ 50 หรืออาจตั้งให้แคบลงมา เช่น $H_a : \mu > 50$ ก็หมายความว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรมากกว่า 50 หรือ $H_a : \mu < 50$ ก็หมายความว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรน้อยกว่า 50 สมมติฐานแบบนี้เรียกว่า สมมติฐานเชิงซ้อน หรือ composite hypothesis

**ความผิดพลาดแบบที่ I และความผิดพลาดแบบที่ II (Type I error and Type II error)**

การทดสอบสมมติฐานเป็นเรื่องของการตัดสินใจและโดยที่การตัดสินใจนั้นเราถือเอาหลักฐานที่ได้จากตัวแทน ฉะนั้น การตัดสินใจจึงอาจมีการผิดพลาดได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) ความผิดพลาดแบบที่ I (Type I error) เกิดจากการที่เราปฏิเสธสมมติฐานนัลทั้งๆ ที่สมมติฐานนัลนั้นถูกต้องอยู่แล้ว จึงทำให้เราตัดสินใจผิด ความผิดพลาดแบบนี้หากกล่าวตามแบบความน่าจะเป็น หรือโอกาสจะใช้สัญลักษณ์ $\alpha$

(2) ความผิดพลาดแบบที่ II (Type II error) เกิดจากการที่เรายอมรับสมมติฐานนัลทั้ง ๆ ที่สมมติฐานนัลนั้นไม่จริง แต่เราไปยอมรับว่าสมมติฐานนั้นเป็นจริง จึงทำให้เราตัดสินใจผิดพลาดและความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะยอมรับสมมติฐานนัลโดยผิดนี้ เราใช้แทนด้วยสัญลักษณ์ $\beta$

**ลำดับขั้นในการทดสอบสมมติฐาน**

การทดสอบสมมติฐาน ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบค่าเฉลี่ย ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย หรือการทดสอบอัตราส่วนของประชากร จะมีลำดับขั้นตอนในการทดสอบเหมือนกันดังนี้

(1) กำหนดสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ (null hypothesis) และสมมติฐานทางเลือก (alternative hypothesis)

(2) กำหนดระดับนัยสำคัญ (level of significance หรือ $\alpha$)

(3) จากสมมติฐานทางเลือก ($H_a$) และระดับนัยสำคัญ หาค่าวิกฤต หรือเขตการปฏิเสธสมมติฐานโดยใช้ตัวทดสอบสถิติ (test statistic) ที่เหมาะสม

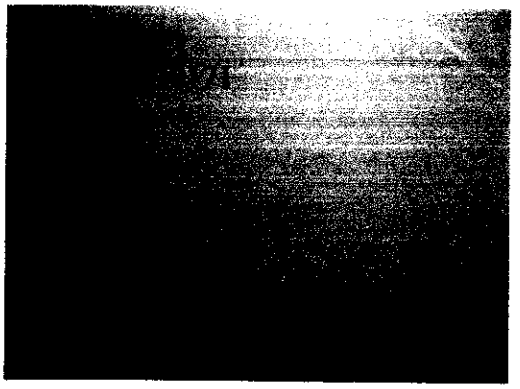
(4) เก็บรวบรวมข้อมูล แล้วคำนวณค่าตัวทดสอบสถิติจากข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแทน

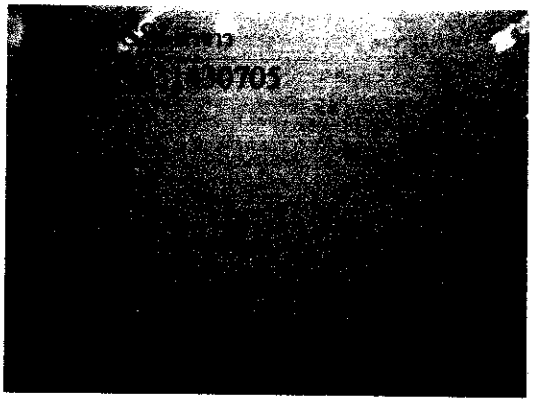
(5) สรุปผล ถ้าตัวทดสอบทางสถิติ (test statistic) ที่คำนวณได้ในข้อ (4) ตกอยู่ในช่วงของเขตยอมรับสมมติฐาน ก็ยอมรับสมมติฐานที่กำหนด (accept $H_0$) แต่ถ้าตัวทดสอบสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในเขตปฏิเสธสมมติฐาน (critical region) ก็ไม่ยอมรับสมมติฐานที่กำหนด (reject $H_0$) ซึ่งเท่ากับไปยอมรับสมมติฐานทางเลือกที่กำหนดไว้ (accept $H_a$)

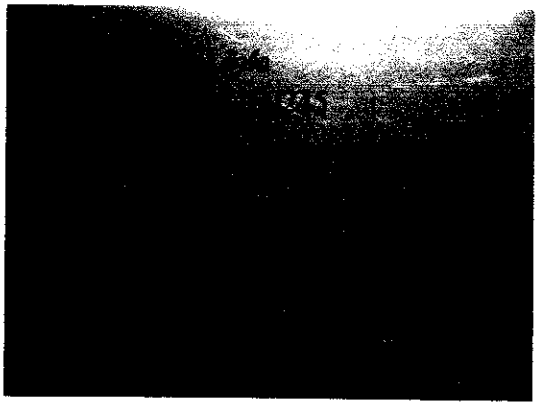
## วิธีการศึกษา

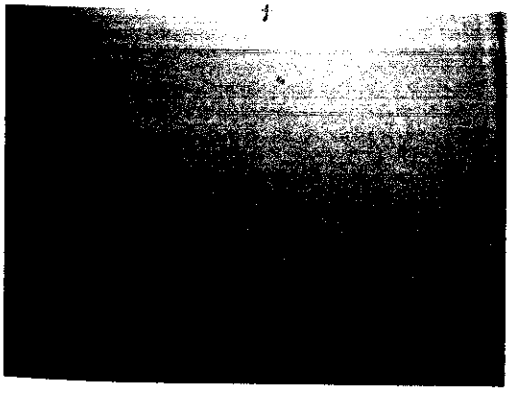
### ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบความขรุขระของชิ้นงาน เกาหลี กับ SSI

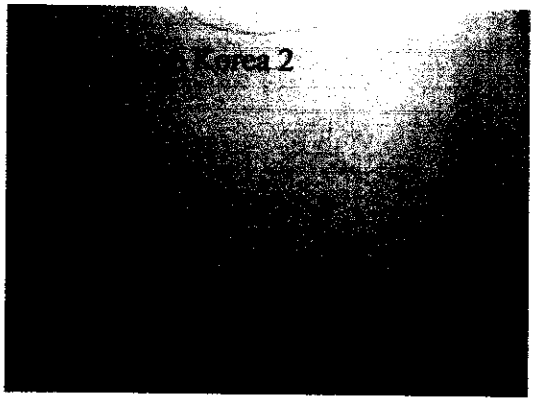
1. นำแผ่นชิ้นงานที่เป็นของเกาหลีมาทำการวัดความขรุขระของผิว เทียบกับชิ้นงานตัวอย่างของทางบริษัท
2. ทำการวัดทั้งแบบตามแนวการรีดและวัดแนวตั้งฉากการรีด
3. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ Hypothesis ทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้











หมายเหตุ : 1. ↑ แนวการรีด

2. วัด Roughness แผ่นละ 3 จุด จุดละ 3 ครั้ง

**รูปที่ 6** ลักษณะของชิ้นงานที่นำมาทำการทดลอง

**ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความขรุขระของชิ้นงาน เมื่อมีการหยุดการดึงชิ้นงาน**

1. ทำการดึงแผ่น Strip ในส่วนของ Pickled & Oiled ตามปกติ หลังจากที่แผ่น Strip บางส่วนเลยออกมาจากส่วนของ Rinse Tank แล้วตัดแผ่น Strip เพื่อนำไปทดสอบหาค่า Roughness

2. ทำการทดลองต่อเนื่องจากข้อ 1 โดยที่เมื่อแผ่น Strip เลยออกมาจาก Rinse Tank แล้วจะหยุดการดึง Strip เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นทำการดึงต่อแล้วทำการตัด Strip ตรงส่วนที่ทำการ Mark ไว้ซึ่งจะเป็นส่วนที่หยุดอยู่ใน Rinse Tank

3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เพิ่มเวลาที่หยุดแผ่น Strip เป็น 6 และ 12 นาที ตามลำดับ

4. นำแผ่นงานตัวอย่างไปตัดเป็นแผ่นเล็ก ๆ ขนาด 10 x 20 cm. โดยที่แต่ละเวลาที่หยุดการดึงแผ่น Strip จะมีชิ้นงานเล็ก 3 ชิ้นงาน

5. ทำการกำหนดจุดบนแผ่นชิ้นงานเล็ก 1 ชิ้นในแต่ละการทดสอบ สำหรับทำการวัด Roughness ชิ้นงานละ 9 จุดโดยพยายามหาจุดที่พื้นผิวไม่มีรอยตำหนิต่าง ๆ เกิดขึ้น

6. ทำการวัด Roughness แล้วบันทึกผล โดยแต่ละจุดจะทำการวัดค่า 3 ครั้ง และวัดทั้งแบบตามแนวการรีดและแบบแนวตั้งฉากการรีด

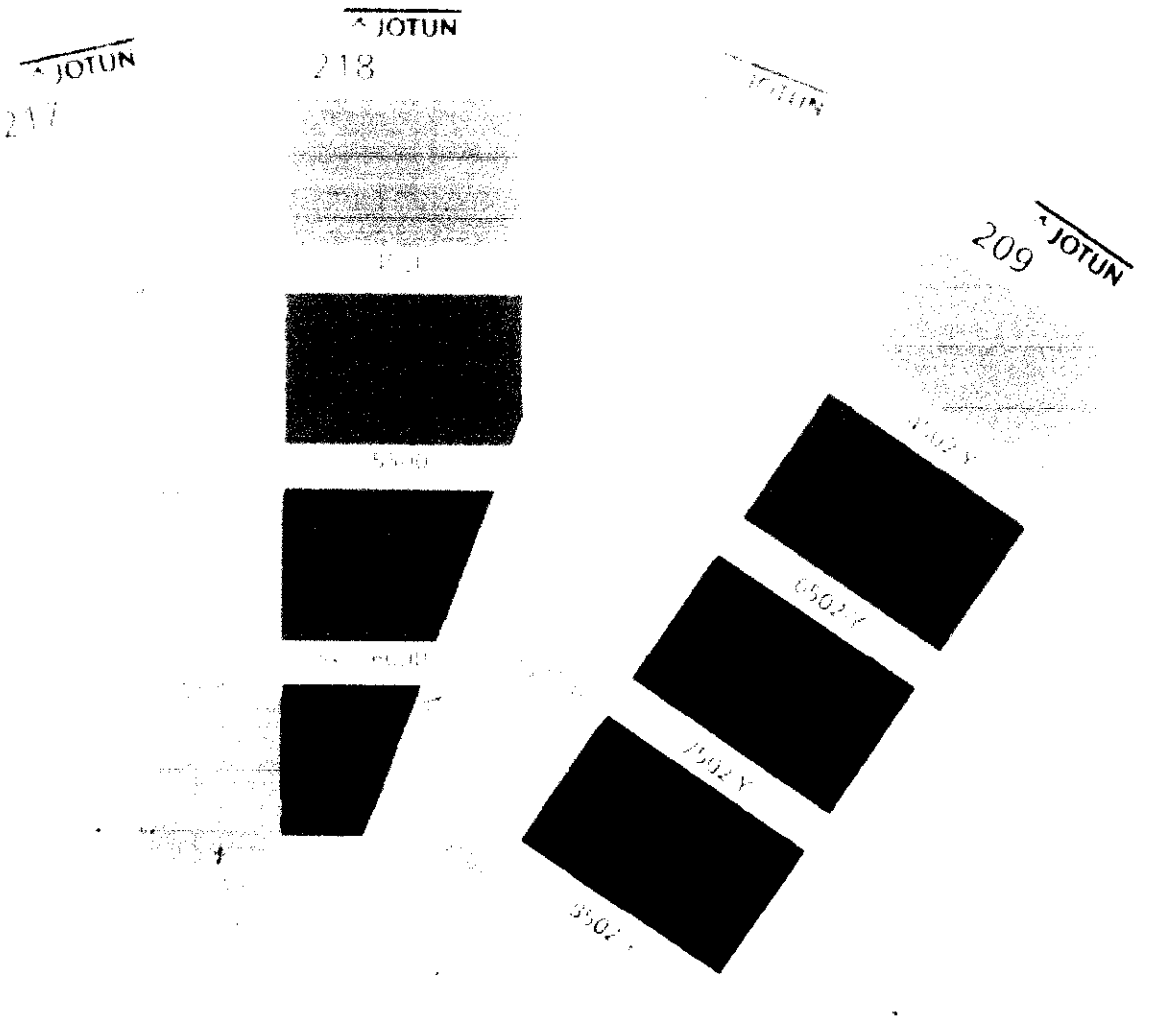
7. นำผลที่ได้ไปทำ Hypothesis เพื่อการทดสอบสมมติฐาน

**ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบสีกับความขรุขระของชิ้นงาน**

1. ทำการตัด ชิ้นงานที่มาจากการดำเนินการแบบผลิตจริงจากกระบวนการ Pickled & Oiled โดยการทดสอบครั้งนี้ได้ชิ้นงานจำนวน 12 ชิ้น

2. กำหนดจุดบนชิ้นงานทดสอบเพื่อทำการวัดค่า Roughness โดย 1 ชิ้นงานจะมี 9 จุดและแต่ละจุดจะทำการวัดค่า Roughness 3 ครั้ง บันทึกผลการวัด

3. จัดหาสีมาตรฐานมาเทียบกับสีผิวของชิ้นงาน ซึ่งสีที่นำมาใช้เทียบนั้นเป็นมาตรฐานสีของ Jouton




**รูปที่ 7** สีที่นำมาเทียบ

***ตอนที่ 1*** *เปรียบเทียบความขรุขระของผิวชิ้นงานของ Coil เกาหลีกับ Coil SSI*

**ตารางที่ 6** ผลการวัด Roughness ของการทดลองตอนที่ 1

| ตารางเปรียบเทียบค่า Roughness (μm) | | | | จุดที่ 1 | | | | จุดที่ 2 | | | | จุดที่ 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Condition | | | | 1 | 2 | 3 | เฉลี่ย | 1 | 2 | 3 | เฉลี่ย | 1 | 2 | 3 | เฉลี่ย |
| Strip SSI | ผิวขาว | 1631430705 | แนวการรีด | 1.18 | 1.24 | 1.26 | 1.23 | 1.35 | 1.32 | 1.34 | 1.34 | 1.20 | 1.19 | 1.19 | 1.19 |
| | | | แนวตั้งฉากแนวการรีด | 1.35 | 1.39 | 1.38 | 1.37 | 1.20 | 1.26 | 1.22 | 1.23 | 1.44 | 1.41 | 1.41 | 1.42 |
| | | 1671030171 | แนวการรีด | 1.19 | 1.17 | 1.16 | 1.17 | 1.17 | 1.20 | 1.21 | 1.19 | 1.04 | 1.10 | 1.05 | 1.06 |
| | | | แนวตั้งฉากแนวการรีด | 1.22 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.30 | 1.30 | 1.29 | 1.30 | 1.25 | 1.30 | 1.19 | 1.25 |
| | ผิวดำ | 1661160245 | แนวการรีด | 1.53 | 1.55 | 1.59 | 1.56 | 1.34 | 1.34 | 1.27 | 1.32 | 1.37 | 1.37 | 1.37 | 1.37 |
| | | | แนวตั้งฉากแนวการรีด | 1.26 | 1.28 | 1.24 | 1.26 | 1.25 | 1.30 | 1.26 | 1.27 | 1.30 | 1.34 | 1.34 | 1.33 |
| Strip Korea | ชิ้นที่ 1 | | แนวการรีด | 0.98 | 0.96 | 0.99 | 0.98 | 1.17 | 1.19 | 1.20 | 1.19 | 0.92 | 0.94 | 0.98 | 0.95 |
| | | | แนวตั้งฉากแนวการรีด | 1.12 | 1.15 | 1.22 | 1.16 | 1.12 | 1.14 | 1.21 | 1.16 | 1.21 | 1.22 | 1.18 | 1.20 |
| | ชิ้นที่ 2 | | แนวการรีด | 1.13 | 1.13 | 1.14 | 1.13 | 1.14 | 1.15 | 1.19 | 1.16 | 1.20 | 1.19 | 1.20 | 1.20 |
| | | | แนวตั้งฉากแนวการรีด | 1.13 | 1.15 | 1.16 | 1.15 | 1.15 | 1.16 | 1.10 | 1.14 | 1.18 | 1.17 | 1.22 | 1.19 |

| เงื่อนไข | แนวการรีด | Strip SSI | Strip Korea | T-value | P-value | ยอมรับ | ผล Hypothesis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_0 : \mu_1 = \mu_2$<br>$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$<br>ระดับความเชื่อมั่น 95% | แนวการรีด | 1631430705 | ชิ้นที่ 1 | 4.83 | 0.000 | $H_1$ | Roughness ของ SSI ไม่เท่ากับ Korea ชิ้นที่ 1 |
| | | | ชิ้นที่ 2 | 3.54 | 0.005 | $H_1$ | Roughness ของ SSI ไม่เท่ากับ Korea ชิ้นที่ 2 |
| | | 1671030171 | ชิ้นที่ 1 | 2.43 | 0.031 | $H_1$ | Roughness ของ SSI ไม่เท่ากับ Korea ชิ้นที่ 1 |
| | | | ชิ้นที่ 2 | -0.84 | 0.416 | $H_0$ | Roughness ของ SSI เท่ากับ Korea ชิ้นที่ 2 |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1631430705 | ชิ้นที่ 1 | 5.00 | 0.00 | $H_1$ | Roughness ของ SSI ไม่เท่ากับ Korea ชิ้นที่ 1 |
| | | | ชิ้นที่ 2 | 5.72 | 0.000 | $H_1$ | Roughness ของ SSI ไม่เท่ากับ Korea ชิ้นที่ 2 |
| | | 1671030171 | ชิ้นที่ 1 | 3.57 | 0.003 | $H_1$ | Roughness ของ SSI ไม่เท่ากับ Korea ชิ้นที่ 1 |
| | | | ชิ้นที่ 2 | 4.91 | 0.000 | $H_1$ | Roughness ของ SSI ไม่เท่ากับ Korea ชิ้นที่ 2 |

**ตารางที่ 8** ผลการวัด Roughness ของการทดลองตอนที่ 2

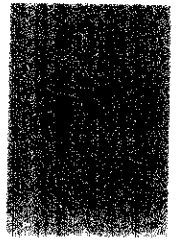
| Condition | แนวการวัด | ครั้งที่วัด | ตำแหน่งที่วัด | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ปกติ | แนวการรีด | 1 | 1.14 | 1.17 | 0.95 | 1.27 | 1.15 | 1.10 | 1.17 | 1.04 | 1.03 |
| | | 2 | 1.08 | 1.06 | 1.28 | 1.18 | 1.15 | 1.28 | 1.16 | 1.04 | 1.03 |
| | | 3 | 1.08 | 1.01 | 1.09 | 1.11 | 1.21 | 1.23 | 1.29 | 1.20 | 1.02 |
| | | 4 | 1.28 | 1.10 | 0.92 | 1.29 | 0.99 | 1.14 | 1.16 | 1.21 | 1.07 |
| | | 5 | 1.10 | 1.27 | 1.29 | 1.16 | 0.90 | 1.17 | 1.17 | 1.16 | 1.08 |
| | | Avg. | 1.14 | 1.12 | 1.11 | 1.20 | 1.08 | 1.18 | 1.19 | 1.13 | 1.05 |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.25 | 1.26 | 1.13 | 1.16 | 1.11 | 1.26 | 1.22 | 1.17 | 1.18 |
| | | 2 | 1.21 | 1.25 | 1.09 | 1.17 | 1.12 | 1.24 | 1.21 | 1.12 | 1.19 |
| | | 3 | 1.20 | 1.25 | 1.11 | 1.06 | 1.31 | 1.24 | 1.21 | 1.11 | 1.26 |
| | | 4 | 1.18 | 1.24 | 1.10 | 1.16 | 1.12 | 1.22 | 1.20 | 1.10 | 1.24 |
| | | 5 | 1.18 | 1.22 | 1.10 | 1.16 | 1.13 | 1.21 | 1.21 | 1.08 | 1.24 |
| | | Avg. | 1.20 | 1.24 | 1.11 | 1.14 | 1.16 | 1.23 | 1.21 | 1.12 | 1.22 |
| หยุดอยู่ใน Rink tank 2 นาที | แนวการรีด | 1 | 0.89 | 0.90 | 0.73 | 0.92 | 0.96 | 0.85 | 1.15 | 0.85 | 1.21 |
| | | 2 | 0.84 | 0.90 | 1.28 | 0.97 | 0.92 | 0.61 | 0.82 | 1.01 | 1.26 |
| | | 3 | 1.09 | 0.99 | 0.90 | 1.34 | 0.88 | 0.82 | 1.01 | 0.85 | 1.26 |
| | | 4 | 1.02 | 1.00 | 1.04 | 0.92 | 0.95 | 1.11 | 0.93 | 1.02 | 0.88 |
| | | 5 | 1.12 | 1.14 | 0.91 | 0.94 | 1.03 | 0.95 | 1.17 | 1.01 | 1.00 |
| | | Avg. | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 1.02 | 0.95 | 0.87 | 1.02 | 0.95 | 1.12 |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 0.94 | 1.06 | 1.2 | 0.75 | 1.04 | 0.88 | 0.85 | 0.83 | 1.01 |
| | | 2 | 0.86 | 1.11 | 1.15 | 1.00 | 0.88 | 0.90 | 1.02 | 0.95 | 1.12 |
| | | 3 | 0.91 | 1.16 | 0.92 | 0.99 | 0.89 | 0.93 | 0.93 | 0.80 | 1.07 |
| | | 4 | 1.21 | 0.96 | 0.95 | 1.11 | 1.00 | 1.13 | 1.29 | 0.97 | 1.12 |
| | | 5 | 0.96 | 1.00 | 0.96 | 1.09 | 1.05 | 1.40 | 1.03 | 0.95 | 1.05 |
| | | Avg. | 0.98 | 1.06 | 1.04 | 0.99 | 0.97 | 1.05 | 1.02 | 0.90 | 1.07 |

| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| หยุดอยู่ใน Rink tank 6 นาท | แนวการรีด | 1 | 0.84 | 0.77 | 0.95 | 1.10 | 1.05 | 1.02 | 1.25 | 0.91 | 1.14 |
| | | 2 | 1.17 | 1.26 | 1.14 | 1.06 | 1.18 | 1.04 | 1.33 | 0.97 | 0.95 |
| | | 3 | 0.96 | 1.13 | 0.93 | 1.34 | 1.08 | 0.96 | 1.33 | 0.84 | 0.95 |
| | | 4 | 0.77 | 0.87 | 0.99 | 1.23 | 0.92 | 1.39 | 1.00 | 0.84 | 1.08 |
| | | 5 | 1.05 | 1.24 | 1.10 | 1.34 | 1.23 | 1.10 | 0.98 | 0.99 | 1.10 |
| | | Avg. | 0.96 | 1.05 | 1.02 | 1.21 | 1.09 | 1.10 | 1.18 | 0.91 | 1.04 |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.21 | 0.96 | 1.13 | 1.04 | 1.10 | 1.05 | 0.90 | 1.11 | 1.12 |
| | | 2 | 1.19 | 1.31 | 1.16 | 0.96 | 0.91 | 0.94 | 0.90 | 1.10 | 1.09 |
| | | 3 | 1.21 | 1.31 | 1.00 | 1.09 | 1.00 | 0.99 | 1.04 | 1.00 | 1.07 |
| | | 4 | 0.97 | 1.38 | 1.04 | 0.95 | 0.99 | 0.96 | 1.00 | 1.04 | 1.34 |
| | | 5 | 1.18 | 1.25 | 1.28 | 0.88 | 1.09 | 0.92 | 0.95 | 0.90 | 0.97 |
| | | Avg. | 1.15 | 1.24 | 1.12 | 0.98 | 1.02 | 0.97 | 0.96 | 1.03 | 1.12 |
| หยุดอยู่ใน Rink tank 12 นาที | แนวการรีด | 1 | 0.99 | 1.26 | 1.09 | 1.16 | 0.99 | 0.92 | 1.22 | 1.15 | 1.05 |
| | | 2 | 1.14 | 1.35 | 1.04 | 1.17 | 1.07 | 1.19 | 1.32 | 1.26 | 1.32 |
| | | 3 | 1.38 | 1.16 | 1.30 | 1.04 | 1.13 | 1.23 | 0.86 | 1.14 | 1.12 |
| | | 4 | 1.24 | 1.20 | 0.84 | 1.25 | 1.13 | 0.95 | 0.86 | 1.29 | 1.09 |
| | | 5 | 1.24 | 1.05 | 1.90 | 1.22 | 0.96 | 1.15 | 1.30 | 1.35 | 1.32 |
| | | Avg. | 1.20 | 1.20 | 1.23 | 1.17 | 1.06 | 1.09 | 1.11 | 1.24 | 1.18 |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.33 | 1.31 | 1.34 | 1.12 | 1.20 | 1.36 | 1.32 | 1.18 | 1.32 |
| | | 2 | 1.22 | 1.41 | 1.36 | 1.17 | 1.11 | 1.22 | 1.34 | 1.17 | 1.44 |
| | | 3 | 1.35 | 1.42 | 1.42 | 1.40 | 1.28 | 1.09 | 1.26 | 1.35 | 1.30 |
| | | 4 | 1.19 | 1.38 | 1.39 | 1.19 | 1.22 | 1.31 | 1.39 | 1.31 | 1.30 |
| | | 5 | 1.21 | 1.36 | 1.28 | 1.28 | 1.21 | 1.24 | 1.24 | 1.14 | 1.29 |
| | | Avg. | 1.26 | 1.38 | 1.36 | 1.23 | 1.20 | 1.24 | 1.31 | 1.23 | 1.33 |

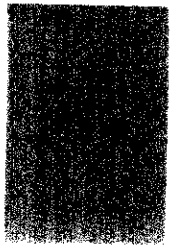
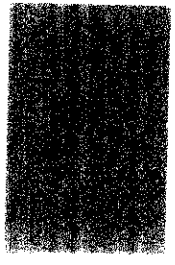
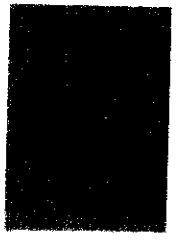
| เงื่อนไข | Type | | T-value | P-value | ผลการยอมรับ |
|---|---|---|---|---|---|
| $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ | แนวการรีด | Normal Vs 2 min | 5.13 | 0.000 | $H_1$ |
| | | Normal Vs 6 min | 1.88 | 0.084 | $H_0$ |
| | | Normal Vs 12 min | -1.13 | 0.276 | $H_0$ |
| | | 2 min Vs 6 min | -1.98 | 0.048 | $H_1$ |
| | | 2 min Vs 12 min | -5.69 | 0.000 | $H_1$ |
| | | 6 min Vs 12 min | -2.59 | 0.023 | $H_1$ |
| | แนวตั้งฉากการรีด | Normal Vs 2 min | 6.89 | 0.000 | $H_1$ |
| | | Normal Vs 6 min | 3.15 | 0.008 | $H_1$ |
| | | Normal Vs 12 min | -3.74 | 0.002 | $H_1$ |
| | | 2 min Vs 6 min | -1.56 | 0.145 | $H_0$ |
| | | 2 min Vs 12 min | -9.95 | 0.000 | $H_1$ |
| | | 6 min Vs 12 min | -5.65 | 0.000 | $H_1$ |

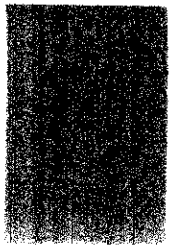
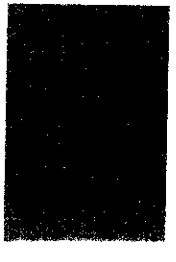
| เงื่อนไข | Type | | T-value | P-value | ผลการยอมรับ |
|---|---|---|---|---|---|
| $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ <br> $H_1 : \mu_1 > \mu_2$ | แนวการรีด | Normal Vs 2 min | 5.13 | 0.000 | $H_1$ |
| | | Normal Vs 6 min | 1.88 | 0.042 | $H_1$ |
| | | Normal Vs 12 min | -1.13 | 0.862 | $H_0$ |
| | | 2 min Vs 6 min | -1.98 | 0.966 | $H_0$ |
| | | 2 min Vs 12 min | -5.69 | 1.000 | $H_0$ |
| | | 6 min Vs 12 min | -2.59 | 0.989 | $H_0$ |
| | แนวตั้งฉากการรีด | Normal Vs 2 min | 6.89 | 0.000 | $H_1$ |
| | | Normal Vs 6 min | 3.15 | 0.004 | $H_1$ |
| | | Normal Vs 12 min | -3.74 | 0.999 | $H_0$ |
| | | 2 min Vs 6 min | -1.56 | 0.927 | $H_0$ |
| | | 2 min Vs 12 min | -9.95 | 1.000 | $H_0$ |
| | | 6 min Vs 12 min | -5.65 | 1.000 | $H_0$ |

| เงื่อนไข | Type | | T-value | P-value | ผลการยอมรับ |
|---|---|---|---|---|---|
| $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ | แนวการรีด | Normal Vs 2 min | 5.13 | 1.000 | $H_0$ |
| | | Normal Vs 6 min | 1.88 | 0.958 | $H_0$ |
| | | Normal Vs 12 min | -1.13 | 0.138 | $H_0$ |
| | | 2 min Vs 6 min | -1.98 | 0.034 | $H_1$ |
| | | 2 min Vs 12 min | -5.69 | 0.000 | $H_1$ |
| | | 6 min Vs 12 min | -2.59 | 0.011 | $H_1$ |
| | แนวตั้งฉากการรีด | Normal Vs 2 min | 6.89 | 1.000 | $H_0$ |
| | | Normal Vs 6 min | 3.15 | 0.996 | $H_0$ |
| | | Normal Vs 12 min | -3.74 | 0.001 | $H_1$ |
| | | 2 min Vs 6 min | -1.56 | 0.073 | $H_0$ |
| | | 2 min Vs 12 min | -9.95 | 0.000 | $H_1$ |
| | | 6 min Vs 12 min | -5.65 | 0.000 | $H_1$ |

| Coil No. | แนวการวัด | ครั้งที่ | ตำแหน่งที่วัด | | | | | | | | | | หมายเลขสีที่นำมาเทียบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Avg. | |
| 1693390201 | แนวการรีด | 1 | 0.98 | 0.98 | 0.94 | 1.05 | 1.02 | 0.92 | 0.93 | 0.99 | 0.98 | 0.97 |  5500 |
| | | 2 | 0.90 | 0.96 | 0.96 | 1.08 | 1.01 | 0.94 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | | |
| | | 3 | 0.89 | 0.94 | 0.91 | 1.07 | 1.00 | 0.99 | 0.97 | 0.99 | 0.96 | | |
| | | avg. | 0.92 | 0.96 | 0.94 | 1.07 | 1.01 | 0.95 | 0.96 | 0.99 | 0.97 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.02 | 1.01 | 0.98 | 1.07 | 1.04 | 1.06 | 0.99 | 1.06 | 0.99 | 1.02 | |
| | | 2 | 1.01 | 0.99 | 0.97 | 1.08 | 1.05 | 1.05 | 0.98 | 1.01 | 0.98 | | |
| | | 3 | 1.00 | 1.00 | 1.04 | 1.07 | 1.00 | 1.04 | 0.95 | 1.03 | 0.99 | | |
| | | avg. | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 1.07 | 1.03 | 1.05 | 0.97 | 1.03 | 0.99 | | |
| 1693030191 | แนวการรีด | 1 | 0.92 | 0.96 | 0.95 | 0.96 | 0.91 | 1.01 | 0.96 | 0.91 | 0.96 | 0.96 | |
| | | 2 | 0.98 | 0.92 | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 0.95 | 0.97 | 0.95 | 0.92 | | |
| | | 3 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.94 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.93 | 0.95 | | |
| | | avg. | 0.95 | 0.95 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.98 | 0.97 | 0.93 | 0.94 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.00 | 1.01 | 0.98 | 1.03 | 0.95 | 1.02 | 0.99 | 0.95 | 0.97 | 0.98 | |
| | | 2 | 0.96 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.97 | 1.01 | 0.97 | 0.95 | | |
| | | 3 | 0.95 | 0.94 | 0.98 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.96 | 0.98 | | |
| | | avg. | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 1.01 | 0.97 | 0.99 | 0.99 | 0.96 | 0.97 | | |
| 1693030151 | แนวการรีด | 1 | 0.98 | 0.97 | 0.92 | 0.94 | 0.93 | 0.99 | 0.95 | 0.97 | 0.97 | 0.95 | |
| | | 2 | 0.96 | 1.00 | 0.90 | 0.95 | 0.92 | 0.95 | 0.90 | 0.91 | 0.91 | | |
| | | 3 | 0.94 | 0.93 | 0.97 | 1.00 | 0.94 | 0.98 | 0.90 | 0.94 | 0.95 | | |
| | | avg. | 0.96 | 0.97 | 0.93 | 0.96 | 0.93 | 0.97 | 0.92 | 0.94 | 0.94 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 0.98 | 1.01 | 0.96 | 1.03 | 1.03 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 1.02 | 1.00 | |
| | | 2 | 0.99 | 1.02 | 1.02 | 0.98 | 1.05 | 0.98 | 1.01 | 1.01 | 0.97 | | |
| | | 3 | 0.97 | 1.04 | 1.04 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 1.03 | 1.05 | 0.99 | | |
| | | avg. | 0.98 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.03 | 0.99 | 1.01 | 1.01 | 0.99 | | |

| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Avg. | ที่นำมาเทียบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1693030255 | แนวการรีด | 1 | 0.84 | 0.85 | 0.72 | 0.80 | 0.86 | 0.88 | 0.98 | 0.81 | 0.85 | 0.86 | 4502-Y |
| | | 2 | 0.80 | 0.96 | 0.78 | 0.78 | 0.89 | 0.89 | 0.95 | 0.85 | 0.89 | | |
| | | 3 | 0.80 | 0.87 | 0.78 | 0.83 | 0.88 | 0.91 | 0.97 | 0.83 | 0.87 | | |
| | | avg. | 0.81 | 0.89 | 0.76 | 0.80 | 0.88 | 0.89 | 0.97 | 0.83 | 0.87 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 0.88 | 0.99 | 0.82 | 0.87 | 0.95 | 0.94 | 0.92 | 0.84 | 0.90 | 0.89 | |
| | | 2 | 0.89 | 0.91 | 0.80 | 0.87 | 0.88 | 0.90 | 0.94 | 0.82 | 0.91 | | |
| | | 3 | 0.89 | 0.89 | 0.86 | 0.89 | 0.90 | 0.96 | 0.91 | 0.83 | 0.89 | | |
| | | avg. | 0.89 | 0.93 | 0.83 | 0.88 | 0.91 | 0.93 | 0.92 | 0.83 | 0.90 | | |
| 169303181 | แนวการรีด | 1 | 1.28 | 1.25 | 1.29 | 1.30 | 1.25 | 1.29 | 1.32 | 1.30 | 1.29 | 1.29 | 6500 |
| | | 2 | 1.29 | 1.21 | 1.25 | 1.28 | 1.27 | 1.30 | 1.35 | 1.29 | 1.30 | | |
| | | 3 | 1.30 | 1.24 | 1.30 | 1.29 | 1.30 | 1.31 | 1.36 | 1.33 | 1.28 | | |
| | | avg. | 1.29 | 1.23 | 1.28 | 1.29 | 1.27 | 1.30 | 1.34 | 1.31 | 1.29 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.38 | 1.35 | 1.35 | 1.31 | 1.28 | 1.29 | 1.40 | 1.31 | 1.30 | 1.33 | |
| | | 2 | 1.32 | 1.37 | 1.36 | 1.32 | 1.31 | 1.30 | 1.32 | 1.30 | 1.31 | | |
| | | 3 | 1.30 | 1.32 | 1.32 | 1.34 | 1.32 | 1.35 | 1.39 | 1.29 | 1.29 | | |
| | | avg. | 1.33 | 1.35 | 1.34 | 1.32 | 1.30 | 1.31 | 1.37 | 1.30 | 1.30 | | |
| 1693390151 | แนวการรีด | 1 | 1.18 | 1.25 | 1.14 | 1.23 | 1.23 | 1.08 | 1.16 | 1.13 | 1.21 | 1.18 | 6502-Y |
| | | 2 | 1.20 | 1.21 | 1.14 | 1.18 | 1.19 | 1.07 | 1.19 | 1.16 | 1.19 | | |
| | | 3 | 1.21 | 1.28 | 1.18 | 1.22 | 1.20 | 1.05 | 1.20 | 1.19 | 1.23 | | |
| | | avg. | 1.20 | 1.25 | 1.15 | 1.21 | 1.21 | 1.07 | 1.18 | 1.16 | 1.21 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.20 | 1.30 | 1.19 | 1.20 | 1.17 | 1.22 | 1.16 | 1.11 | 1.18 | 1.20 | |
| | | 2 | 1.21 | 1.29 | 1.18 | 1.19 | 1.19 | 1.17 | 1.18 | 1.17 | 1.20 | | |
| | | 3 | 1.21 | 1.26 | 1.20 | 1.22 | 1.20 | 1.23 | 1.19 | 1.16 | 1.23 | | |
| | | avg. | 1.21 | 1.28 | 1.19 | 1.20 | 1.19 | 1.21 | 1.18 | 1.15 | 1.20 | | |

| Coil No. | แนวการรีด | ครั้งที่ | ความหนาที่วัดได้ | | | | | | | | | | หมายเลขที่ที่นำมาเทียบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Avg. | |
| 1693380221 | แนวการรีด | 1 | 1.01 | 0.92 | 0.95 | 0.93 | 1.06 | 0.99 | 0.96 | 0.93 | 0.95 | 0.98 |  5500 |
| | | 2 | 0.99 | 0.90 | 0.90 | 0.99 | 1.00 | 1.01 | 1.06 | 0.95 | 1.03 | | |
| | | 3 | 1.00 | 0.91 | 0.93 | 1.00 | 0.99 | 1.04 | 0.99 | 1.05 | 0.98 | | |
| | | avg. | 1.00 | 0.91 | 0.93 | 0.97 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 0.98 | 0.99 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.02 | 1.00 | 1.11 | 1.04 | 1.04 | 0.95 | 1.00 | 1.04 | 0.95 | 1.03 | |
| | | 2 | 1.09 | 1.02 | 0.99 | 1.02 | 1.11 | 1.10 | 0.98 | 1.01 | 1.00 | | |
| | | 3 | 1.09 | 1.03 | 1.06 | 0.99 | 1.10 | 1.02 | 1.10 | 0.99 | 1.01 | | |
| | | avg. | 1.07 | 1.02 | 1.05 | 1.02 | 1.08 | 1.02 | 1.03 | 1.01 | 0.99 | | |
| 1693390181 | แนวการรีด | 1 | 0.89 | 0.90 | 0.98 | 0.89 | 0.96 | 0.95 | 0.99 | 1.10 | 1.01 | 0.97 |  5500 |
| | | 2 | 0.96 | 0.93 | 0.97 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 1.00 | 0.99 | | |
| | | 3 | 0.95 | 0.95 | 0.99 | 0.99 | 0.95 | 0.96 | 1.00 | 0.98 | 1.03 | | |
| | | avg. | 0.93 | 0.93 | 0.98 | 0.96 | 0.97 | 0.96 | 0.99 | 1.03 | 1.01 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.01 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | 1.01 | 1.08 | 1.12 | 1.08 | 1.08 | 1.05 | |
| | | 2 | 1.04 | 0.99 | 1.09 | 1.06 | 1.05 | 1.16 | 1.10 | 1.10 | 1.04 | | |
| | | 3 | 1.05 | 1.03 | 1.08 | 1.00 | 0.99 | 1.07 | 1.05 | 0.99 | 1.07 | | |
| | | avg. | 1.03 | 1.02 | 1.07 | 1.04 | 1.02 | 1.10 | 1.09 | 1.06 | 1.06 | | |
| 1693390171 | แนวการรีด | 1 | 1.12 | 1.06 | 1.11 | 1.05 | 1.13 | 1.03 | 1.05 | 1.07 | 1.07 | 1.07 |  6000 |
| | | 2 | 1.16 | 1.12 | 1.04 | 1.07 | 1.06 | 1.06 | 1.01 | 1.06 | 1.06 | | |
| | | 3 | 1.10 | 1.05 | 1.02 | 1.01 | 1.16 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | | |
| | | avg. | 1.13 | 1.08 | 1.06 | 1.04 | 1.12 | 1.05 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.19 | 1.03 | 1.10 | 1.02 | 1.17 | 1.11 | 1.14 | 1.17 | 1.15 | 1.11 | |
| | | 2 | 1.17 | 1.05 | 1.07 | 1.16 | 1.06 | 1.14 | 1.06 | 1.13 | 1.03 | | |
| | | 3 | 1.14 | 1.01 | 1.17 | 1.05 | 1.10 | 1.16 | 1.14 | 1.08 | 1.14 | | |
| | | avg. | 1.17 | 1.03 | 1.11 | 1.08 | 1.11 | 1.14 | 1.11 | 1.13 | 1.11 | | |

| Cell No. | แนวการวัด | ครั้งที่ | ตำแหน่งที่วัด | | | | | | | | | | ภาพแสดงที่นำมาเทียบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Avg. | |
| 1693390161 | แนวการรีด | 1 | 0.80 | 0.91 | 0.95 | 0.98 | 0.94 | 0.94 | 1.00 | 0.96 | 1.01 | 0.95 |  5500 |
| | | 2 | 0.97 | 0.89 | 0.92 | 0.94 | 0.96 | 0.95 | 0.92 | 0.99 | 0.99 | | |
| | | 3 | 0.96 | 0.95 | 0.89 | 0.98 | 0.97 | 0.97 | 0.95 | 0.98 | 1.04 | | |
| | | avg. | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.96 | 0.98 | 1.01 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.05 | 0.91 | 0.94 | 1.04 | 0.99 | 1.05 | 1.02 | 0.99 | 1.01 | 1.00 | |
| | | 2 | 1.00 | 1.03 | 0.97 | 1.02 | 0.98 | 1.00 | 1.01 | 0.96 | 0.99 | | |
| | | 3 | 0.98 | 0.96 | 0.93 | 1.00 | 1.10 | 0.99 | 0.98 | 1.00 | 1.04 | | |
| | | avg. | 1.01 | 0.97 | 0.95 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 0.98 | 1.01 | | |
| 1693380211 | แนวการรีด | 1 | 0.91 | 0.93 | 0.92 | 0.90 | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 0.98 | 0.99 | 0.94 | |
| | | 2 | 0.89 | 0.95 | 0.94 | 0.91 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | | |
| | | 3 | 0.90 | 0.80 | 0.95 | 0.93 | 0.99 | 0.91 | 0.95 | 0.98 | 1.00 | | |
| | | avg. | 0.90 | 0.89 | 0.94 | 0.91 | 0.98 | 0.95 | 0.95 | 0.97 | 0.98 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 0.95 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 1.01 | 1.00 | 0.99 | 1.06 | 1.01 | 0.98 | |
| | | 2 | 0.96 | 0.92 | 0.96 | 0.92 | 1.10 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | | |
| | | 3 | 0.99 | 0.94 | 0.93 | 0.95 | 1.03 | 1.03 | 0.98 | 0.99 | 1.04 | | |
| | | avg. | 0.97 | 0.94 | 0.94 | 0.93 | 1.05 | 1.01 | 0.99 | 1.02 | 1.01 | | |
| 1693380231 | แนวการรีด | 1 | 0.98 | 0.98 | 1.02 | 0.98 | 0.99 | 0.96 | 1.02 | 0.99 | 1.00 | 1.00 |  6000 |
| | | 2 | 1.02 | 0.97 | 0.98 | 1.02 | 1.00 | 0.98 | 0.98 | 1.06 | 1.01 | | |
| | | 3 | 1.03 | 1.03 | 0.99 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 0.96 | 1.02 | 0.98 | | |
| | | avg. | 1.01 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 0.99 | 1.02 | 1.00 | | |
| | แนวตั้งฉากการรีด | 1 | 1.00 | 1.03 | 1.06 | 1.05 | 1.03 | 1.05 | 1.02 | 1.10 | 0.98 | 1.02 | |
| | | 2 | 1.03 | 0.99 | 1.01 | 1.10 | 1.02 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 1.10 | | |
| | | 3 | 1.01 | 1.00 | 1.02 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 1.02 | | |
| | | avg. | 1.01 | 1.01 | 1.03 | 1.05 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.03 | | |

## วิเคราะห์ผลการศึกษา

**ตอนที่ 1** การเปรียบเทียบความขรุขระของชิ้นงาน เกาหลี กับ SSI

จาก ตารางที่ 6 ผลการวัด Roughness และตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ Hypothesis พบว่า ความขรุขระของผิวชิ้นงาน เกาหลี จะมีค่าไม่เท่ากับความขรุขระของผิวชิ้นงาน SSI และชิ้นงานที่มีความขรุขระมากที่สุดคือ Coil No.1661160245 ซึ่งจะมีสีผิวที่ดำที่สุด และชิ้นงานของ เกาหลี ทั้งสองชิ้น ก็จะมีผิวขาว มากกว่าชิ้นงานของ SSI ทั้ง 3 ชิ้น แสดงให้เห็นว่าความขรุขระของชิ้นงานมีผลต่อ สีผิวของชิ้นงาน

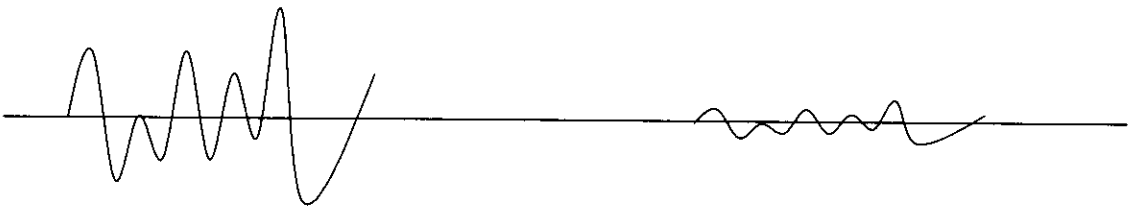
**ตอนที่ 2** การเปรียบเทียบความขรุขระของชิ้นงาน เมื่อมีการหยุดการดึงชิ้นงาน

1. จากผลในตารางที่ 9, 10 และ 11 สามารถนำมาทำการวิเคราะห์การวิเคราะห์ Hypothesis ได้ดังแสดงในตารางที่ 13

**ตารางที่ 13** การวิเคราะห์ Hypothesis

| Type | | ผลการวิเคราะห์ |
|---|---|---|
| แนวการรีด | Normal Vs 2 min | Roughness ของ normal มากกว่า ของ 2 min |
| | Normal Vs 6 min | Roughness ของ normal มากกว่า ของ 6 min |
| | Normal Vs 12 min | Roughness ของ normal เท่ากับ ของ 12 min |
| | 2 min Vs 6 min | Roughness ของ 2 min น้อยกว่า ของ 6 min |
| | 2 min Vs 12 min | Roughness ของ 2 min น้อยกว่า ของ 12 min |
| | 6 min Vs 12 min | Roughness ของ 6 min น้อยกว่า ของ 12 min |
| แนวตั้งฉากการรีด | Normal Vs 2 min | Roughness ของ normal มากกว่า ของ 2 min |
| | Normal Vs 6 min | Roughness ของ normal มากกว่า ของ 6 min |
| | Normal Vs 12 min | Roughness ของ normal น้อยกว่า ของ 12 min |
| | 2 min Vs 6 min | Roughness ของ 2 min เท่ากับ ของ 6 min |
| | 2 min Vs 12 min | Roughness ของ 2 min น้อยกว่า ของ 12 min |
| | 6 min Vs 12 min | Roughness ของ 6 min น้อยกว่า ของ 12 min |

2. จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่า ความขรุขระของชิ้นงานที่ทำการดึงชิ้นงานแบบปกติจะมีความขรุขระผิวมาที่สุด และมีค่าใกล้เคียงกับที่ทำการหยุดการดึงชิ้นงานเป็นเวลา 12 นาที ความขรุขระรองลงมาคือ ชิ้นงานที่ทำการหยุดการดึงเป็นเวลา 6 นาที และชิ้นงานที่ความขรุขระน้อยที่สุดคือชิ้นงานที่มีการหยุดการดึงชิ้นงานเป็นเวลา 2 นาที ซึ่งความขรุขระที่มากขึ้นนั้น และน้อยลงนั้นเป็นผลจากการที่กรดในถังกรดได้กัดผิวชิ้นงาน ซึ่งอาจจะมีลักษณะเป็นวงรอบดังนี้



ปกติ ผ่านไป 2 นาที

ผ่านไป 6 นาที ผ่านไป 12

**รูปที่ 8** การจำลองความขรุขระผิว

จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ความขรุขระจะน้อยลงเรื่อย ๆ แต่เมื่อผ่านไปได้จุดหนึ่งความขรุขระของผิวจะกลับมามากขึ้นอีก โดยที่จะวนไปแบบนี้อยู่ตลอดเวลาที่ชิ้นงานยังอยู่ในถังกรด

3. เมื่อสังเกตสีผิวของชิ้นงานพบว่า ชิ้นงานที่หยุดอยู่ในถังกรดเป็นเวลา 2 นาทีจะขาวมากที่สุด รองลงมาคือชิ้นงานที่หยุดอยู่ในถังกรดเป็นเวลา 6 นาที ส่วนชิ้นงานที่ไม่หยุดดึงชิ้นงานจะมีสีผิวใกล้เคียงกับชิ้นงานที่หยุดอยู่ในถังกรดเป็นเวลา 12 นาที ซึ่งสอดคล้องกับความขรุขระในข้อ 1

**ตอนที่ 3** การเปรียบเทียบสีกับความขรุขระของชิ้นงาน

จากตารางที่ 12 ผลการวัด Roughness และการเทียบสี จะเห็นได้ว่าชิ้นงานทั้ง 12 ชิ้น จะมีค่าความขรุขระที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งส่งผลให้สีผิวของชิ้นงานมีความใกล้เคียงกันด้วยทำให้ยากแก่การชี้เฉพาะว่าชิ้นงานไหนควรที่จะคู่กับสีเบอร์ไหนได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นเบอร์สีที่สามารถเทียบได้เป็นแค่เพียงการประมาณของผู้ทำการศึกษา แต่ถ้าต้องกำหนดขอบเขตของสีที่ยอมรับได้ จะต้องทำการเก็บข้อมูลจากคำร้องเรียนจากลูกค้าว่าสีของผิวชิ้นงานขนาดไหนที่ลูกค้าสามารถยอมรับได้ และสีไหนยอมรับไม่ได้ไว้เป็นฐานข้อมูล ซึ่งลูกค้าแต่ละรายก็จะมีมาตรฐานสีในการยอมรับที่ไม่เหมือนกัน เมื่อได้ขอบเขตของสีแล้วก็จะสามารถเช็คได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ควรที่จะส่งไปให้ลูกค้ารายใดเพื่อให้เกิดความพึงพอใจต่อลูกค้ามากที่สุด

## สรุปผลการศึกษา

1. ชิ้นงานเกาหลีมีความขรุขระไม่เท่ากับชิ้นงาน SSI และสีผิวของชิ้นงานเกาหลี จะขาวกว่าของชิ้นงาน SSI

2. ความขรุขระของชิ้นงานมีผลต่อสีผิวของชิ้นงานที่มองเห็น

3. ระยะเวลาของชิ้นงานที่หยุดอยู่ในถังกรดมีผลต่อความขรุขระของสีผิว โดยที่จะมีลักษณะเป็นวงรอบไปเรื่อย ๆ ซึ่งส่งผลต่อสีผิวที่มองเห็นได้ด้วย ดังแสดงใน ตารางที่ 14

**ตารางที่ 14** ความขรุขระของผิวกับเวลาที่หยุดการรัน

| Type | ผลการวิเคราะห์ |
|---|---|
| Normal Vs 2 min | Roughness ของ normal มากกว่า ของ 2 min |
| Normal Vs 6 min | Roughness ของ normal มากกว่า ของ 6 min |
| Normal Vs 12 min | Roughness ของ normal น้อยกว่า ของ 12 min |
| 2 min Vs 6 min | Roughness ของ 2 min น้อยกว่า ของ 6 min |
| 2 min Vs 12 min | Roughness ของ 2 min น้อยกว่า ของ 12 min |
| 6 min Vs 12 min | Roughness ของ 6 min น้อยกว่า ของ 12 min |

4. เมื่อความขรุขระของชิ้นงานยิ่งมากสีผิวของชิ้นงานก็จะมีลักษณะคล้ำมากยิ่งขึ้น โดยที่ประมาณได้จากการเทียบกับสีของ Jotun ได้ดังนี้

ความขรุขระระหว่าง 0.85- 0.92 µm. ได้สี Jotun เบอร์ 4502-Y

ความขรุขระระหว่าง 0.93- 0.98 µm. ได้สี Jotun เบอร์ 4500

ความขรุขระระหว่าง 0.98- 1.05 µm. ได้สี Jotun เบอร์ 5500

ความขรุขระระหว่าง 1.04- 1.10 µm. ได้สี Jotun เบอร์ 6000

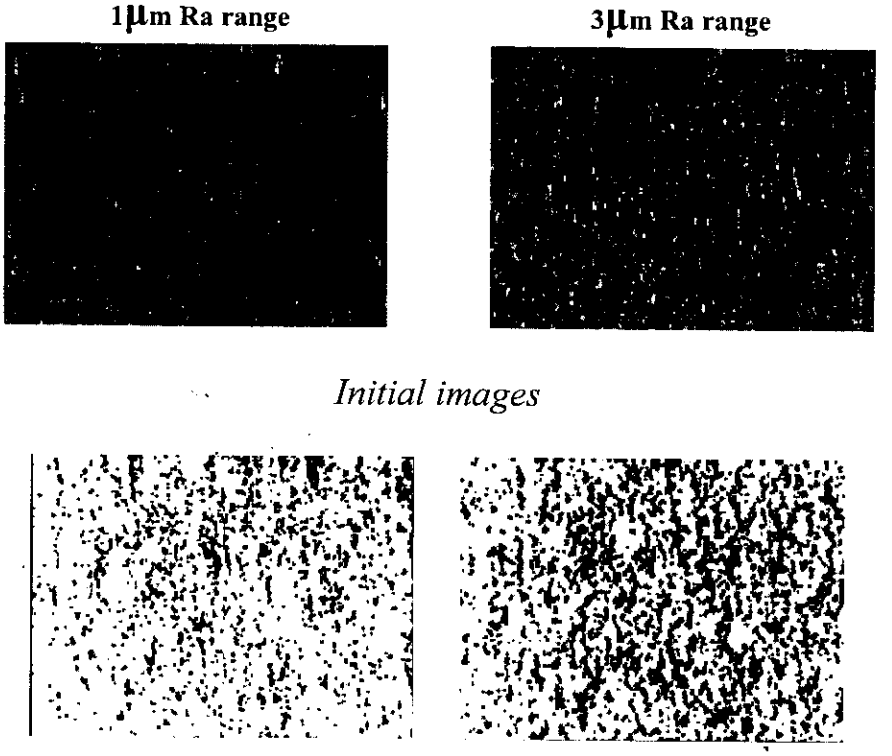
ความขรุขระระหว่าง 1.10- 1.20 µm. ได้สี Jotun เบอร์ 6502-Y

ความขรุขระระหว่าง 1.20- 1.35 µm. ได้สี Jotun เบอร์ 6500

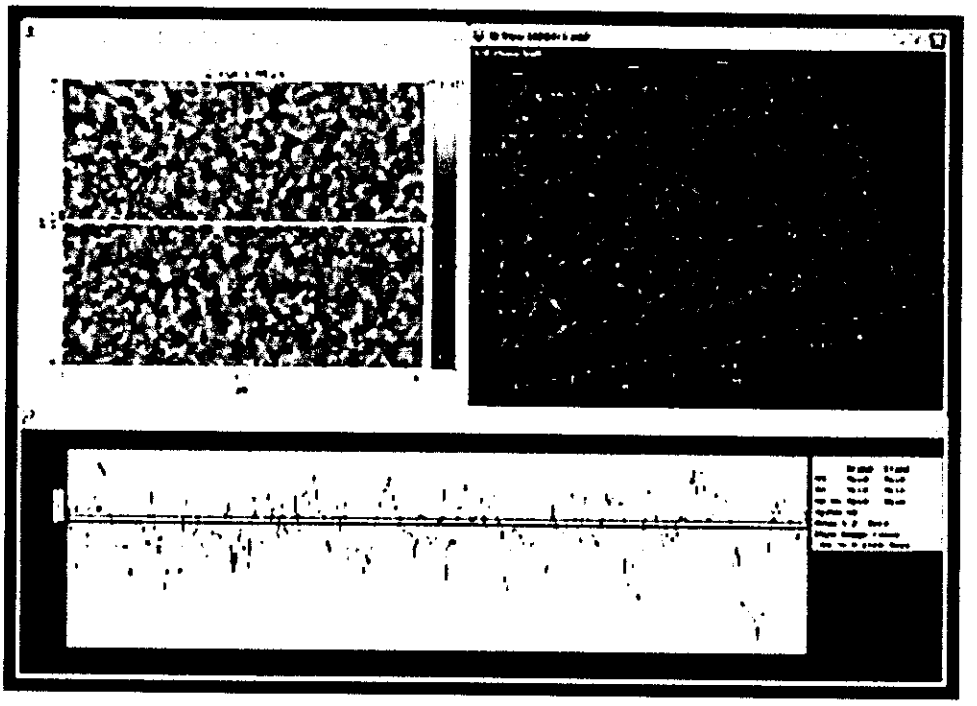
## ข้อเสนอแนะ

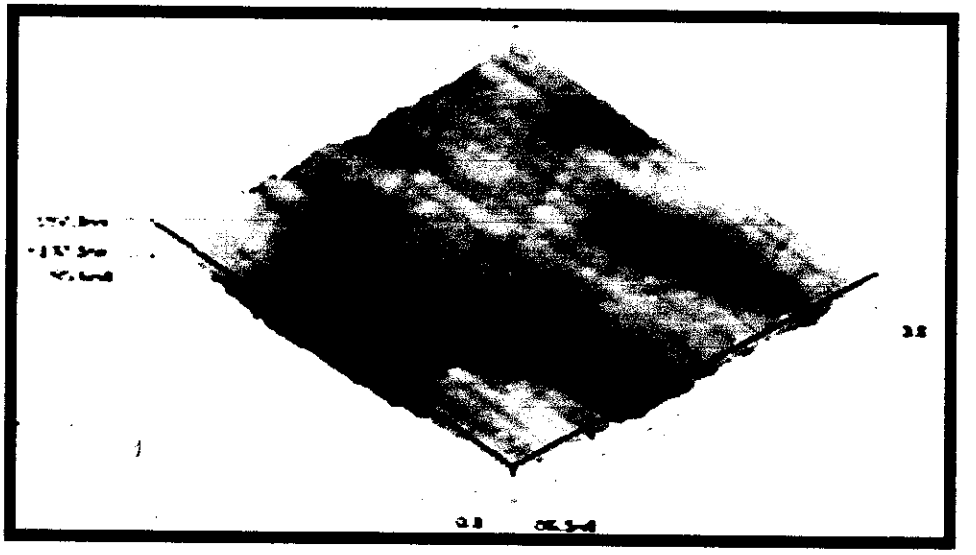
1. ความขรุขระของผิวนั้นมีหลายตัวแปรที่ใช้ในการควบคุม เช่น ความขรุขระเริ่มต้นของชิ้นงาน เวลาที่หยุดอยู่ในถังกรด เป็นต้น ซึ่งเป็นสิ่งที่ยากจะควบคุม เพราะเวลาในการผลิตจริงไม่สามารถที่ทำการวัดความขรุขระของผิวชิ้นงานก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการ Pickled & Oiled ทุกชิ้นได้ ก็จะทำให้ไม่สามารถกำหนดความเร็วที่เหมาะสมในการดึงชิ้นงานได้ ดังนั้นในการศึกษาขั้นต่อไปควรที่จะดูในส่วนของปฏิกิริยาเคมี รวมถึงสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้อยู่ในส่วนของถังกรดและถังน้ำล้างว่ามีผลอย่างไร กับสีผิวของชิ้นงาน หรือควรที่จะหาสารเคมีที่จะมาช่วยให้สีผิวของชิ้นงานมีความขาวมากขึ้น

2. เนื่องจากวิธีการวัดความขรุขระอย่างที่ใช้อยู่ในการศึกษานั้นจะทำให้เสียเวลามากในการศึกษารวมทั้งยังอาจจะให้ค่าที่ได้ไม่แม่นยำมากนัก



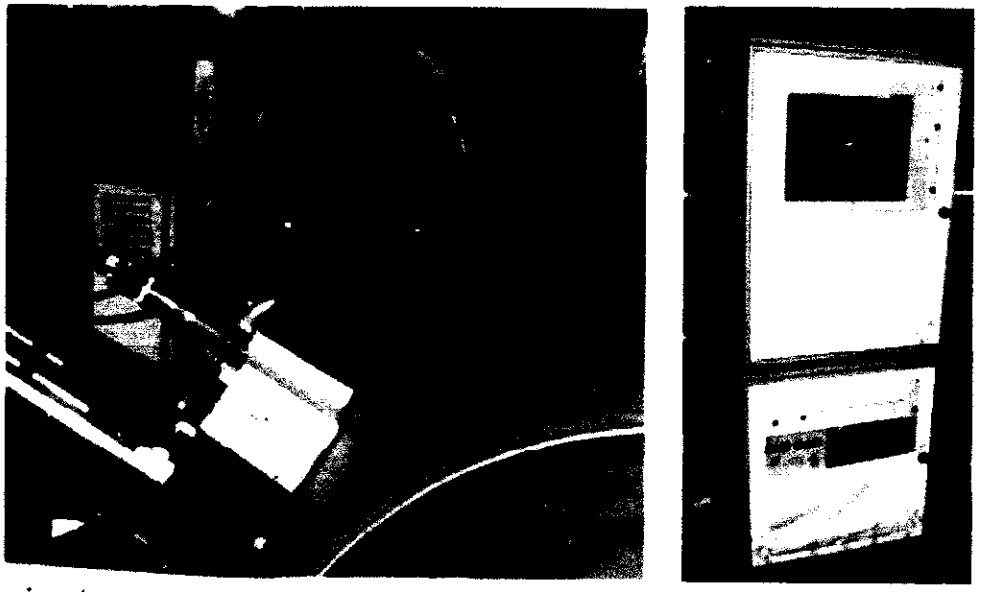

**รูปที่ 9** การวิเคราะห์โดยภาพถ่าย เทียบกับ ความขรุขระ





**รูปที่ 10** การวัดความขรุขระแบบสามมิติ และกราฟ

จากรูปที่ 8 และ 9 จะเห็นได้ว่าสามารถวัดผลและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและมีความแม่นยำ ซึ่งสอดคล้องกับบริษัทมีนโยบายต้องการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกไปนั้นมีคุณภาพสูง หรือเรียกได้ว่าไม่ต้องการให้เกิดตำหนิ หรือข้อผิดพลาดกับชิ้นงานเลย ดังนั้นการที่ยังใช้เพียงสายของคนทั่วไปคอยตรวจดูชิ้นงานที่แบบที่ทำอยู่ปกติย เขจะ ไม่ตอบสนองต่อน โยบ เยดังกล่ าวได้ เพร าะพนักง านย่อมจะมีความผิดพลาดเคลื่อนในการตัดสินใจ รวมทั้งรอยตำหนิต่าง ๆนั้นก็มีขนาดเล็ก และต้องใช้เวลานานในการตรวจสอบ ซึ่งในบางครั้งทำให้เสียเวลาในการที่จะต้องแกะผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบ หรือผลิตภัณฑ์ได้หลุดไปถึงมือลูกค้าแล้วถึงได้รู้ว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้น จึงขอเสนอให้มีการใช้วิธีการที่เรียกว่า 3D Image Analysis ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถทำให้เห็นพื้นผิวของชิ้นงานได้อยู่ตลอดเวลาแม้ขณะที่ทำการผลิต จะช่วยให้ง่ายต่อการควบคุมคุณภาพต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว และทันท่วงที โดยติดตั้งเครื่องมือที่สามารถถ่ายภาพของพื้นผิวชิ้นงานได้ในขณะที่ทำการผลิตและจัดทำฐานข้อมูลภาพหรือกราฟที่เป็นข้อผิดพลาดต่างๆ แล้วไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้ในขณะที่ทำการผลิตก็จะสามารถควบคุมมาตรฐานของชิ้นงานได้



**รูปที่ 11** ลักษณะของเครื่องมือ

# เอกสารอ้างอิง

Applied Statistics and Probability for Engineers, Third Edition,
Douglas C. Montgomery, George C. Runger, John Wiley & Son, Inc.

สถิติเบื้องต้นแบบประยุกต์, จรัญ จันทลักขณา, อนันต์ชัย เชื่อนธรรม,
พิมพ์ครั้งที่ 3 2535, สำนักพิมพ์ไทยวัฒนา

เอกสารการอบรมโปรแกรม Minitab Release 14 Statistical Software
ณ บริษัทสหวิริยาอินดัสตรี จำกัด (มหาชน)

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

การเตรียมความเข้มข้นกรด

กรดไฮโดรคลอริกที่นำมาจะมีความเข้มข้นเริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 34-35 % ดังนั้นจะต้องนำมาทำการเจือจางก่อนที่จะนำไปใช้ในการศึกษา ซึ่งในการผลิตจริงก็จะมีส่วนของการเตรียมความเข้มข้นกรดก่อนนำไปใช้

ตัวอย่าง ต้องการความเข้มกรดที่ 3.5% v/v และต้องการให้มีสารละลาย 560 $cm^3$

จากสมการ $C_1 V_1 = C_2 V_2$

โดย $C_1$ = ความเข้มข้นเริ่มต้นของกรด

$C_2$ = ความเข้มข้นที่เราต้องการ

$V_1$ = ปริมาตรของสารละลายเริ่มต้น

$V_2$ = ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ

(35 $cm^3$ of HCl/ $cm^3$ of Solution) x $V_1$ = (3.5$cm^3$ of HCl/ $cm^3$ of Solution) x (560 $cm^3$ of Solution)

$V_1$ = 56 $cm^3$ of HCl

ตารางที่ 15 ผลการคำนวณหาความเข้มข้นของตอนที่ 1

| Acid Concentration ที่ต้องการ (%v/v HCl) | Volume Of HCl (35% v/v) | Volume of solution ($cm^3$) | Volume water ปริมาณน้ำที่เติม ($cm^3$) |
|---|---|---|---|
| 3.5 | 56 | 560 | 504 |
| 6.5 | 104 | 560 | 456 |
| 10 | 160 | 560 | 400 |
| 13 | 208 | 560 | 352 |

ตารางที่ 16 ผลของการคำนวณหาความเข้มข้นของตอนที่ 2

Condition Test 1

| Acid Concentration ที่ต้องการ (%v/v HCl) | Volume Of HCl (35% v/v) | Volume of solution ($cm^3$) | Volume water ปริมาณน้ำที่เติม ($cm^3$) |
|---|---|---|---|
| 4.5 | 72 | 560 | 488 |
| 7.5 | 120 | 560 | 440 |
| 10.5 | 168 | 560 | 392 |
| 13.5 | 216 | 560 | 344 |

Condition Test 2 และ 3

| Acid Concentration ที่ต้องการ (%v/v HCl) | Volume Of HCl (35% v/v) | Volume of solution ($cm^3$) | Volume water ปริมาณน้ำที่เติม ($cm^3$) |
|---|---|---|---|
| 6.5 | 104 | 560 | 456 |
| 9.5 | 152 | 560 | 408 |
| 12.5 | 200 | 560 | 360 |
| 15.5 | 248 | 560 | 312 |

# ภาคผนวก ข

## การหาเวลาที่ชิ้นงานจะอยู่ในถังกรดและถังน้ำล้าง ของ Black edge test

เนื่องจากถังกรดมีความแตกต่างกันในแต่ละถัง จึงต้องหาเวลาที่ชิ้นงานจะอยู่ในถังแต่ละถัง แต่ถังน้ำล้างทั้ง 5 ถังจะไม่มีความแตกต่างกัน รวมถึงการที่มีบีกเกอร์จำกัด ดังนั้นจึงคิดหาเวลารวมที่ชิ้นงานจะอยู่ในถังน้ำล้างทั้ง 5 ถัง

ตัวอย่าง เวลาที่อยู่ในถังกรดเมื่อทำการดึง Strip ที่ความเร็ว 100 m/min

ถังกรดแต่ละ จะมีความกว้าง 13.7 เมตร

เวลาที่อยู่ในถังกรด = ความกว้างของถังกรด / ความเร็วที่ใช้ในการดึง Strip

$$\text{เวลาที่อยู่ในถังกรด} = \frac{(13.7\ m)}{\left(\frac{100\ m}{\text{min}} \times \frac{1\ \text{min}}{60\ s}\right)}$$

เวลาที่อยู่ในถังกรดแต่ละถัง = 8.22 วินาที ประมาณเป็น 9 วินาที

ถังน้ำล้างแต่ละถังมีความกว้าง 2 เมตร

ความกว้างรวมของถังน้ำล้างถัง 5 ถัง = 2 x 5 = 10 เมตร

เวลารวมที่อยู่ในถังน้ำล้าง = ความกว้างรวมของถังน้ำล้าง / ความเร็วที่ใช้ในการดึง Strip

$$\text{เวลารวมที่อยู่ในถังน้ำล้าง} = \frac{(10\ m)}{\left(\frac{100\ m}{\text{min}} \times \frac{1\ \text{min}}{60\ s}\right)}$$

เวลารวมที่อยู่ในถังน้ำล้าง = 6 วินาที

สำหรับการดึง Strip ที่ความเร็ว อื่นๆ คำนวณในทำนองเดียวกัน

# ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ Hypothesis โดยโปรแกรม **Minitab**

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบระหว่าง Coil ของเกาหลี กับของทางบริษัท

โดย 163_1 คือ Coil No. 1631430705 วัดตามแนวการรีด

163_2 คือ Coil No. 1631430705 วัดตั้งฉากแนวการรีด

167_1 คือ Coil No. 1671030171 วัดตามแนวการรีด

167_2 คือ Coil No. 1671030171 วัดตั้งฉากแนวการรีด

Ko1_1 คือ Coil ของเกาหลีชิ้นที่ 1 วัดตามแนวการรีด

Ko1_2 คือ Coil ของเกาหลีชิ้นที่ 1 วัดตั้งฉากแนวการรีด

Ko2_1 คือ Coil ของเกาหลีชิ้นที่ 2 วัดตามแนวการรีด

Ko2_2 คือ Coil ของเกาหลีชิ้นที่ 2 วัดตั้งฉากแนวการรีด

ทำที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

**Two-Sample T-Test and CI: 163_1, Ko1_1**

Two-sample T for 163_1 vs Ko1_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 163_1 | 9 | 1.2522 | 0.0687 | 0.023 |
| Ko1_1 | 9 | 1.037 | 0.115 | 0.038 |

Difference = mu (163_1) - mu (Ko1_1)

Estimate for difference: 0.215556

95% CI for difference: (0.119225, 0.311886)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = 4.83 P-Value = 0.000 DF = 13**

**Two-Sample T-Test and CI: 163_1, Ko2_1**

Two-sample T for 163_1 vs Ko2_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 163_1 | 9 | 1.2522 | 0.0687 | 0.023 |
| Ko2_1 | 9 | 1.1633 | 0.0308 | 0.010 |

Difference = mu (163_1) - mu (Ko2_1)

Estimate for difference: 0.088889

95% CI for difference: (0.033647, 0.144130)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = 3.54 P-Value = 0.005 DF = 11**

**Two-Sample T-Test and CI: 163_2, Ko1_2**

Two-sample T for 163_2 vs Ko1_2

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 163_2 | 9 | 1.3400 | 0.0897 | 0.030 |
| Ko1_2 | 9 | 1.1744 | 0.0425 | 0.014 |

Difference = mu (163_2) - mu (Ko1_2)

Estimate for difference: 0.165556

95% CI for difference: (0.092731, 0.238380)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = 5.00 P-Value = 0.000 DF = 11**

**Two-Sample T-Test and CI: 163_2, Ko2_2**

Two-sample T for 163_2 vs Ko2_2

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 163_2 | 9 | 1.3400 | 0.0897 | 0.030 |
| Ko2_2 | 9 | 1.1578 | 0.0331 | 0.011 |

Difference = mu (163_2) - mu (Ko2_2)

Estimate for difference: 0.182222

95% CI for difference: (0.111199, 0.253245)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = 5.72 P-Value = 0.000 DF = 10**

**Two-Sample T-Test and CI: 167_1, Ko1_1**

Two-sample T for 167_1 vs Ko1_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 167_1 | 9 | 1.1433 | 0.0640 | 0.021 |
| Ko1_1 | 9 | 1.037 | 0.115 | 0.038 |

Difference = mu (167_1) - mu (Ko1_1)

Estimate for difference: 0.106667

95% CI for difference: (0.011210, 0.202124)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = 2.43 P-Value = 0.031 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: 167_1, Ko2_1**

Two-sample T for 167_1 vs Ko2_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 167_1 | 9 | 1.1433 | 0.0640 | 0.021 |
| Ko2_1 | 9 | 1.1633 | 0.0308 | 0.010 |

Difference = mu (167_1) - mu (Ko2_1)

Estimate for difference: -0.020000

95% CI for difference: (-0.072136, 0.032136)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -0.84 P-Value = 0.416 DF = 11**

**Two-Sample T-Test and CI: 167_2, Ko1_2**

Two-sample T for 167_2 vs Ko1_2

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 167_2 | 9 | 1.2456 | 0.0422 | 0.014 |
| Ko1_2 | 9 | 1.1744 | 0.0425 | 0.014 |

Difference = mu (167_2) - mu (Ko1_2)

Estimate for difference: 0.071111

95% CI for difference: (0.028597, 0.113625)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = 3.57 P-Value = 0.003 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 167_2, Ko2_2**

Two-sample T for 167_2 vs Ko2_2

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 167_2 | 9 | 1.2456 | 0.0422 | 0.014 |
| Ko2_2 | 9 | 1.1578 | 0.0331 | 0.011 |

Difference = mu (167_2) - mu (Ko2_2)

Estimate for difference: 0.087778

95% CI for difference: (0.049701, 0.125855)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = 4.91 P-Value = 0.000 DF = 15**

<u>ตอนที่ 2</u> การเปรียบเทียบระหว่าง Coil ที่มีการหยุดการรัน กับไม่หยุดการรัน

โดย Normal คือ ชิ้นงานที่ไม่มีการหยุดรัน และวัดตามแนวการรีด

Normal_1 คือ ชิ้นงานที่ไม่มีการหยุดรัน และวัดตั้งฉากกับแนวการรีด

2 min คือ ชิ้นงานที่มีการหยุดรัยเป็นเวลา 2 นาที และวัดตามแนวการรีด

2 min_1 คือ ชิ้นงานที่มีการหยุดรัยเป็นเวลา 2 นาที และวัดตั้งฉากแนวการรีด

6 min คือ ชิ้นงานที่มีการหยุดรัยเป็นเวลา 6 นาที และวัดตามแนวการรีด

6 min_1 คือ ชิ้นงานที่มีการหยุดรัยเป็นเวลา 6 นาที และวัดตั้งฉากแนวการรีด

12 min คือ ชิ้นงานที่มีการหยุดรัยเป็นเวลา 12 นาที และวัดตามแนวการรีด

12 min_1 คือ ชิ้นงานที่มีการหยุดรัยเป็นเวลา 12 นาที และวัดตั้งฉากแนวการรีด

ทำที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

**การรันโปรแกรมแบบที่ 1 โดยที่ $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ และ $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$**

ตามแนวการรีด

**Two-Sample T-Test and CI: Normal, 2 min**

Two-sample T for Normal vs 2 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal | 9 | 1.1329 | 0.0523 | 0.017 |
| 2 min | 9 | 0.9856 | 0.0684 | 0.023 |

Difference = mu (Normal) - mu (2 min)

Estimate for difference: 0.147333

95% CI for difference: (0.085771, 0.208896)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = 5.13 P-Value = 0.000 DF = 14**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal, 6 min**

Two-sample T for Normal vs 6 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal | 9 | 1.1329 | 0.0523 | 0.017 |
| 6 min | 9 | 1.0638 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (Normal) - mu (6 min)

Estimate for difference: 0.069111

95% CI for difference: (-0.010777, 0.148999)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = 1.88 P-Value = 0.084 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal, 12 min**

Two-sample T for Normal vs 12 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal | 9 | 1.1329 | 0.0523 | 0.017 |
| 12 min | 9 | 1.1642 | 0.0648 | 0.022 |

Difference = mu (Normal) - mu (12 min)

Estimate for difference: -0.031333

95% CI for difference: (-0.090460, 0.027793)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -1.13 P-Value = 0.276 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min, 6 min**

Two-sample T for 2 min vs 6 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min | 9 | 0.9856 | 0.0684 | 0.023 |
| 6 min | 9 | 1.0638 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (2 min) - mu (6 min)

Estimate for difference: -0.078222

95% CI for difference: (-0.162965, 0.006521)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -1.98 P-Value = 0.048 DF = 14**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min, 12 min**

Two-sample T for 2 min vs 12 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min | 9 | 0.9856 | 0.0684 | 0.023 |
| 12 min | 9 | 1.1642 | 0.0648 | 0.022 |

Difference = mu (2 min) - mu (12 min)

Estimate for difference: -0.178667

95% CI for difference: (-0.245604, -0.111729)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -5.69 P-Value = 0.000 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 6 min, 12 min**

Two-sample T for 6 min vs 12 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 6 min | 9 | 1.0638 | 0.0968 | 0.032 |
| 12 min | 9 | 1.1642 | 0.0648 | 0.022 |

Difference = mu (6 min) - mu (12 min)

Estimate for difference: -0.100444

95% CI for difference: (-0.184304, -0.016585)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -2.59 P-Value = 0.023 DF = 13**

ตั้งจากแนวการรีด

**Two-Sample T-Test and CI: Normal_1, 2 min_1**

Two-sample T for Normal_1 vs 2 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal_1 | 9 | 1.1818 | 0.0521 | 0.017 |
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |

Difference = mu (Normal_1) - mu (2 min_1)

Estimate for difference: 0.173333

95% CI for difference: (0.119692, 0.226975)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-**Value = 6.89 P-Value = 0.000 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal_1, 6 min_1**

Two-sample T for Normal_1 vs 6 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal_1 | 9 | 1.1818 | 0.0521 | 0.017 |
| 6 min_1 | 9 | 1.0662 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (Normal_1) - mu (6 min_1)

Estimate for difference: 0.115556

95% CI for difference: (0.035683, 0.195428)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = 3.15 P-Value = 0.008 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal_1, 12 min_1**

Two-sample T for Normal_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal_1 | 9 | 1.1818 | 0.0521 | 0.017 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (Normal_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.101000

95% CI for difference: (-0.158573, -0.043427)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -3.74 P-Value = 0.002 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min_1, 6 min_1**

Two-sample T for 2 min_1 vs 6 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |
| 6 min_1 | 9 | 1.0662 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (2 min_1) - mu (6 min_1)

Estimate for difference: -0.057778

95% CI for difference: (-0.138535, 0.022980)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -1.56 P-Value = 0.145 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min_1, 12 min_1**

Two-sample T for 2 min_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (2 min_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.274333

95% CI for difference: (-0.333075, -0.215592)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -9.95 P-Value = 0.000 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 6 min_1, 12 min_1**

Two-sample T for 6 min_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 6 min_1 | 9 | 1.0662 | 0.0968 | 0.032 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (6 min_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.216556

95% CI for difference: (-0.299387, -0.133725)

T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -5.65 P-Value = 0.000 DF = 13**

**การรันโปรแกรมแบบที่ 2 โดยที่** $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ **และ** $H_1 : \mu_1 > \mu_2$

ตามแนวการวิจัย

**Two-Sample T-Test and CI: Normal, 2 min**

Two-sample T for Normal vs 2 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal | 9 | 1.1329 | 0.0523 | 0.017 |
| 2 min | 9 | 0.9856 | 0.0684 | 0.023 |

Difference = mu (Normal) - mu (2 min)

Estimate for difference: 0.147333

95% lower bound for difference: 0.096778

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = 5.13 P-Value = 0.000 DF = 14**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal, 6 min**

Two-sample T for Normal vs 6 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal | 9 | 1.1329 | 0.0523 | 0.017 |
| 6 min | 9 | 1.0638 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (Normal) - mu (6 min)

Estimate for difference: 0.069111

95% lower bound for difference: 0.003762

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = 1.88 P-Value = 0.042 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal, 12 min**

Two-sample T for Normal vs 12 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal | 9 | 1.1329 | 0.0523 | 0.017 |
| 12 min | 9 | 1.1642 | 0.0648 | 0.022 |

Difference = mu (Normal) - mu (12 min)

Estimate for difference: -0.031333

95% lower bound for difference: -0.079963

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -1.13 P-Value = 0.862 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min, 6 min**

Two-sample T for 2 min vs 6 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min | 9 | 0.9856 | 0.0684 | 0.023 |
| 6 min | 9 | 1.0638 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (2 min) - mu (6 min)

Estimate for difference: -0.078222

95% lower bound for difference: -0.147814

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -1.98 P-Value = 0.966 DF = 14**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min, 12 min**

Two-sample T for 2 min vs 12 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min | 9 | 0.9856 | 0.0684 | 0.023 |
| 12 min | 9 | 1.1642 | 0.0648 | 0.022 |

Difference = mu (2 min) - mu (12 min)

Estimate for difference: -0.178667

95% lower bound for difference: -0.233720

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -5.69 P-Value = 1.000 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 6 min, 12 min**

Two-sample T for 6 min vs 12 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 6 min | 9 | 1.0638 | 0.0968 | 0.032 |
| 12 min | 9 | 1.1642 | 0.0648 | 0.022 |

Difference = mu (6 min) - mu (12 min)

Estimate for difference: -0.100444

95% lower bound for difference: -0.169187

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -2.59 P-Value = 0.989 DF = 13**

ตั้งฉากแนวการรีด

**Two-Sample T-Test and CI: Normal_1, 2 min_1**

Two-sample T for Normal_1 vs 2 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal_1 | 9 | 1.1818 | 0.0521 | 0.017 |
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |

Difference = mu (Normal_1) - mu (2 min_1)

Estimate for difference: 0.173333

95% lower bound for difference: 0.129215

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = 6.89 P-Value = 0.000 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal_1, 6 min_1**

Two-sample T for Normal_1 vs 6 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal_1 | 9 | 1.1818 | 0.0521 | 0.017 |
| 6 min_1 | 9 | 1.0662 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (Normal_1) - mu (6 min_1)

Estimate for difference: 0.115556

95% lower bound for difference: 0.050219

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = 3.15 P-Value = 0.004 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal_1, 12 min_1**

Two-sample T for Normal_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal_1 | 9 | 1.1818 | 0.0521 | 0.017 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (Normal_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.101000

95% lower bound for difference: -0.148352

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -3.74 P-Value = 0.999 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min_1, 6 min_1**

Two-sample T for 2 min_1 vs 6 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |
| 6 min_1 | 9 | 1.0662 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (2 min_1) - mu (6 min_1)

Estimate for difference: -0.057778

95% lower bound for difference: -0.123838

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -1.56 P-Value = 0.927 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min_1, 12 min_1**

Two-sample T for 2 min_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (2 min_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.274333

95% lower bound for difference: -0.322646

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -9.95 P-Value = 1.000 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal_1, 12 min_1**

Two-sample T for Normal_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal_1 | 9 | 1.1818 | 0.0521 | 0.017 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (Normal_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.101000

95% lower bound for difference: -0.148352

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -3.74 P-Value = 0.999 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min_1, 6 min_1**

Two-sample T for 2 min_1 vs 6 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |
| 6 min_1 | 9 | 1.0662 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (2 min_1) - mu (6 min_1)

Estimate for difference: -0.057778

95% lower bound for difference: -0.123838

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -1.56 P-Value = 0.927 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min_1, 12 min_1**

Two-sample T for 2 min_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (2 min_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.274333

95% lower bound for difference: -0.322646

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -9.95 P-Value = 1.000 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 6 min_1, 12 min_1**

Two-sample T for 6 min_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 6 min_1 | 9 | 1.0662 | 0.0968 | 0.032 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (6 min_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.216556

95% lower bound for difference: -0.284455

T-Test of difference = 0 (vs >): **T-Value = -5.65 P-Value = 1.000 DF = 13**

**การรันโปรแกรมแบบที่ 2 โดยที่** $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ **และ** $H_1 : \mu_1 < \mu_2$

ตามแนวการวิ่ง

**Two-Sample T-Test and CI: Normal, 2 min**

Two-sample T for Normal vs 2 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal | 9 | 1.1329 | 0.0523 | 0.017 |
| 2 min | 9 | 0.9856 | 0.0684 | 0.023 |

Difference = mu (Normal) - mu (2 min)

Estimate for difference: 0.147333

95% upper bound for difference: 0.197889

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = 5.13 P-Value = 1.000 DF = 14**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal, 6 min**

Two-sample T for Normal vs 6 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal | 9 | 1.1329 | 0.0523 | 0.017 |
| 6 min | 9 | 1.0638 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (Normal) - mu (6 min)

Estimate for difference: 0.069111

95% upper bound for difference: 0.134460

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = 1.88 P-Value = 0.958 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal, 12 min**

Two-sample T for Normal vs 12 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal | 9 | 1.1329 | 0.0523 | 0.017 |
| 12 min | 9 | 1.1642 | 0.0648 | 0.022 |

Difference = mu (Normal) - mu (12 min)

Estimate for difference: -0.031333

95% upper bound for difference: 0.017296

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = -1.13 P-Value = 0.138 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min, 6 min**

Two-sample T for 2 min vs 6 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min | 9 | 0.9856 | 0.0684 | 0.023 |
| 6 min | 9 | 1.0638 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (2 min) - mu (6 min)

Estimate for difference: -0.078222

95% upper bound for difference: -0.008631

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = -1.98 P-Value = 0.034 DF = 14**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min, 12 min**

Two-sample T for 2 min vs 12 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min | 9 | 0.9856 | 0.0684 | 0.023 |
| 12 min | 9 | 1.1642 | 0.0648 | 0.022 |

Difference = mu (2 min) - mu (12 min)

Estimate for difference: -0.178667

95% upper bound for difference: -0.123613

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = -5.69 P-Value = 0.000 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 6 min, 12 min**

Two-sample T for 6 min vs 12 min

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 6 min | 9 | 1.0638 | 0.0968 | 0.032 |
| 12 min | 9 | 1.1642 | 0.0648 | 0.022 |

Difference = mu (6 min) - mu (12 min)

Estimate for difference: -0.100444

95% upper bound for difference: -0.031702

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = -2.59 P-Value = 0.011 DF = 13**

ตั้งฉากแนวการรีด

**Two-Sample T-Test and CI: Normal_1, 2 min_1**

Two-sample T for Normal_1 vs 2 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal_1 | 9 | 1.1818 | 0.0521 | 0.017 |
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |

Difference = mu (Normal_1) - mu (2 min_1)

Estimate for difference: 0.173333

95% upper bound for difference: 0.217452

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = 6.89 P-Value = 1.000 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal_1, 6 min_1**

Two-sample T for Normal_1 vs 6 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal_1 | 9 | 1.1818 | 0.0521 | 0.017 |
| 6 min_1 | 9 | 1.0662 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (Normal_1) - mu (6 min_1)

Estimate for difference: 0.115556

95% upper bound for difference: 0.180892

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = 3.15 P-Value = 0.996 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: Normal_1, 12 min_1**

Two-sample T for Normal_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Normal_1 | 9 | 1.1818 | 0.0521 | 0.017 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (Normal_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.101000

95% upper bound for difference: -0.053648

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = -3.74 P-Value = 0.001 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min_1, 6 min_1**

Two-sample T for 2 min_1 vs 6 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |
| 6 min_1 | 9 | 1.0662 | 0.0968 | 0.032 |

Difference = mu (2 min_1) - mu (6 min_1)

Estimate for difference: -0.057778

95% upper bound for difference: 0.008282

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = -1.56 P-Value = 0.073 DF = 12**

**Two-Sample T-Test and CI: 2 min_1, 12 min_1**

Two-sample T for 2 min_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 2 min_1 | 9 | 1.0084 | 0.0546 | 0.018 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (2 min_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.274333

95% upper bound for difference: -0.226020

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = -9.95 P-Value = 0.000 DF = 15**

**Two-Sample T-Test and CI: 6 min_1, 12 min_1**

Two-sample T for 6 min_1 vs 12 min_1

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| 6 min_1 | 9 | 1.0662 | 0.0968 | 0.032 |
| 12 min_1 | 9 | 1.2828 | 0.0621 | 0.021 |

Difference = mu (6 min_1) - mu (12 min_1)

Estimate for difference: -0.216556

95% upper bound for difference: -0.148656

T-Test of difference = 0 (vs <): **T-Value = -5.65 P-Value = 0.000 DF = 13**