

## บทที่ 5

### ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

#### 5.1 ผลการศึกษาการเกิดคราบสกปรก

##### 5.1.1 ผลการวิเคราะห์คราบสกปรกบริเวณขาสวนโค้งของ IC

5.1.1.1 ผลของ Scanning Electron Microscope(SEM) และEnergy Dispersive X-ray (EDX)

###### 5.1.1.1.1 สิ่งเจือปน

นำผงฝุ่นที่ได้และ Unit ที่พบรอยคราบสกปรกไปวิเคราะห์ผล ที่ Device Analysis Lab (DA Lab) ของทางโรงงานทั้งที่ ประเทศสิงคโปร์ และประเทศไทย (แผนกภายในเครือข่ายของโรงงาน) โดยใช้ SEM with Energy Dispersive X-ray (EDX) ได้ผลดังตารางที่ 5.1

###### 5.1.1.1.2 ขนาดของผงฝุ่น

จากตารางที่ 5.2 แสดง ผลการศึกษาของการวินิจฉัยขนาดของผงฝุ่น ระหว่างจำนวนผงฝุ่นที่ได้จากราง และ จำนวนผงฝุ่นที่พบในคราบสกปรก

จากรูปที่ 5.3 แสดงภาพที่ได้จากเครื่อง SEM-EDX ที่พบบริเวณรางและพบในคราบสกปรก โดยวัดขนาดจากส่วนที่กว้างที่สุดของเม็ดฝุ่น ใช้การประมาณค่าจากความยาวอ้างอิงในภาพ

พบว่า ขนาดผงฝุ่นที่พบทั้งหมด อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 – 110  $\mu\text{m}$  ซึ่งพบว่าฝุ่นในช่วง 0-29  $\mu\text{m}$  มีจำนวนมากที่สุด จากรูปถ่ายจะเห็นว่าเม็ดฝุ่นเล็กบางส่วนมีการเกาะกันเป็นก้อน

เมื่อเปรียบเทียบขนาดและจำนวนฝุ่นที่พบในรางกับพบในคราบสกปรก ได้ว่า ผงฝุ่นในรางและผงฝุ่นในคราบสกปรก มีขนาดใกล้เคียงกัน ลักษณะใกล้เคียงกัน ฉะนั้นฝุ่นในรางก็เป็นฝุ่นที่ทำให้เกิดคราบสกปรกนั่นเอง และจากการที่เกิดคราบสกปรกเป็นรอยกว้าง ก็น่าจะมาจากฝุ่นเล็ก รวมตัวกันเป็นก้อน แล้วฝังตัวลงไปบริเวณขา IC

### 5.1.1.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย RAMAN Spectroscopy

นำ Unit ที่พบรอยคราบสกปรกไปวิเคราะห์ผล ได้ผลดังตารางที่ 5.3

ซึ่งในการวิเคราะห์ผลจะพิจารณาว่า สารประกอบแต่ละอย่างมาจากส่วนใดของกระบวนการ หรือเกิดขึ้นมาจากสิ่งใด เพื่อจะได้ทราบถึงองค์ประกอบของคราบสกปรกซึ่งผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.5 และจากตารางที่ 5.5 พบว่า

1. คราบสกปรกประกอบด้วย Si และ O เป็นหลัก ซึ่งมาจากผงฝุ่นที่เกิดจาก Compound ในส่วนของ Filler
2. Pb และ Sn เป็นส่วนประกอบของ Solder Plating
3. Wax หรือ Oil ที่พบในคราบสกปรก น่าจะเป็นตัวช่วยการเกาะ และการฝังตัวของ Compound

### 5.1.1.3. ผลการวิเคราะห์ Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR)

ในการวิเคราะห์ใช้หลักการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเพื่อการตรวจสอบชนิดของสาร แต่เราไม่ทราบสเปกตรัมของสารมาตรฐานจึงหาพวก Functional group ของโมเลกุล โดยเทียบตำแหน่งของแบนด์ในสารตัวอย่างกับ Correlation Chart ซึ่งนำผงฝุ่นที่ได้และ Unit ที่พบรอยคราบสกปรกไปวิเคราะห์ผล ได้ผลดังตารางที่ 5.4

จากนั้นทำการเปรียบเทียบตำแหน่งที่มีความใกล้เคียงกันในแต่ละรูป เพื่อดู Functional group ที่ละตัวว่าน่าจะมาจากส่วนใด โดยพิจารณาดำแหน่งที่มีความใกล้เคียงกันโดยมีความแตกต่างกันไม่เกิน  $30\text{ cm}^{-1}$  ได้ผลดังตารางที่ 5.6 และจากตารางที่ 5.6 พบว่า

1. ผงฝุ่น(Dust)มีสารของ Functional group ที่เหมือนและใกล้เคียงกับ Compound มาก ซึ่งจากการพิจารณาจากกระบวนการ Dust ก็คือ Compound ที่ถูก Laser Mark กัดเซาะออกมา
2. Oil หรือ Wax ที่พบในคราบสกปรกก็คือ Vanishing Oil ซึ่ง คราบสกปรกใน Customer return sample, Dust และ Compound ต่างๆก็มี Vanishing Oil เจือปนอยู่เพราะว่า Vanishing Oil มีการเจือปนมาจากกระบวนการก่อนหน้า ซึ่งน่าจะมีโอกาสที่จะติดอยู่ทั้งที่ ขาและ Compound ได้
3. คราบสกปรก คือ Dust และ Oil เจือปนอยู่

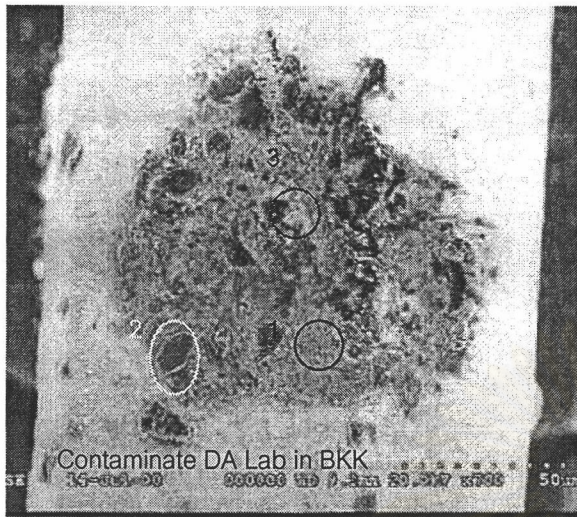
ฉะนั้นจะเห็นว่า คราบสกปรกที่เกิดขึ้น ก็คือ ผงฝุ่นที่เกิดจาก Compound ที่ถูก Laser Mark กับเซาะออกมา และยังมี Oil จาก Vanishing Oil เจือปนอยู่ด้วย

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM - EDX

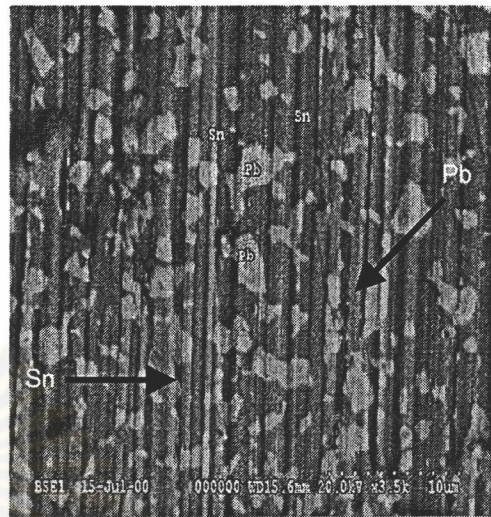
Location and Analytic measurement	Sample	ตำแหน่ง ที่วิเคราะห์		ส่วนประกอบที่พบ
DA Lab in Singapore	Customer return sample	Contaminate	Gray area	Pb, Sn
			Clean area	Pb, Sn
	Clean Unit	Solder Plating(Clean area)		Pb, Sn
	Dust	Dust		Si, O and Sb
DA Lab in BKK	Customer return sample	Contaminate	Black area	Si, O
			Gray area	Pb, O
			Bright area	Sn
			Outside contamination	Pb
	Clean Unit	Solder Plating(Clean area)		Pb, Sn

ตารางที่ 5.2 จำนวนผงฝุ่นในแต่ละช่วงขนาดที่พบ

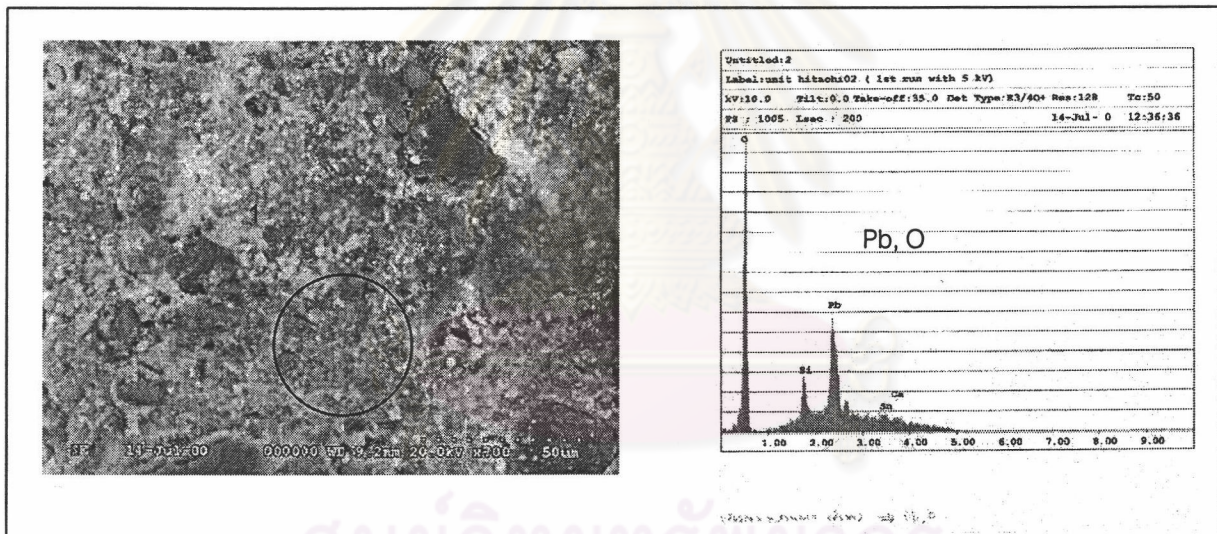
	จำนวนผงฝุ่นแต่ละขนาดที่ได้จากราง		จำนวนผงฝุ่นแต่ละขนาดในคราบสกปรก	
	รวม (particle)	%จำนวนฝุ่น	รวม (particle)	%จำนวนฝุ่น
0-29 ( $\mu\text{m}$ )	214	69.93	114	71.7
30-59 ( $\mu\text{m}$ )	65	21.24	42	26.4
60-89 ( $\mu\text{m}$ )	25	8.17	3	1.9
90-120 ( $\mu\text{m}$ )	2	0.65	0	0
รวม	306	100	159	100



ก. ภาพจาก SEM in DA Lab BKK



ข. Clean Unit



ค. Gray Area บริเวณสีเทา (1)

รูปที่ 5.1

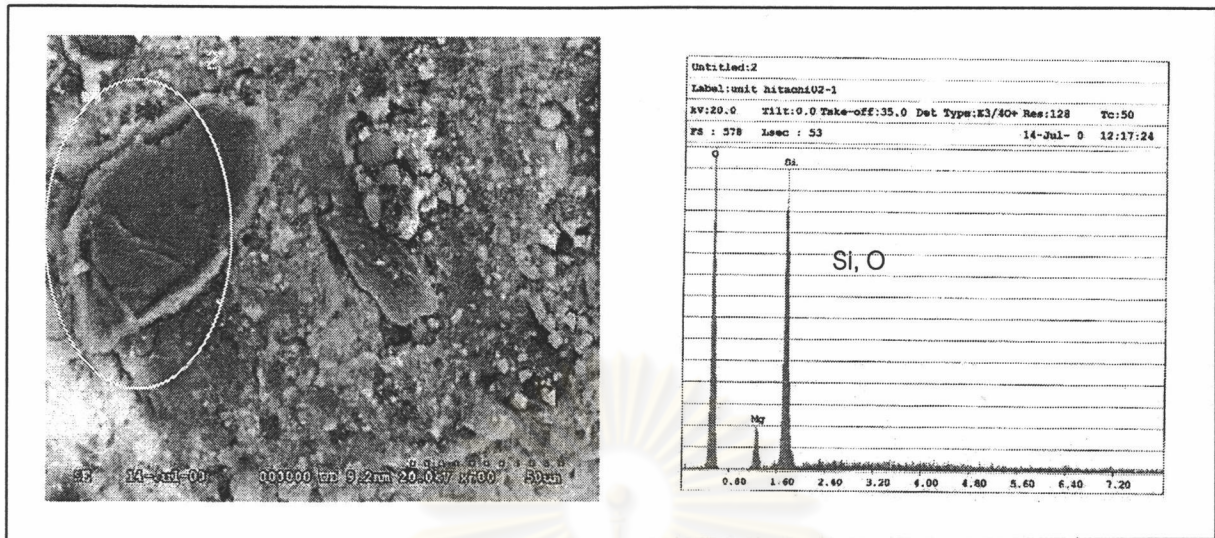
ก. SEM in DA Lab BKK

ข. Clean Unit

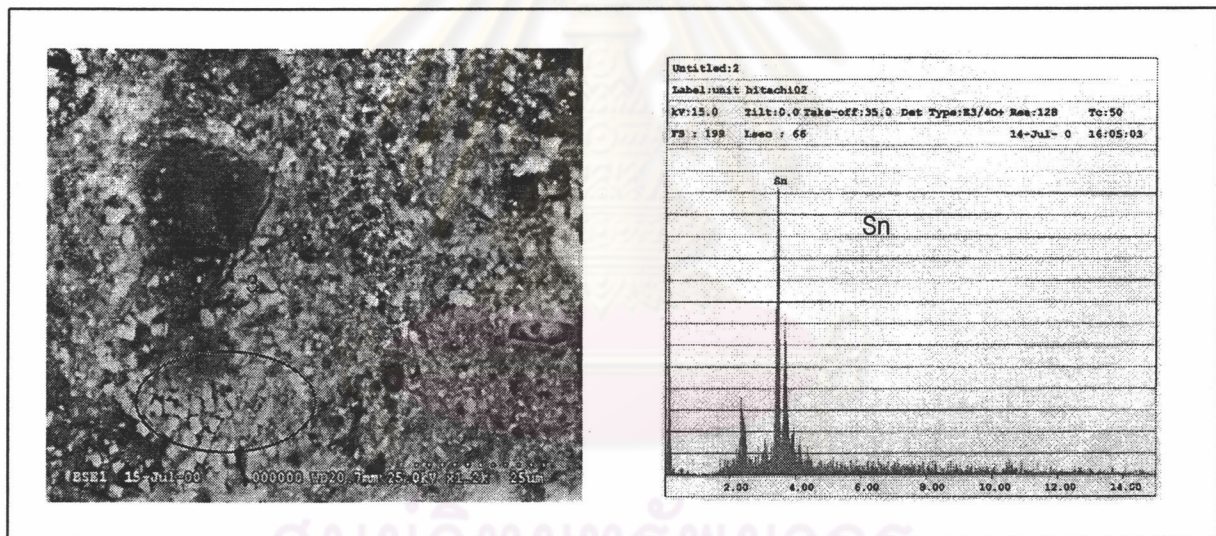
ค. Gray Area (1)

ง. Black Area (2)

จ. Bright Area (3)



ง. Black Area บริเวณสีดำ(2)



จ. Bright Area บริเวณสว่าง(3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

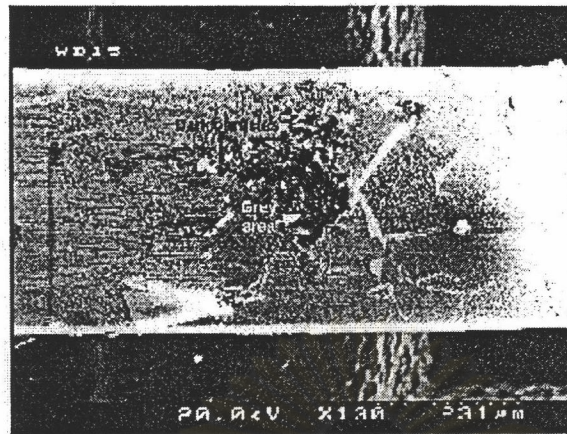
รูปที่ 5.1(ต่อ) ก. SEM in DA Lab BKK

ข. Clean Unit

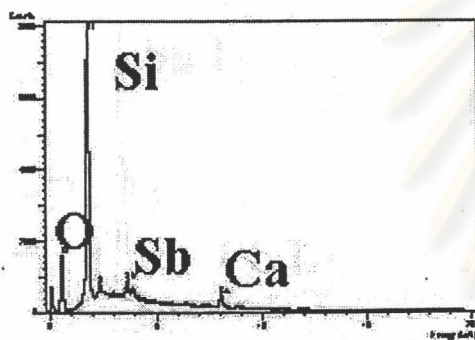
ค. Gray Area (1)

ง. Black Area (2)

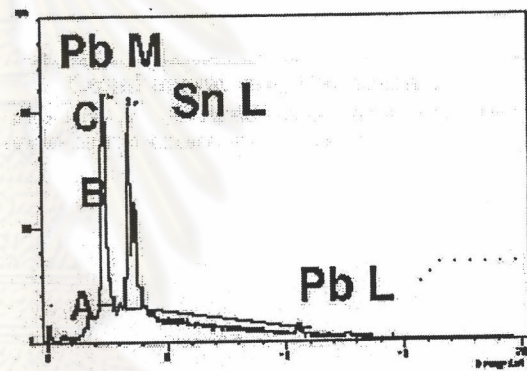
จ. Bright Area (3)



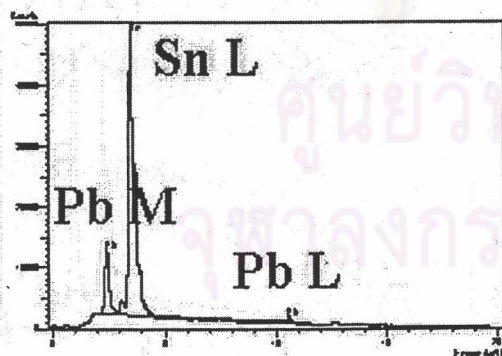
ก. SEM for Contaminate of DA Lab in Singapore



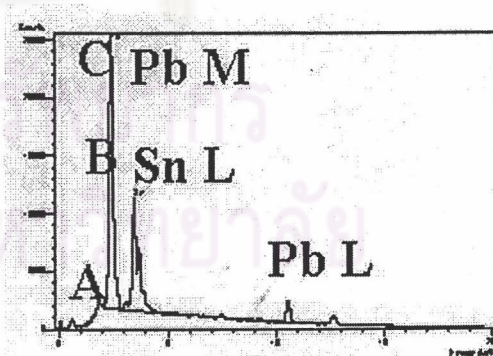
ข. EDX spectrum of the mold compound dust



ค. EDX spectrum of clean unit



ง. EDX spectrum for the clean area



จ. EDX spectrum for the gray

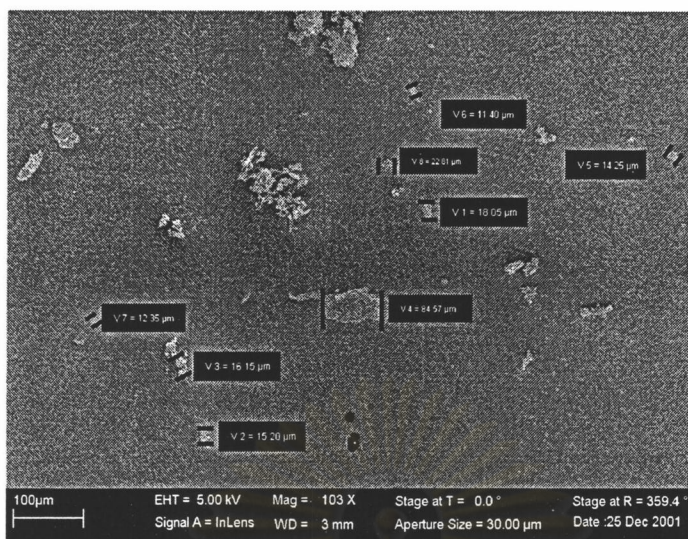
รูปที่ 5.2 ก. SEM for Contaminate of DA Lab in Singapore

ข. EDX spectrum of the mold compound dust

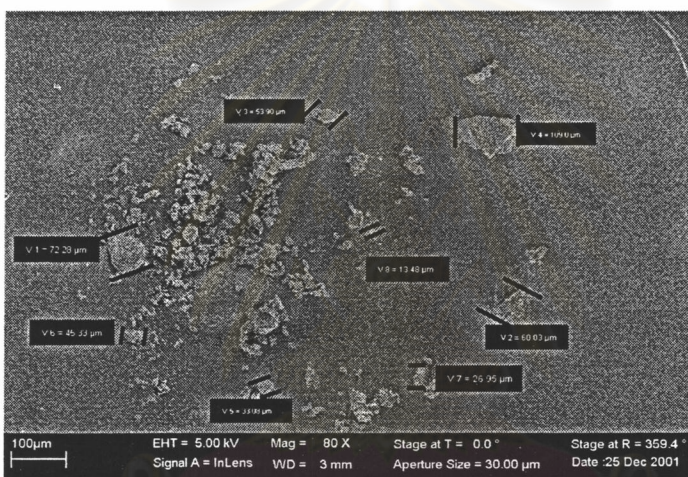
ค. EDX spectrum of clean unit

ง. EDX spectrum for the clean area

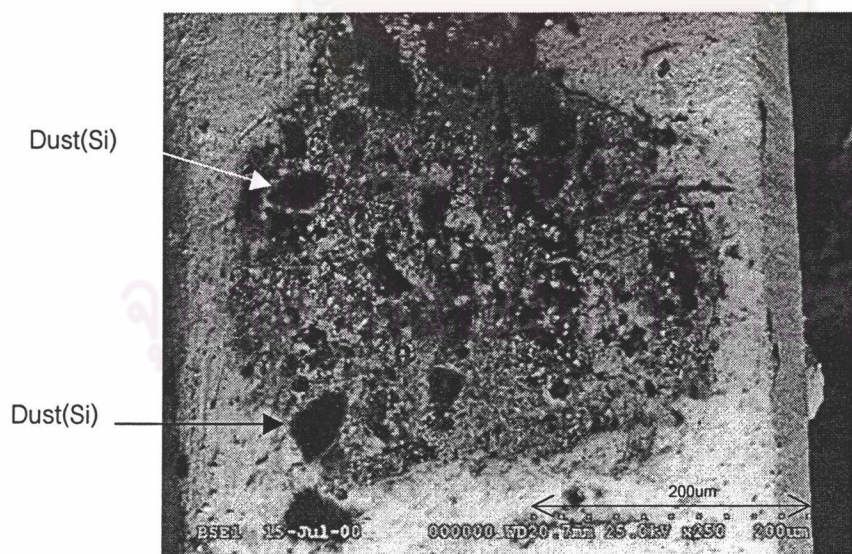
จ. EDX spectrum for the gray



ก



ข

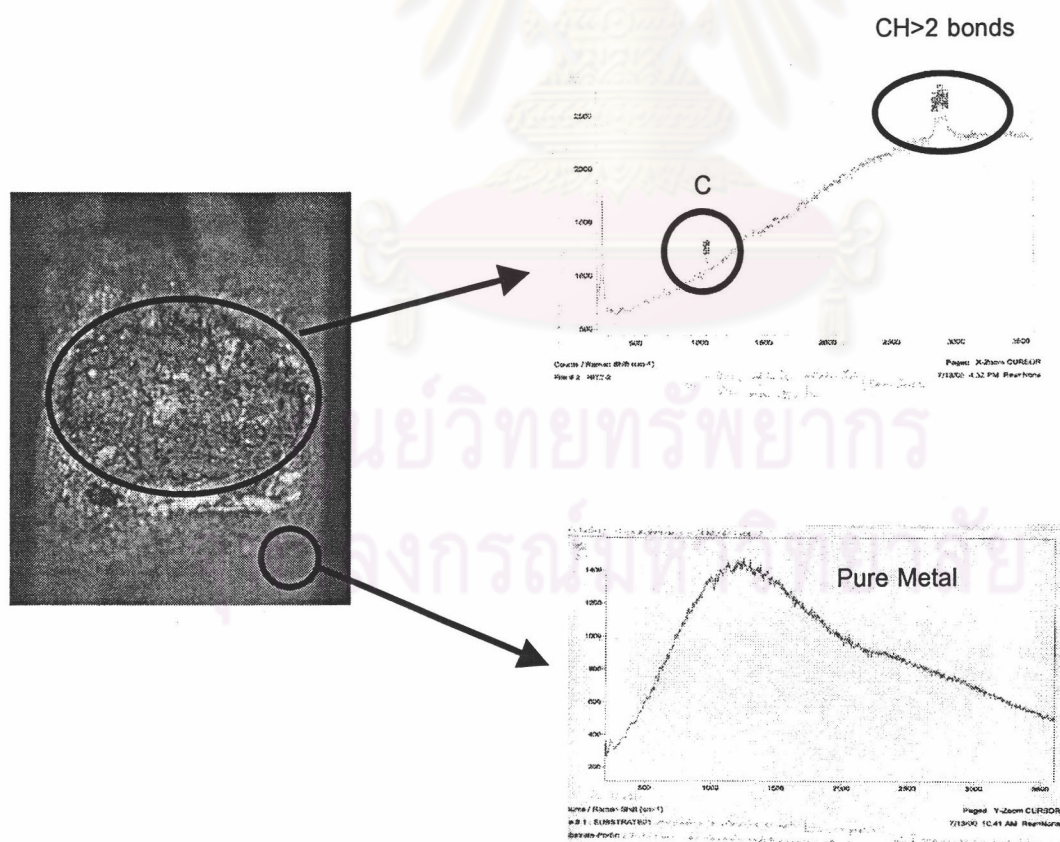


ค

รูปที่ 5.3 ก. ภาพตัวอย่างผงฝุ่นในบริเวณรางจากเครื่อง SEM-EDX ภาพที่ 1  
 ข. ภาพตัวอย่างผงฝุ่นในบริเวณรางจากเครื่อง SEM-EDX ภาพที่ 2  
 ค. ภาพตัวอย่างผงฝุ่นในคราบสกปรกจากเครื่อง SEM-EDX

ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RAMAN Spectroscopy

Location and Analytic measurement	Sample	ตำแหน่ง ที่วิเคราะห์	ส่วนประกอบที่พบ
RAMAN	Customer return sample	Contaminate	C and H bonding more than 2 bonds(CH <sub>2</sub> ) which is a composition of WAX or some sort Oil
	Customer return sample	Solder Plating (Clean area)	Non

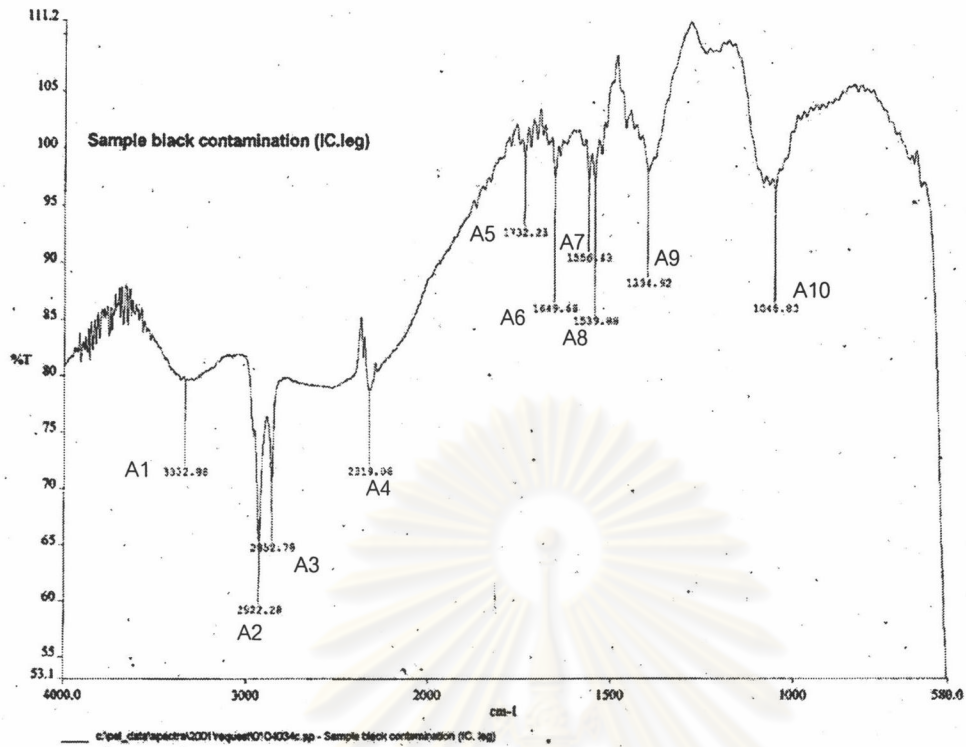


รูปที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RAMAN

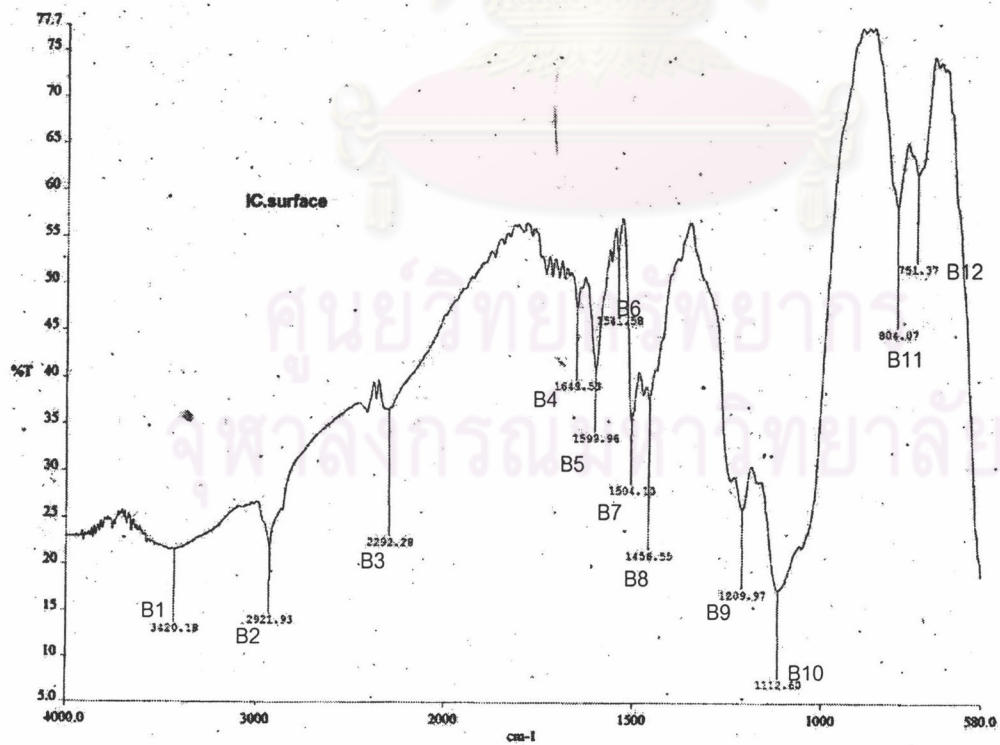


ตารางที่ 5.4 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR

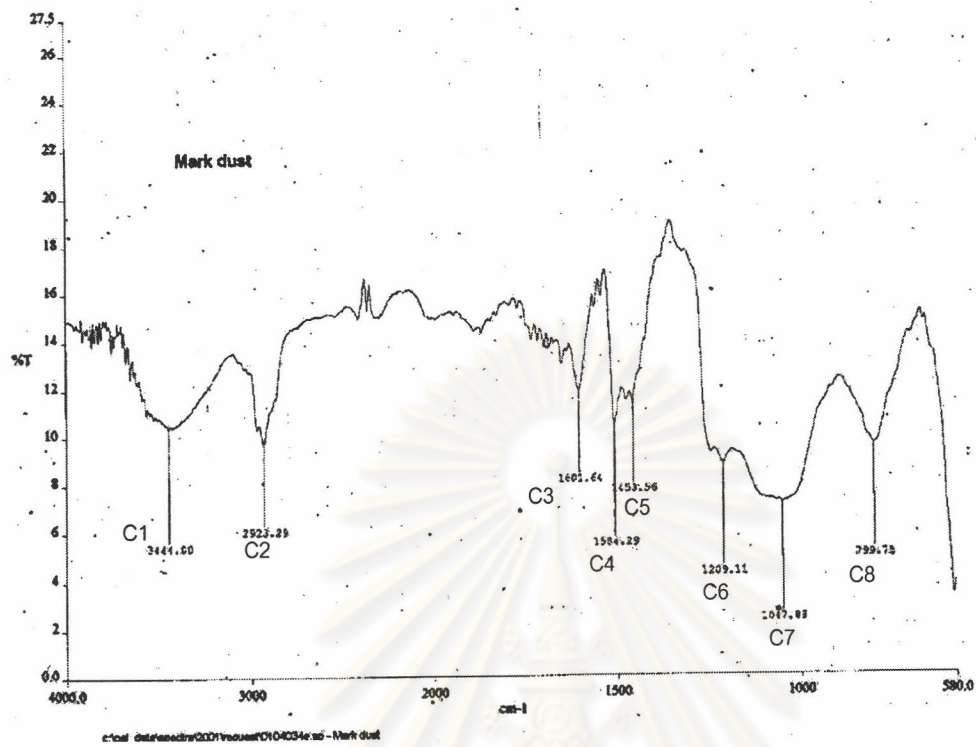
Location and Analytic measurement	Sample	ตำแหน่งที่วิเคราะห์	ส่วนประกอบที่พบ
FTIR	Customer return sample	Contaminate	CH3 methyl group C-H Stretching (Alkanes or Alkynes) C=O Stretching O-H Stretching C=C Stretching Si-O-Si or Si-O-C
	Compound	Compound Surface	CH2 methylene group C-H Stretching (Alkanes or Alkynes) O-H Stretching C=C Stretching =C-H out of plane(oop) Bending
	Dust	Dust in Mark site	CH2 methylene group C-H Stretching (Alkanes or Alkynes) O-H Stretching C=C Stretching =C-H out of plane(oop) Bending Si-O-Si or Si-O-C
	Vanishing Oil	Pure	CH2 methylene group CH3 methyl group C-H Stretching (Alkanes or Alkynes) C=O Stretching =C-H out of plane(oop) Bending



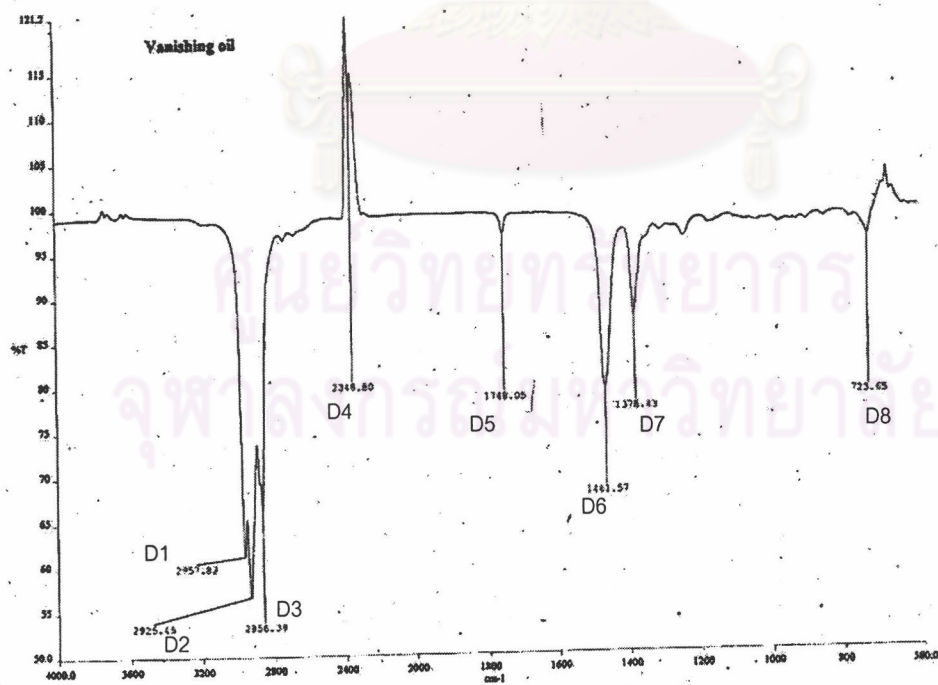
รูปที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์ Contaminate ด้วย FTIR



รูปที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ Compound Surface ด้วย FTIR



รูปที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์ Dust ด้วย FTIR



รูปที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์ Vanishing Oil ด้วย FTIR

ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบส่วนประกอบในคราบสกปรก

Location and Analytic measurement	Sample	ตำแหน่งที่วิเคราะห์	ส่วนประกอบที่พบ	แหล่งที่น่าจะมาจากกระบวนการ	
DA Lab in Singapore And SEM with Energy dispersive X-ray(EDX)	Customer return sample	Contaminate	Si	Filler (Silica SiO <sub>2</sub> ) 60-90% in compound	
			O	Filler (Silica SiO <sub>2</sub> ) 60-90% in compound	
			Sb (small)	Flame Retardant (Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <10% in compound	
			Pb	Solder Plating Pb15%	
			Sn	Solder Plating Sn 85%	
	Clean Unit	Solder Plating (Clean area)	Pb	Solder Plating Pb15%	
			Sn	Solder Plating Sn 85%	
	Dust	Dust	Si	Filler (Silica SiO <sub>2</sub> ) 60-90% in compound	
			O	Filler (Silica SiO <sub>2</sub> ) 60-90% in compound	
			Sb	Flame Retardant (Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <10% in compound	
	DA Lab in BKK And SEM with Energy Dispersive X-ray(EDX)	Customer return sample	Contaminate	Si	Filler (Silica SiO <sub>2</sub> ) 60-90% in compound
				O	Filler (Silica SiO <sub>2</sub> ) 60-90% in compound
Pb				Solder Plating Pb15%	
Sn				Solder Plating Sn 85%	
Clean Unit		Solder Plating (Clean area)	Pb	Solder Plating Pb15%	
			Sn	Solder Plating Sn 85%	
Exterior And RAMAN	Customer return sample	Contaminate	C and H bonding more than 2 bonds (CH <sub>2</sub> ) which is a composition of WAX or some sort Oil	Releasing Agent (Natural Wax, Synthetic Wax) <1% in compound ไม่แน่ใจ เพราะมีส่วนประกอบน้อยมาก	
			Customer return sample	Solder Plating (Clean area)	Non

ตารางที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบกราฟ ที่ได้จาก FTIR

Sample	ตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน
Customer return sample เทียบกับ Compound	A2 = B2 A4 = B3 A6 = B4 A7 = B5 A8 = B6
Customer return sample เทียบกับ Dust	A2 = C2 A7 = C3 A10 = C7
Customer return sample เทียบกับ Vanishing Oil	A2 = D2 A3 = D3 A4 = D4 A5 = D5 A9 = D7
Compound เทียบกับ Dust	B1 = C1 B2 = C2 B5 = C3 B7 = C4 B8 = C5 B9 = C6 B11 = C8
Compound เทียบกับ Vanishing Oil	B2 = D2 B3 = D4 B8 = D6 B12 = D8
Dust เทียบกับ Vanishing Oil	C2 = D2 C5 = D7

## 5.1.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดคราบสกปรก

### 5.1.2.1 ผลการศึกษา

ผลการทดลองได้ดังตารางที่ 5.7

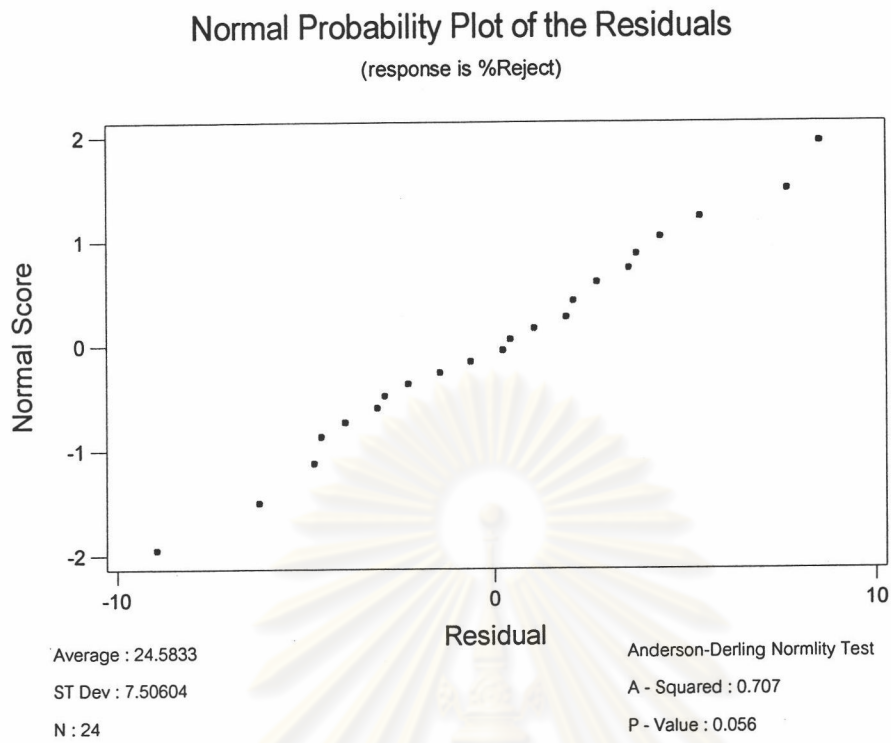
ทำการทดสอบการกระจายแบบปกติ ดังรูปที่ 5.9

ทำการทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล ดังรูปที่ 5.10

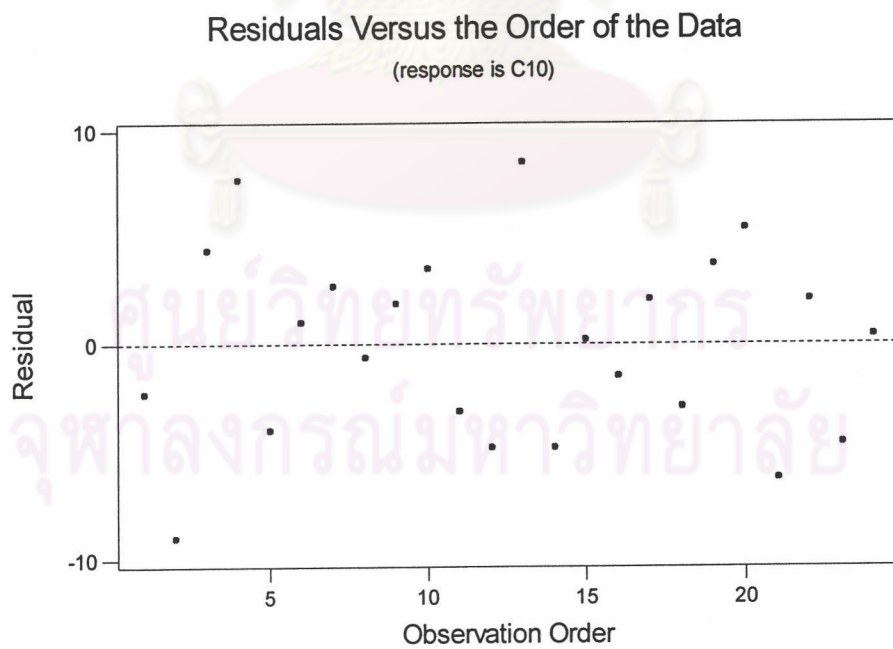
และจากรูปที่ 5.9 และรูปที่ 5.10 พบว่า ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติและมีอิสระซึ่งกันและกัน ดังนั้น ข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะพิจารณา

ตารางที่ 5.7 แสดงผลที่ได้จากการทดลอง

	OIL				NON OIL			
	OLD TRACK		NEW TRACK		OLD TRACK		NEW TRACK	
	Replicate	%reject	Replicate	%reject	replicate	%reject	replicate	%reject
Max Dust	1	25	1	40	1	20	1	30
	2	20	2	40	2	35	2	25
	3	30	3	30	3	25	3	30
Min Dust	1	20	1	10	1	15	1	20
	2	20	2	20	2	15	2	20
	3	20	3	25	3	30	3	25



รูปที่ 5.9 กราฟ Normal Probability Plot ของ Residuals



รูปที่ 5.10 กราฟทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

### 5.1.2.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดคราบสกปรก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นแสดงไว้ดังตารางที่ 5.8 และจากผลการทดลอง เมื่อพิจารณาที่ค่า Prob. > F หรือ ค่า P < 0.05 พบว่า ผงฝุ่นที่เกิดจากการ Laser Mark บน Compound เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดคราบสกปรกมากที่สุด ซึ่งเมื่อเกิดการสะสมของผงฝุ่นที่เกิดจากการ Laser Mark บน Compound มีจำนวนมากขึ้น จะมีผลทำให้ชิ้นงานมีการปนเปื้อนของคราบสกปรกมากขึ้น ซึ่ง % จำนวนชิ้นงานที่จะreject สูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	2	77.08	77.08	38.54	1.18	0.335
Dust	1	504.17	504.17	504.17	15.47	0.002
Oil	1	4.17	4.17	4.17	0.13	0.726
Track	1	66.67	66.67	66.67	2.05	0.175
Dust*Oil	1	37.50	37.50	37.50	1.15	0.302
Dust*Track	1	66.67	66.67	66.67	2.05	0.175
Oil*Track	1	16.67	16.67	16.67	0.51	0.486
Dust*Oil*Track	1	66.67	66.67	66.67	2.05	0.175
Error	14	456.25	456.25	32.59		
Total	23	1295.83				

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 5.2 ผลการคำนวณปริมาณฝุ่นที่เกิดจากการทำเครื่องหมายบน Compound

จากการหาปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทำเครื่องหมายบน Compound ได้ผลดังนี้  
ซึ่งหน่วยที่ใช้ในการศึกษาขนาด คือ ไมครอน (Micro-inch,  $\mu$ -inch)

### 5.2.1 ความหนาแน่นของ Compound

จากตารางที่ 5.9 ได้ผลความหนาแน่นของ Compound แต่ละรูปแบบผลิตภัณฑ์ ดังนี้

Compound ของ PL 20 มี Average Density  $3.74 \times 10^{-8}$  g/ $\mu$ -inch<sup>3</sup> Standard Deviation  $1.43 \times 10^{-9}$

Compound ของ PL 20 มี Average Density  $2.94 \times 10^{-8}$  g/ $\mu$ -inch<sup>3</sup> Standard Deviation  $7.15 \times 10^{-11}$

Compound ของ PL 20 มี Average Density  $2.96 \times 10^{-8}$  g/ $\mu$ -inch<sup>3</sup> Standard Deviation  $2.95 \times 10^{-10}$

### 5.2.2 ความกว้าง (Wide, W) และ ความลึก (Thicker, T)

ความกว้างและความลึกของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์ในแต่ละรูปแบบของผลิตภัณฑ์ PL20 28 และ 32 เมื่อ Mark แล้วจะมีความกว้างและความลึกโดยเฉลี่ยแล้วจะเท่ากันหมด ซึ่งเข้าไปสู่การวัดความกว้างและความลึกของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์เพื่อมาหาค่าเฉลี่ยของความกว้างและความลึก ได้ผลดังตารางที่ 5.10

และรูปที่ 5.11 แสดงวิธีการวัดความกว้างและความยาวของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์

ได้ความกว้างเฉลี่ย = 5.23  $\mu$ -inch

ได้ความลึกเฉลี่ย = 2.921  $\mu$ -inch

### 5.2.3 ความยาวของโครงร่าง ตัวอักษรและสัญลักษณ์

ขนาดและรูปร่างของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์ที่ใช้กับรูปแบบผลิตภัณฑ์ PL 20 28 และ 32 จะกำหนดโครงร่างโดยโปรแกรม Font Master Program ที่ใช้สำหรับการออกแบบ ตัวอักษรและสัญลักษณ์ สำหรับการ Mark ซึ่งจะมีความยาวของแต่ละตัวอักษรโดยหน่วยเป็น Unit มีรูปแบบและโครงร่างดังรูปที่ 5.11

#### 5.2.4 ความยาวจริงทั้งหมดของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์(Length, L)

การหาความยาวจริงได้จากการเปรียบเทียบความยาว 1 หน่วยจะยาวกี่  $\mu$ -inch ซึ่งเราจะหาจากการเปรียบเทียบ ความสูงของจริงที่ได้จากการ Mark เทียบกับความสูงของตัวอักษรโครงร่าง

ความสูงจริงของแต่ละผลิตภัณฑ์นั้นมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งมีค่าที่กำหนดตาม Spec ดังตารางที่ 5.12 และแต่ละอันมีความสูงดังนี้

$$PL20 = 26 \mu\text{-inch}$$

$$PL28 = 34 \mu\text{-inch}$$

$$PL32 \text{ แบบ A} = 34 \text{ และ แบบ B} = 50 \mu\text{-inch}$$

และความสูงของโครงร่างอักษร เท่ากับ 1500 Unit ดังรูป 5.13 ฉะนั้น ความยาวจริงต่อ 1 unit ของแต่ละรูปแบบของผลิตภัณฑ์ เท่ากับ

$$PL20 = 26 / 1500 = 0.0173 \mu\text{-inch}$$

$$PL28 = 34 / 1500 = 0.0226 \mu\text{-inch}$$

$$PL32 = 0.0226 \text{ และ } 50 / 1500 = 0.033 \mu\text{-inch}$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวจริงแต่ละ ตัวอักษรและสัญลักษณ์โดยนำความยาวโครงร่างไปคูณกับ ความยาวจริงต่อ 1 unit เช่น ตัว A ของ PL 20 มีความยาวจริง =  $3980 \times 0.0173 = 68.85 \mu\text{-inch}$  ค่าที่ได้แสดงในตารางที่ 5.11

#### 5.2.5 ปริมาตรทั้งหมดของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์แต่ละตัว

คำนวณค่าจาก

$$\text{ปริมาตรทั้งหมดของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์ (Volume, V) = ความกว้างเฉลี่ย (Wide, W) x ความลึกเฉลี่ย (Thicker, T) x ความยาวจริง (Length, L) \dots\dots\dots(1)}$$

ค่าที่ได้ แสดงในตารางที่ 5.11

## 5.2.6 น้ำหนักฝุ่นของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์แต่ละตัวที่ผ่านการ Mark

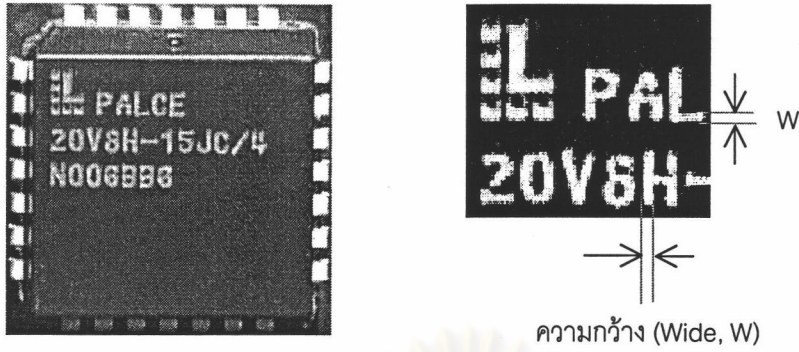
คำนวณค่าจาก

$$\text{น้ำหนัก (g)} = \text{ปริมาตรทั้งหมดของตัวอักษรและสัญลักษณ์แต่ละตัว} \\ (\text{Volume, V}) \times \text{ความหนาแน่นของแต่ละรูปแบบผลิตภัณฑ์} \dots\dots\dots(2)$$

ค่าที่ได้แสดงในตารางที่ 5.11

ฉะนั้น หากต้องการทราบปริมาณฝุ่นที่ตกค้างในกระบวนการ ซึ่งก็คือ ปริมาณฝุ่นทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการกัดเซาะของ Laser บนผิว Compound ต่อ 1 Unit สามารถหาได้จากผลรวมของ น้ำหนักฝุ่นแต่ละ ตัวอักษรและสัญลักษณ์ที่ Mark บน Unit 1 Unit โดยน้ำหนักฝุ่นแต่ละ Character และ Logoเปิดได้จากตารางที่ 5.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.11 การวัดความกว้าง และ ความยาวของตัวอักษรที่ได้จากการ Mark

ตารางที่ 5.9 การหาความหนาแน่น Compound

	ปริมาตรทั้งหมดของ เนื้อCompound	น้ำหนัก Compound	DENSITY ( $\times 10^{-08}$ )	Average Density ( $\times 10^{-08}$ )	Standard Deviation
	$\mu\text{-inch}^3$	g	$\text{g}/\mu\text{-inch}^3$	$\text{g}/\mu\text{-inch}^3$	( $\times 10^{-08}$ )
PL20	1551858.85	0.056	3.60	3.74	0.143
	1414447.84	0.053	3.74		
	889799.38	0.035	3.93		
	1394972.87	0.051	3.67		
PL28	3382565.37	0.100	2.95	2.94	0.0715
	3202920.99	0.094	2.95		
	3124493.51	0.092	2.94		
	3527124.44	0.103	2.93		
PL32	4182077.37	0.125	3.00	2.96	0.00295
	4054950.04	0.120	2.96		
	4273180.03	0.126	2.94		
	4226109.59	0.124	2.93		

ตารางที่ 5.10 แสดงผลการวัดความกว้างและความลึกของตัวอักษร

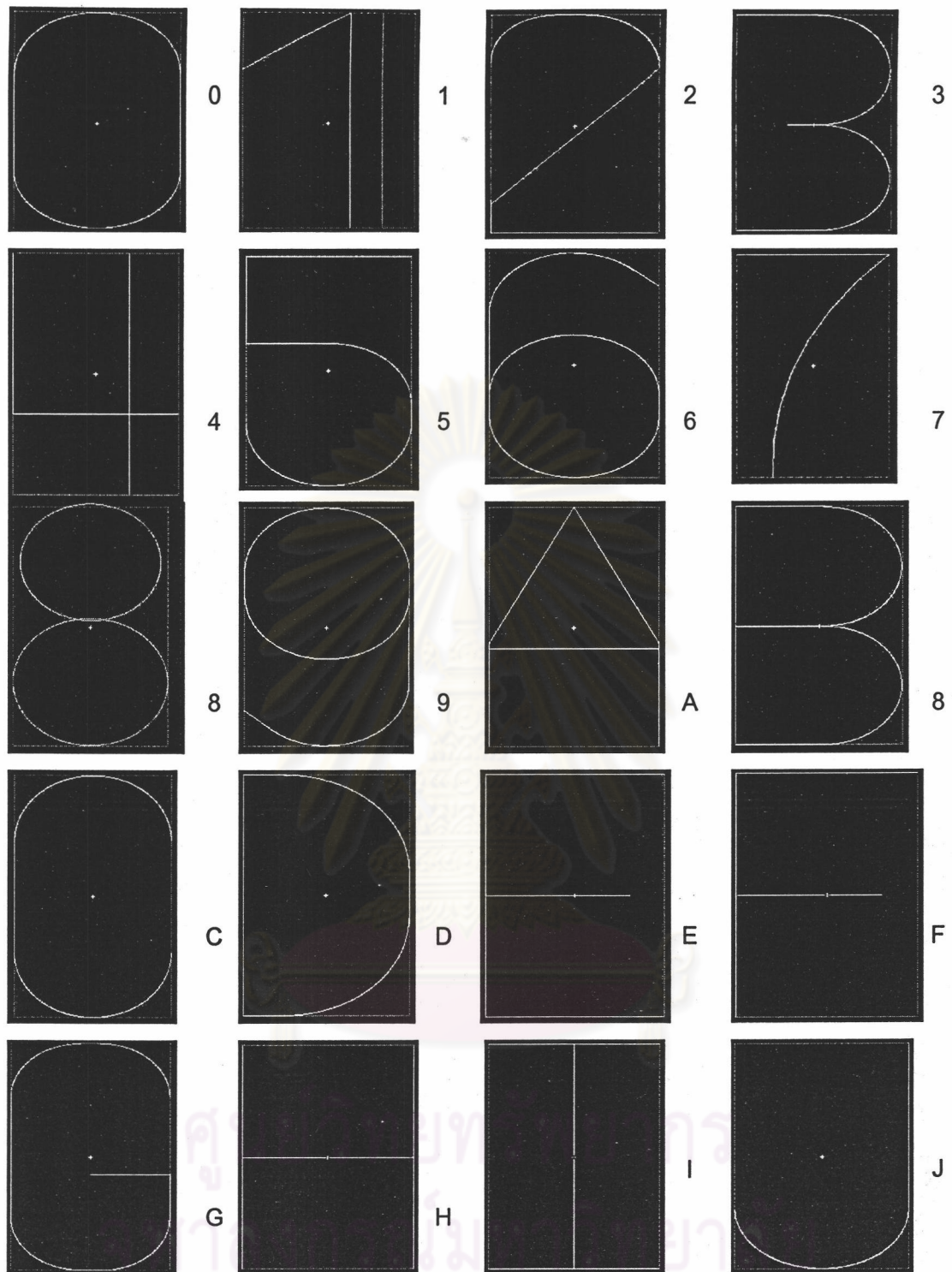
ครั้งที่วัด	ค่าความกว้างที่ได้ ( $\mu$ -inch)	ครั้งที่วัด	ค่าความลึกที่วัดได้ ( $\mu$ -inch)
1	5.59	1	4.25
2	5.14	2	3.25
3	5.41	3	2.65
4	5.08	4	2.22
5	5.01	5	3.05
6	5.2	6	2.15
7	5.34	7	2.30
8	5.07	8	3.50
Mean	5.23	Mean	2.921
Std.	0.2	Std.	0.734

ตารางที่ 5.11 แสดงค่าปริมาณทั้งหมดของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์

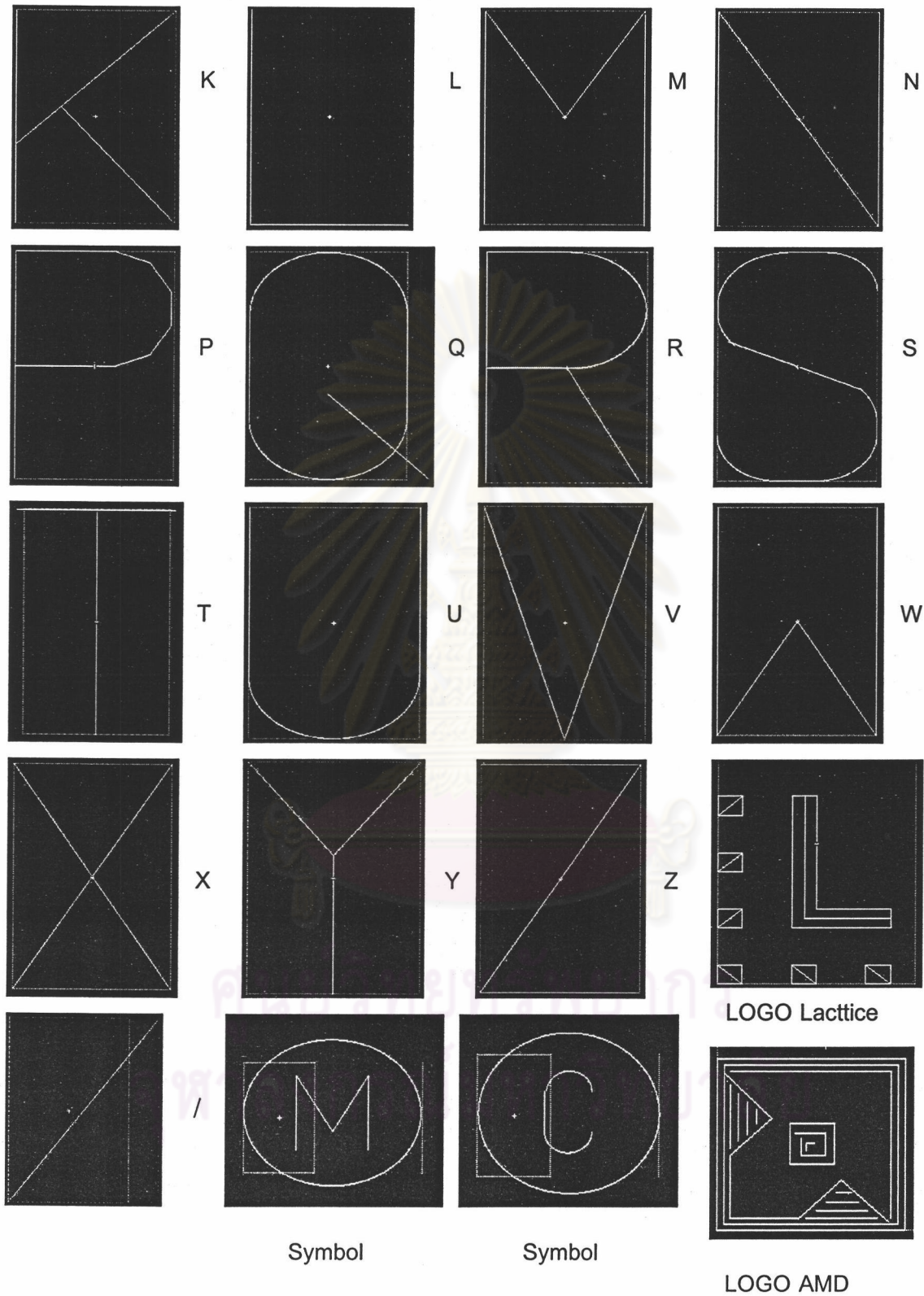
Format Character And Logo	ความยาว โครงร่าง ตัวอักษร unit	ความยาวทั้งหมดของแต่ละตัว				ปริมาตรทั้งหมดของแต่ละตัว (สมการ 1)				น้ำหนักฝุ่นของแต่ละตัวที่ผ่าน การ Mark (สมการ 2)			
		$\mu$ -inch				$\mu$ -inch <sup>3</sup>				$g (X10^{-05})$			
		PL20	PL28	PL32		PL20	PL28	PL32		PL20	PL28	PL32	
				แบบ 1	แบบ 2			แบบ 1	แบบ 2			แบบ 1	แบบ 2
A	3980.00	68.85	89.95	89.95	131.34	1051.91	1373.90	1373.90	2006.32	3.93	4.04	4.06	5.93
B	5140.62	88.93	116.18	116.18	169.64	1358.67	1774.54	1774.54	2591.39	5.08	5.22	5.25	7.66
C	3188.20	55.16	72.05	72.05	105.21	842.64	1100.57	1100.57	1607.17	3.15	3.24	3.25	4.75
D	4170.41	72.15	94.25	94.25	137.62	1102.24	1439.63	1439.63	2102.31	4.12	4.24	4.26	6.22
E	3750.00	64.88	84.75	84.75	123.75	991.13	1294.50	1294.50	1890.38	3.70	3.81	3.83	5.59
F	2950.00	51.04	66.67	66.67	97.35	779.69	1018.34	1018.34	1487.10	2.91	3.00	3.01	4.40
G	4038.20	69.86	91.26	91.26	133.26	1067.30	1393.99	1393.99	2035.66	3.99	4.10	4.12	6.02
H	3800.00	65.74	85.88	85.88	125.40	1004.34	1311.76	1311.76	1915.58	3.75	3.86	3.88	5.66
I	3100.00	53.63	70.06	70.06	102.30	819.33	1070.12	1070.12	1562.71	3.06	3.15	3.16	4.62
J	2344.10	40.55	52.98	52.98	77.36	619.55	809.18	809.18	1181.66	2.31	2.38	2.39	3.49

ตารางที่ 5.11 แสดงค่าปริมาตรทั้งหมดของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์(ต่อ)

Format Character and Logo	ความยาว โครงร่าง ตัวอักษร unit	ความยาวทั้งหมดของแต่ละตัว				ปริมาตรทั้งหมดของแต่ละตัว(สมการ 1)				น้ำหนักฝุ่นของแต่ละตัวที่ผ่านการ Mark (สมการ 2)			
		μ-inch				μ-inch <sup>3</sup>				g (X10 <sup>-05</sup> )			
		PL20	PL28	PL32		PL20	PL28	PL32		PL20	PL28	PL32	
				แบบ 1	แบบ 2			แบบ 1	แบบ 2			แบบ 1	แบบ 2
K	3738.00	64.67	84.48	84.48	123.35	987.95	1290.36	1290.36	1884.33	3.69	3.80	3.82	5.57
L	2300.00	39.79	51.98	51.98	75.90	607.89	793.96	793.96	1159.43	2.27	2.34	2.35	3.43
M	4700.00	81.31	106.22	106.22	155.10	1242.21	1622.44	1622.44	2369.27	4.64	4.77	4.80	7.01
N	4700.00	81.31	106.22	106.22	155.10	1242.21	1622.44	1622.44	2369.27	4.64	4.77	4.80	7.01
O	3888.20	67.27	87.87	87.87	128.31	1027.65	1342.21	1342.21	1960.04	3.84	3.95	3.97	5.80
P	3542.00	61.28	80.05	80.05	116.89	936.15	1222.70	1222.70	1785.52	3.50	3.60	3.62	5.28
Q	4652.20	80.48	105.14	105.14	153.52	1229.58	1605.94	1605.94	2345.17	4.59	4.72	4.75	6.93
R	4356.31	75.36	98.45	98.45	143.76	1151.37	1503.80	1503.80	2196.02	4.30	4.42	4.45	6.49
S	4757.60	82.31	107.52	107.52	157.00	1257.43	1642.32	1642.32	2398.31	4.70	4.83	4.86	7.09
T	2360.00	40.83	53.34	53.34	77.88	623.75	814.67	814.67	1189.68	2.33	2.40	2.41	3.52
U	3444.10	59.58	77.84	77.84	113.66	910.28	1188.90	1188.90	1736.17	3.40	3.50	3.52	5.13
V	3104.00	53.70	70.15	70.15	102.43	820.39	1071.50	1071.50	1564.73	3.06	3.15	3.17	4.63
W	4700.00	81.31	106.22	106.22	155.10	1242.21	1622.44	1622.44	2369.27	4.64	4.77	4.80	7.01
X	3400.00	58.82	76.84	76.84	112.20	898.62	1173.68	1173.68	1713.94	3.36	3.45	3.47	5.07
Y	2342.00	40.52	52.93	52.93	77.29	618.99	808.46	808.46	1180.60	2.31	2.38	2.39	3.49
Z	3300.00	57.09	74.58	74.58	108.90	872.19	1139.16	1139.16	1663.53	3.26	3.35	3.37	4.92
ʹ	1280.00	22.14	28.93	28.93	42.24	338.30	441.86	441.86	645.25	1.26	1.30	1.31	1.91
_	1000.00	17.30	22.60	22.60	33.00	264.30	345.20	345.20	504.10	0.987	1.02	1.02	1.49
Ⓜ	10077.19	174.34	227.74	227.74	332.55	2663.40	3478.64	3478.64	5079.91	9.95	10.2	10.3	15.0
Ⓒ	6283.19	108.70	142.00	142.00	207.35	1660.65	2168.96	2168.96	3167.35	6.20	6.38	6.41	9.37
1	2128.00	36.81	48.09	48.09	70.22	562.43	734.59	734.59	1072.72	2.10	2.16	2.17	3.17
0	3888.20	67.27	87.87	87.87	128.31	1027.65	1342.21	1342.21	1960.04	3.84	3.95	3.97	5.80
2	3274.87	56.66	74.01	74.01	108.07	865.55	1130.49	1130.49	1650.86	3.23	3.33	3.34	4.88
3	3370.62	58.31	76.18	76.18	111.23	890.85	1163.54	1163.54	1699.13	3.33	3.42	3.44	5.02
4	3300.00	57.09	74.58	74.58	108.90	872.19	1139.16	1139.16	1663.53	3.26	3.35	3.37	4.92
5	3822.73	66.13	86.39	86.39	126.15	1010.35	1319.61	1319.61	1927.04	3.77	3.88	3.90	5.70
6	3059.41	52.93	69.14	69.14	100.96	808.60	1056.11	1056.11	1542.25	3.02	3.11	3.12	4.56
7	2468.38	42.70	55.79	55.79	81.46	652.39	852.08	852.08	1244.31	2.44	2.51	2.52	3.68
8	4780.98	82.71	108.05	108.05	157.77	1263.61	1650.40	1650.40	2410.09	4.72	4.86	4.88	7.13
9	3059.41	52.93	69.14	69.14	100.96	808.60	1056.11	1056.11	1542.25	3.02	3.11	3.12	4.56
Logo AMD	10404.300	179.99	235.14	235.14	343.34	2749.86	3591.56	3591.56	5244.81	10.3	10.6	10.6	15.5
Logo Lactice	6500.00	112.45	146.90	146.90	214.50	1717.95	2243.80	2243.80	3276.65	6.42	6.60	6.63	9.69



รูปที่ 5.12 โครงร่างของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์จากโปรแกรม Font Master Program

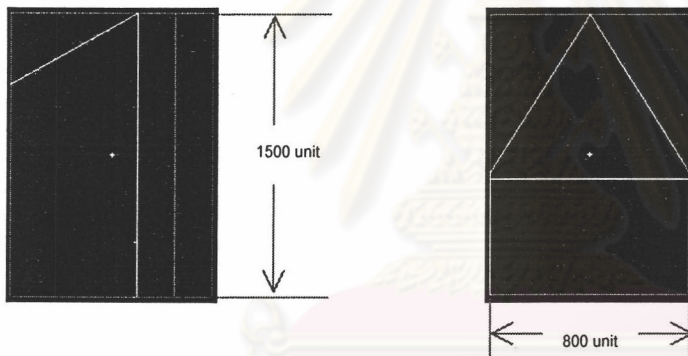


รูปที่ 5.12 โครงร่างของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์จากโปรแกรม Font Master Program (ต่อ)



ตารางที่ 5.12 ขนาดของ Character

Package	รูปแบบ อักษร	ความสูงของตัว อักษร	จำนวนอักษรที่มากที่สุด ต่อ 1 แถว	จำนวนแถวที่มากที่สุด
PL20	แบบ 1	26	13	5
PL28	แบบ 1	34	13	5
PL32	แบบ 1	34	13	5
	แบบ 2	50	13	5



รูปที่ 5.13 แสดงความสูงและความกว้างของตัวอักษร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.3 ผลการศึกษาระดับความสกปรกบนขา IC ก่อนการปรับปรุง

#### 5.3.1 ผลก่อนการปรับปรุง

ระดับความสกปรก ได้ผลก่อนการปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 5.13 จากตารางที่ 5.13 ได้ค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 5.14 ซึ่งค่าเฉลี่ยระดับความสกปรก ได้จากค่าที่ได้จากการสุ่มตรวจทุกๆ 50 Unit ตรวจ 2 Unit ทำการทดลอง 2 ครั้ง มาเฉลี่ยกัน เช่น ที่ตำแหน่งที่ 50 ได้จากค่าเฉลี่ยของ Unit ตัวที่ 49 และตัวที่ 50 ของทำการทดลองซ้ำครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 มาเฉลี่ยกัน

ตารางที่ 5.15 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความสกปรกที่ได้จาก ตารางที่ 5.14 ทุกๆ 5 ครั้งมาเฉลี่ยกัน เช่น ค่าที่ตำแหน่ง 250 มาจาก ค่าเฉลี่ยระดับความสกปรกของค่าที่ตำแหน่ง 50 – 250 , ค่าที่ตำแหน่ง 500 มาจาก ค่าเฉลี่ยระดับความสกปรกของค่าที่ตำแหน่ง 300 – 500 เป็นต้น

นำผลจากตาราง 5.15 ไปวาดกราฟเพื่อความสัมพันธ์ดังรูปที่ 5.15

ส่วนจำนวนของเสียที่พบแสดงผลดังตารางที่ 5.19 5.20 และ 5.21

#### 5.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสกปรกกับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark

ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสมการ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ Minitab ช่วยในการวิเคราะห์ผล

##### 5.3.2.1 แบบ A (1437 µg ต่อหน่วยชิ้นงาน)

จากตารางที่ 5.15 ได้นำผลที่ได้ไปวาดกราฟ ดังรูปที่ 5.17 และ 5.18 โดยรูปที่ 5.17 ค่า X คือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ (g) ส่วนรูปที่ 5.18 ค่า X คือ จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark (Unit)

หาสมการความสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ Minitab ช่วยในการวิเคราะห์ผล ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และสมการความสัมพันธ์คือ

$$Y1 = 2.29 + 0.000659 X \dots\dots\dots (5.1)$$

Y1 = ระดับความสกปรกที่พบจากการทดลองในกรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก ต่อหน่วยชิ้นงาน = 1437 µg

$X$  = จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark หรือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ

ค่า  $R^2 = 0.7641$  หมายความว่า ระดับคราบสกปรกที่จะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอธิบายโดย หรือ เป็นผลสืบเนื่องมาจากตัวแปรอิสระถึง 76.41% ส่วนอีก  $1 - 0.7641 = 0.2359$  หรือ 23.6% ไม่อาจใช้ตัวแปรอิสระอธิบายได้

ค่า  $R = 0.874$  ซึ่งให้เห็นระดับความสัมพันธ์ระหว่างระดับคราบสกปรก กับ จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark หรือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน (ทางบวก)

ค่า  $F = 32.4$  พิจารณาว่า  $\text{Prob.} > F$  แสดงว่า ยอมรับว่า ระดับคราบสกปรกมีความสัมพันธ์กับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark หรือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ

### 5.3.2.2 แบบ B (1112 $\mu\text{g}$ / ต่อหน่วยชิ้นงาน)

จากตารางที่ 5.15 ได้นำผลที่ได้ไปวาดกราฟ ได้ดังรูปที่ 5.19 และ 5.20 โดยรูปที่ 5.19 ค่า  $X$  คือ ปริมาณฝุ่นที่ตกค้างอยู่ในกระบวนการ (g) ส่วนรูปที่ 5.20 ค่า  $X$  คือ จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark (Unit)

หาสมการความสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ Minitab ช่วยในการวิเคราะห์ผล ดังแสดงในตารางที่ 5.17 และสมการความสัมพันธ์คือ

$$Y_2 = 2.0129 + 0.0007 X \dots\dots\dots(5.2)$$

$Y_2$  = ระดับคราบสกปรกที่พบจากการทดลองในกรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก ต่อหน่วยชิ้นงาน = 1112  $\mu\text{g}$

$X$  = จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark หรือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ

ค่า  $R^2 = 0.9513$  หมายความว่า ระดับคราบสกปรกที่จะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอธิบายโดย หรือ เป็นผลสืบเนื่องมาจากตัวแปรอิสระถึง 95.13% ส่วนอีก  $1 - 0.9513 = 0.0482$  หรือ 4.82% ไม่อาจใช้ตัวแปรอิสระอธิบายได้

ค่า  $R = 0.975$  ซึ่งให้เห็นระดับความสัมพันธ์ระหว่างระดับคราบสกปรก กับ จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark หรือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน (ทางบวก)

ค่า  $F = 195.3$  พิจารณาว่า  $\text{Prob.} > F$  แสดงว่า ยอมรับว่า ระดับความแปรปรวนมีความสัมพันธ์กับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark หรือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ

### 5.3.2.1 แบบ C (811 $\mu\text{g}$ ต่อหน่วยชิ้นงาน)

จากตารางที่ 5.15 ได้นำผลที่ได้ไปวาดกราฟ ได้ดังรูปที่ 5.21 และ 5.22 โดยรูปที่ 5.21 ค่า X คือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ (g) ส่วนรูปที่ 5.22 ค่า X คือ จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark (Unit)

หาสมการความสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ Minitab ช่วยในการวิเคราะห์ผล ดังแสดงในตารางที่ 5.18 และสมการความสัมพันธ์คือ

$$Y_3 = 1.9811 + 0.0006 X \dots\dots\dots(5.3)$$

$Y_3$  = ระดับความแปรปรวนที่พบจากการทดลองในกรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก ต่อหน่วยชิ้นงาน = 811  $\mu\text{g}$

X = จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark หรือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ

ค่า  $R^2 = 0.817$  หมายความว่า ระดับความแปรปรวนที่จะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอธิบายโดย หรือ เป็นผลสืบเนื่องมาจากตัวแปรอิสระถึง 81.7% ส่วนอีก  $1 - 0.817 = 0.183$  หรือ 18.3% ไม่อาจใช้ตัวแปรอิสระอธิบายได้

ค่า  $R = 0.904$  ซึ่งให้เห็นระดับความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแปรปรวน กับ จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark หรือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ (g) มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน (ทางบวก)

ค่า  $F = 44.64$  พิจารณาว่า  $\text{Prob.} > F$  แสดงว่า ยอมรับว่า ระดับความแปรปรวนมีความสัมพันธ์กับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark หรือ ปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ

### 5.3.3 ผลการทดสอบความสัมพันธ์

ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 5.22 ค่าเฉลี่ยระดับความแปรปรวน ได้จากค่าที่ได้จากการสุ่มตรวจทุกๆ 37 Unit ตรวจ 2 Unit มาเฉลี่ยกัน เช่น ที่ช่วงตำแหน่งที่ 1-37 ได้จากค่าเฉลี่ยของ Unit ที่ทำการสุ่มมา 2 ตัว มาเฉลี่ยกัน

แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยระดับคราบสกปรกทุกๆ 5 ครั้งมาเฉลี่ยกัน เช่น ค่าที่ตำแหน่ง 185 มาจาก ค่าเฉลี่ยระดับคราบสกปรกของค่าที่ตำแหน่ง 37 – 185, ค่าที่ตำแหน่ง 370 มาจาก ค่าเฉลี่ยระดับคราบสกปรกของค่าที่ตำแหน่ง 222 – 370 เป็นต้น

นำผลจากตาราง 5.22 ไปวาดกราฟเพื่อความสัมพันธ์ดังรูปที่ 5.23

ซึ่งจากกราฟจะได้ว่า เมื่อจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark มากขึ้น หรือปริมาณฝุ่นในกระบวนการมากขึ้น ระดับคราบสกปรกก็มีแนวโน้มที่สูงขึ้น

และ เมื่อทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ของกรณีน้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออกต่อหน่วยชิ้นงาน = 952.6  $\mu\text{g}$  กับกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 5.15 ปรากฏว่าตกอยู่ในช่วงที่เหมาะสม แสดงว่า ความสัมพันธ์ระหว่างคราบสกปรกที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 5.15 มีความเหมาะสม

#### 5.3.4 สรุปผลการเกิดระดับคราบสกปรกบนขา IC ก่อนการปรับปรุง

จากการทดลองที่ได้ แทนค่าของ จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark (X) ในสมการทั้ง 3 สมการ แล้วนำมา Plot กราฟ แสดงดังรูปที่ 5.16 และจากรูป จะพบความสัมพันธ์ระหว่างคราบสกปรกที่เกิดขึ้น กับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark ดังนี้

1. ระดับคราบสกปรกแปรผันตามน้ำหนัก Compound ที่ถูกกัดเซาะและจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการ Mark
2. ยิ่งน้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก ต่อหน่วยชิ้นงานมากหรือตัวอักษรที่ทำการ Mark มาก ก็จะทำให้เกิดระดับคราบสกปรกที่ระดับร้ายแรงกว่า น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออกต่อหน่วยชิ้นงาน น้อย
3. หากทราบ น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก ต่อหน่วยชิ้นงาน หรือทราบตัวอักษรที่จะทำการ Mark ก็ทำให้ทราบความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างระดับคราบสกปรกกับ จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark โดยสามารถพิจารณาได้จากรูปกราฟ 5.16

ส่วนจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น นำความสัมพันธ์มาวาดกราฟแสดงดังรูปที่ 5.14 พบว่า ยิ่งปริมาณ Compound ที่ถูกกัดเซาะมากปริมาณของเสียที่พบ ก็มากขึ้น

ตารางที่ 5.13 ผลความสัมพันธ์ระหว่างระดับคราบสกปรกกับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark

ตำแหน่งunitที่	1437 ug		1112 ug		811 ug		ตำแหน่งunitที่	1437 ug		1112 ug		811 ug	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
49	2	1	2	2	2	1	1549	2	2	4	4	4	4
50	2	1	2	1	2	2	1550	3	4	3	4	4	3
99	3	2	2	2	2	1	1599	3	2	2	4	3	3
100	3	2	2	1	2	1	1600	3	4	2	2	4	4
149	3	2	3	2	3	2	1649	4	3	3	3	3	3
150	3	3	3	2	4	1	1650	3	4	2	4	2	2
199	3	1	2	2	3	2	1699	2	3	4	3	3	2
200	4	2	3	3	3	3	1700	2	3	4	3	2	3
249	3	4	4	2	4	1	1749	4	4	2	3	3	4
250	4	2	3	2	4	2	1750	4	4	2	2	3	4
299	2	2	3	2	1	2	1799	4	4	4	4	4	3
300	3	3	2	3	2	2	1800	3	4	3	2	4	3
349	3	1	2	3	3	3	1849	4	3	2	2	4	4
350	3	2	3	3	2	2	1850	2	4	3	3	4	4
399	3	2	1	2	1	2	1899	4	4	4	4	3	3
400	3	4	2	3	1	3	1900	4	3	3	4	3	3
449	3	3	2	2	3	4	1949	4	2	4	3	4	3
450	3	2	3	3	2	2	1950	4	3	3	4	2	2
499	3	2	2	4	2	3	1999	3	4	4	3	3	3
500	4	2	2	2	2	2	2000	3	4	4	4	4	3
549	3	2	2	3	3	2	2049	4	4	4	3	4	4
550	3	2	2	1	3	2	2050	2	3	4	3	3	2
599	2	1	2	1	2	3	2099	4	4	4	4	3	3
600	4	3	3	3	2	3	2100	4	3	4	4	3	3
649	3	3	4	1	2	2	2149	2	4	4	4	2	4
650	3	3	4	3	1	2	2150	2	3	4	4	4	4
699	2	3	2	2	3	2	2199	4	3	3	4	4	5
700	3	3	3	3	2	3	2200	3	3	4	4	4	4
749	4	2	3	3	2	3	2249	2	2	2	3	4	3
750	3	2	3	2	1	2	2250	2	4	4	3	4	3
799	3	3	3	3	2	1	2299	4	4	4	3	3	4
800	3	2	3	3	1	2	2300	4	4	3	4	1	2
849	2	3	3	2	2	2	2349	4	4	4	4	3	2
850	1	2	4	3	4	3	2350	6	4	3	4	3	4
899	3	2	2	3	3	3	2399	4	3	3	3	3	2
900	2	4	1	2	3	2	2400	4	4	3	3	3	3
949	4	4	3	4	4	4	2449	4	4	6	4	2	3
950	4	4	2	1	2	3	2450	4	4	4	4	2	3
999	2	2	3	2	2	2	2499	4	4	4	3	4	6
1000	3	2	4	2	1	2	2500	4	4	3	4	4	4
1049	4	4	2	3	4	3	2549	3	4	3	3	5	4
1050	3	4	2	3	4	4	2550	4	4	3	4	3	4
1099	4	4	3	3	2	1	2599	4	6	3	4	4	4
1100	4	4	3	3	2	2	2600	4	4	6	4	3	4
1149	4	3	2	3	3	3	2649	4	4	3	4	2	3
1150	3	4	3	4	3	4	2650	4	3	2	4	3	3
1199	4	4	3	2	2	3	2699	4	4	5	4	4	4
1200	4	3	4	4	1	3	2700	4	4	2	3	3	3
1249	4	4	4	3	3	2	2749	6	4	4	6	4	4
1250	4	4	3	4	2	2	2750	4	6	6	3	4	3
1299	3	4	2	4	2	4	2799	4	4	4	4	3	4
1300	4	4	3	3	3	3	2800	4	4	4	4	4	3
1349	3	3	3	2	3	4	2849	4	4	5	3	3	4
1350	2	3	4	4	2	3	2850	4	4	6	6	5	3
1399	3	4	2	3	4	4	2899	4	6	4	4	4	4
1400	4	4	1	2	4	4	2900	4	5	4	4	4	5
1449	4	4	2	3	4	3	2949	4	6	4	5	3	4
1450	3	4	2	4	4	4	2950	6	4	4	4	4	4
1499	3	4	4	3	4	4	2999	4	6	6	4	4	6
1500	2	1	3	4	3	4	3000	6	4	4	4	5	4

ตารางที่ 5.14 ผลความสัมพัทธ์ระหว่างระดับความสกปรกกับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark โดยหาค่าเฉลี่ย

ตำแหน่ง Unit ที่	น้ำหนักของ Compound ที่ถูกทดสอบ / 1 unit ( µg )						น้ำหนักของ Compound ที่ถูกทดสอบ / 1 unit ( µg )											
	1437			1112			1437			1112								
	ปริมาณฝุ่นที่ตกค้าง	Average ระดับความสกปรบ	STDEV	ปริมาณฝุ่นที่ตกค้าง	Average ระดับความสกปรบ	STDEV	ปริมาณฝุ่นที่ตกค้าง	Average ระดับความสกปรบ	STDEV	ปริมาณฝุ่นที่ตกค้าง	Average ระดับความสกปรบ	STDEV						
50	0.072	1.50	0.577	0.056	1.75	0.50	0.041	1.75	0.50	2.227	2.75	0.957	1.724	3.75	0.50	1.257	3.75	0.50
100	0.144	2.50	0.577	0.111	1.75	0.50	0.081	1.50	0.58	2.299	3.00	0.816	1.779	2.5	1.00	1.298	3.50	0.58
150	0.216	2.75	0.500	0.167	2.5	0.58	0.122	2.50	1.29	2.371	3.50	0.577	1.835	3	0.82	1.338	2.50	0.58
200	0.287	2.50	1.291	0.222	2.5	0.58	0.162	2.75	0.50	2.442	2.50	0.577	1.890	3.5	0.58	1.379	2.50	0.58
250	0.359	3.25	0.957	0.278	2.75	0.96	0.203	2.75	1.50	2.514	4.00	0.000	1.946	2.25	0.50	1.419	3.50	0.58
300	0.431	2.50	0.577	0.334	2.5	0.58	0.243	1.75	0.50	2.586	3.75	0.500	2.002	3.25	0.96	1.460	3.50	0.58
350	0.503	2.25	0.957	0.389	2.75	0.50	0.284	2.50	0.58	2.658	3.25	0.957	2.057	2.5	0.58	1.501	4.00	0.00
400	0.575	3.00	0.816	0.445	2	0.82	0.324	1.75	0.96	2.730	3.75	0.500	2.113	3.75	0.50	1.541	3.00	0.00
450	0.647	2.75	0.500	0.500	2.5	0.58	0.365	2.75	0.96	2.802	3.25	0.957	2.168	3.5	0.58	1.582	2.75	0.96
500	0.718	2.75	0.957	0.556	2.5	1.00	0.406	2.25	0.50	2.873	3.50	0.577	2.224	3.75	0.50	1.622	3.25	0.50
550	0.790	2.50	0.577	0.612	2	0.82	0.446	2.50	0.58	2.945	3.25	0.957	2.280	3.5	0.58	1.663	3.25	0.96
600	0.862	2.50	1.291	0.667	2.25	0.96	0.487	2.50	0.58	3.017	3.75	0.500	2.335	4	0.00	1.703	3.00	0.00
650	0.934	3.00	0.000	0.723	3	1.41	0.527	1.75	0.50	3.089	2.75	0.957	2.391	4	0.00	1.744	3.50	1.00
700	1.006	2.75	0.500	0.778	2.5	0.58	0.568	2.50	0.58	3.161	3.25	0.500	2.446	3.75	0.50	1.784	4.25	0.50
750	1.078	2.75	0.957	0.834	2.75	0.50	0.608	2.00	0.82	3.233	2.50	1.000	2.502	3	0.82	1.825	3.50	0.58
800	1.149	2.75	0.500	0.890	3	0.00	0.649	1.50	0.58	3.304	4.00	0.000	2.558	3.5	0.58	1.866	2.50	1.29
850	1.221	2.00	0.816	0.945	3	0.82	0.689	2.75	0.96	3.376	4.50	1.000	2.613	3.75	0.50	1.906	3.00	0.82
900	1.293	2.75	0.957	1.001	2	0.82	0.730	2.75	0.50	3.448	3.75	0.500	2.669	3	0.00	1.947	2.75	0.50
950	1.365	4.00	0.000	1.056	2.5	1.29	0.771	3.25	0.96	3.520	4.00	0.000	2.724	4.5	1.00	1.987	2.50	0.58
1000	1.437	2.25	0.500	1.112	2.75	0.96	0.811	1.75	0.50	3.592	4.00	0.000	2.780	3.5	0.58	2.028	4.50	1.00
1050	1.509	3.75	0.500	1.168	2.5	0.58	0.852	3.75	0.50	3.664	3.75	0.500	2.836	3.25	0.50	2.068	4.00	0.82
1100	1.580	4.00	0.000	1.223	3	0.00	0.892	1.75	0.50	3.735	4.50	1.000	2.891	4.25	1.26	2.109	3.75	0.50
1150	1.652	3.50	0.577	1.279	3	0.82	0.933	3.25	0.50	3.807	3.75	0.500	2.947	3.25	0.96	2.149	2.75	0.50
1200	1.724	3.75	0.500	1.334	3.25	0.96	0.973	2.25	0.96	3.879	4.00	0.000	3.002	3.5	1.29	2.190	3.50	0.58
1250	1.796	4.00	0.000	1.390	3.5	0.58	1.014	2.25	0.50	3.951	5.00	1.155	3.058	4.75	1.50	2.231	3.75	0.50
1300	1.868	3.75	0.500	1.446	3	0.82	1.054	3.00	0.82	4.023	4.00	0.000	3.114	4	0.00	2.271	3.50	0.58
1350	1.940	2.75	0.500	1.501	3.25	0.96	1.095	3.00	0.82	4.095	4.00	0.000	3.169	5	1.41	2.312	3.75	0.96
1400	2.011	3.75	0.500	1.557	2	0.82	1.136	4.00	0.00	4.166	4.75	0.957	3.225	4	0.00	2.352	4.25	0.50
1450	2.083	3.75	0.500	1.612	2.75	0.96	1.176	3.75	0.50	4.238	5.00	1.155	3.280	4.25	0.50	2.393	3.75	0.50
1500	2.155	2.50	1.291	1.668	3.5	0.58	1.217	3.75	0.50	4.310	5.00	1.155	3.336	4.5	1.00	2.433	4.75	0.96

ตารางที่ 5.15 ผลความสัมพันธ์ระหว่างระดับคราบสกปรกกับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark โดยสรุป

ตำแหน่ง Unit ที่ ผ่านการMark (X)	น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit ( $\mu\text{g}$ )								
	1437 (Y1)			1112(Y2)			811(Y3)		
	ปริมาณฝุ่นที่ ตกค้าง (X1)	Average ระดับคราบ	STDEV	ปริมาณฝุ่นที่ ตกค้าง(X2)	Average ระดับคราบ	STDEV	ปริมาณฝุ่นที่ ตกค้าง(X3)	Average ระดับคราบ	STDEV
250	0.359	2.50	0.637	0.278	2.25	0.47	0.203	2.25	0.59
500	0.718	2.65	0.285	0.556	2.45	0.27	0.406	2.20	0.45
750	1.078	2.70	0.209	0.834	2.5	0.40	0.608	2.25	0.35
1000	1.437	2.75	0.771	1.112	2.65	0.42	0.811	2.40	0.74
1250	1.796	3.80	0.209	1.390	3.05	0.37	1.014	2.65	0.82
1500	2.155	3.30	0.622	1.668	2.9	0.58	1.217	3.50	0.61
1750	2.514	3.15	0.602	1.946	3	0.64	1.419	3.15	0.60
2000	2.873	3.50	0.250	2.224	3.35	0.52	1.622	3.30	0.48
2250	3.233	3.10	0.487	2.502	3.65	0.42	1.825	3.50	0.47
2500	3.592	4.05	0.274	2.780	3.65	0.68	2.028	3.05	0.84
2750	3.951	4.20	0.542	3.058	3.8	0.67	2.231	3.55	0.48
3000	4.310	4.55	0.512	3.336	4.35	0.42	2.433	4.00	0.59
ค่าเฉลี่ย	3.35			3.13			2.98		
STDEV	0.67			0.64			0.62		

ตารางที่ 5.16 การวิเคราะห์หาค่าถดถอย น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit = 1437  $\mu\text{g}$

The regression equation คือ $Y1 = 2.29 + 0.0007 X$					
Predictor	Coef	StDev	T	P	
Constant	2.29	0.2130	10.75	0.000	
X	0.0007	0.0001158	5.69	0.000	
S = 0.3461      R-Sq = 76.4%      R-Sq(adj) = 74.1% $R^2 = 0.764$ R = 0.874					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	3.8808	3.8808	32.40	0.000
Residual Error	10	1.1979	0.1198		
Total	11	5.0787			



ตารางที่ 5.17 การวิเคราะห์ถดถอย น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit = 1112  $\mu\text{g}$

The regression equation คือ $Y_2 = 2.0129 + 0.0007 X$					
Predictor	Coef	StDev	T	P	
Constant	2.0129	0.09078	22.17	0.000	
X	0.0007	0.00004934	13.98	0.000	
S = 0.1475      R-Sq = 95.1%    R-Sq(adj) = 94.6% $R^2 = 0.9513$ R = 0.975					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	4.249	4.2491	195.31	0.000
Residual Error	10	0.2176	0.0218		
Total	11	4.4667			

ตารางที่ 5.18 การวิเคราะห์ถดถอย น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit = 811  $\mu\text{g}$

The regression equation คือ $Y_3 = 1.9811 + 0.0006 X$					
Predictor	Coef	StDev	T	P	
Constant	1.9811	0.1699	11.66	0.000	
X	0.0006	0.00009231	6.68	0.000	
S = 0.2760      R-Sq = 81.7%    R-Sq(adj) = 79.9% $R^2 = 0.817$ R = 0.904					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	3.4000	3.4000	44.64	0.000
Residual Error	10	0.7616	0.0762		
Total	11	4.1617			

ตารางที่ 5.19 แสดงค่า% ของเสียก่อนการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ A (1437 µg / 1unit)

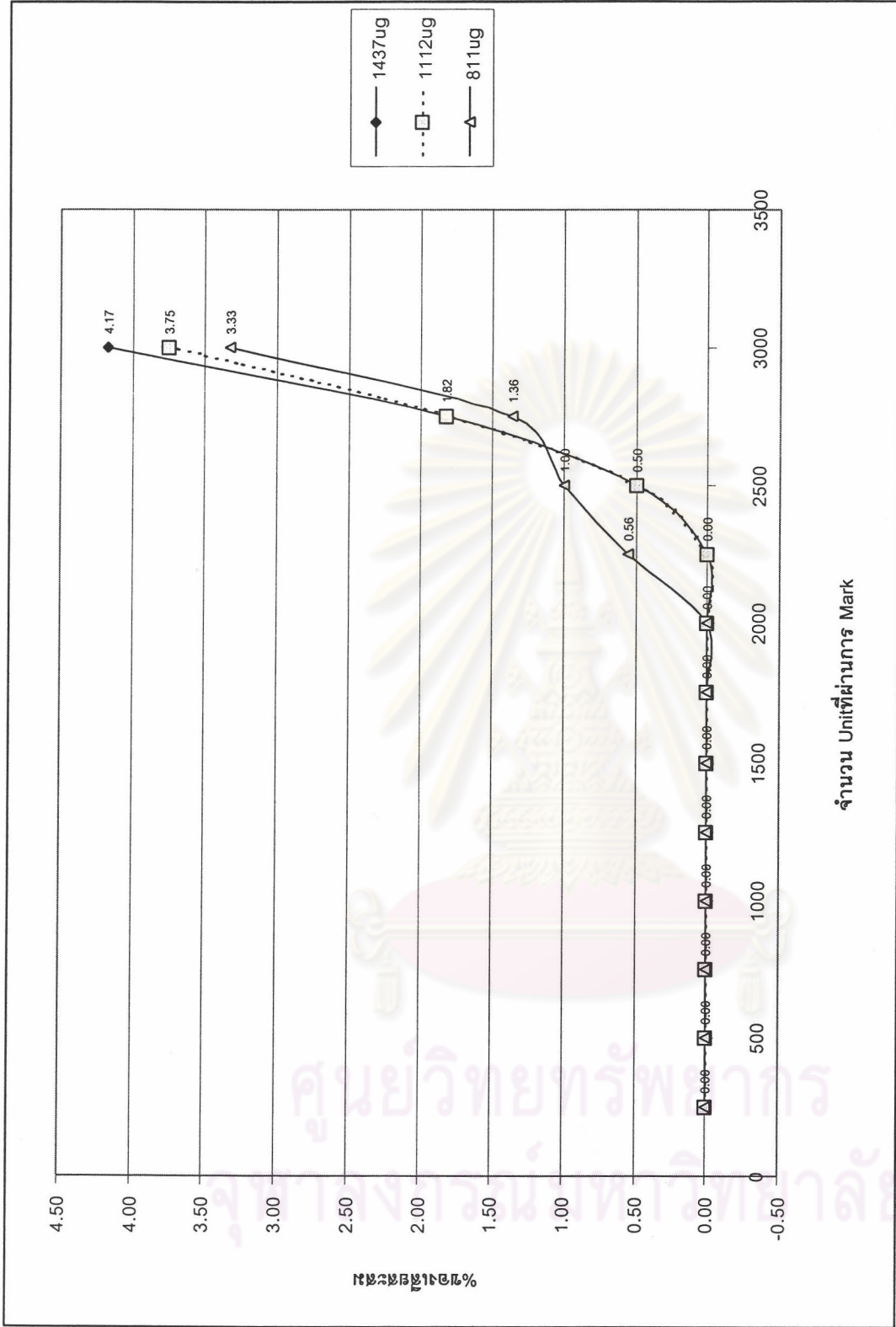
ช่วงตำแหน่ง ที่ unit ผ่าน การ Mark	จำนวนตัว อย่างที่สุด	จำนวนตัว อย่างที่สุด	จำนวนตัว อย่างที่สุด สะสม (1)	ทดลองครั้งที่ 1			ทดลองครั้งที่ 2			ค่าเฉลี่ยทั้งหมด(6) (6)=[(3)+(5)]/ 2	STDV
				จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของ เสียสะสม (2)	%ของเสีย(3) (3)=(2)*100/ (1)	จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของเสีย สะสม(4)	%ของเสีย(5) (5)=(4)*100/(1)		
1 - 250	10	10	10	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
251 - 500	10	10	20	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
501 - 750	10	10	30	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
751 - 1000	10	10	40	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
1001 -1250	10	10	50	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
1251 -1500	10	10	60	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
1501 -1750	10	10	70	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
1751 -2000	10	10	80	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
2001 -2250	10	10	90	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
2251 -2500	10	10	100	1	1	1.00	0	0.00	0.00	0.50	0.71
2501 -2750	10	10	110	1	2	1.82	2	1.82	1.82	1.82	0
2751 -3000	10	10	120	2	4	3.33	4	3.33	5.00	4.17	1.17
SUM	120	120		4		3.33	6	3.33	5.00	4.17	

ตารางที่ 5.20 แสดงค่า% ของเสียก่อนการปรับรูปแบบผลิตภัณฑ์ B (1121 µg / 1unit)

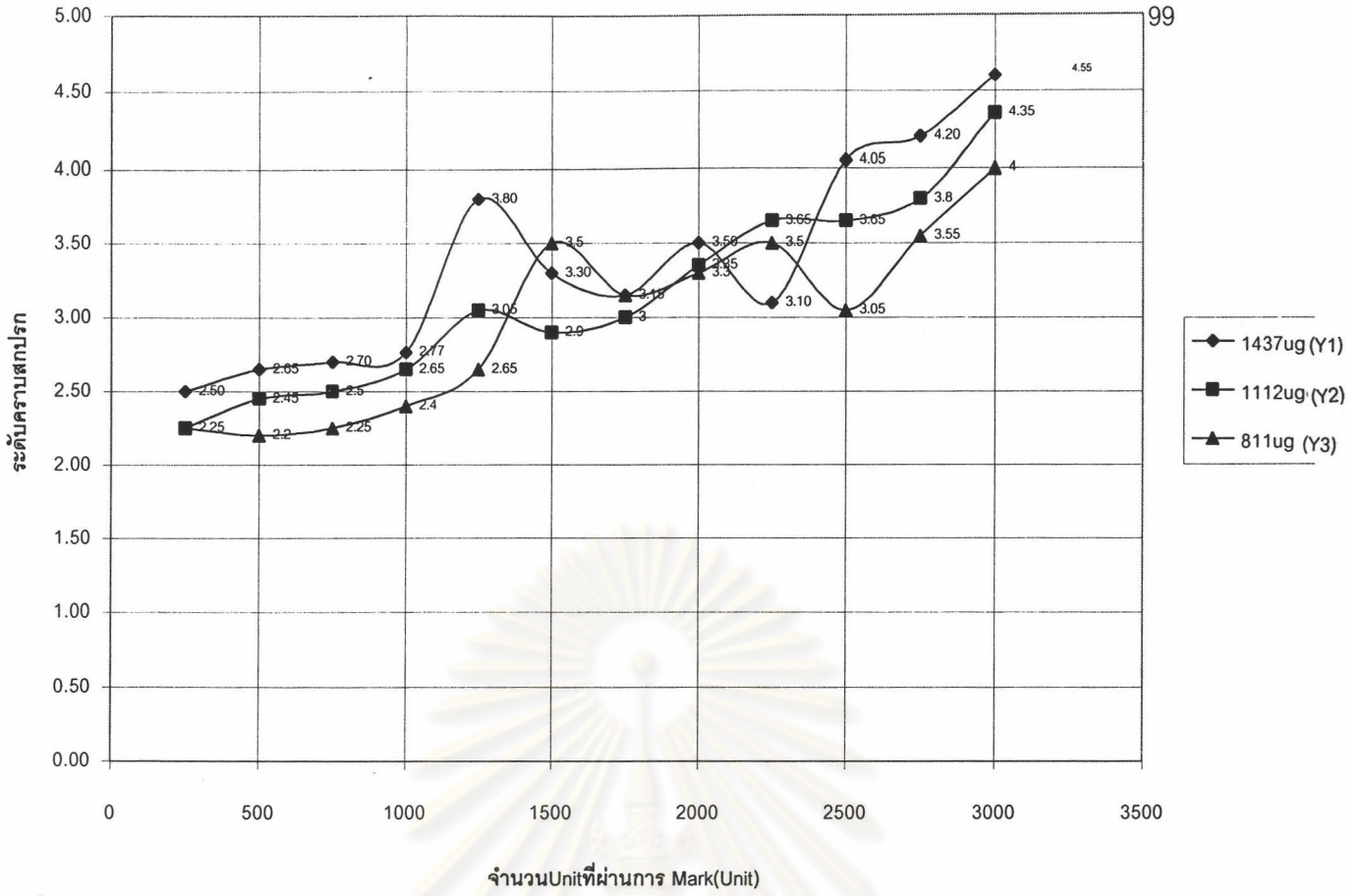
ช่วงตำแหน่ง ที่ unit ผ่าน การ Mark	จำนวนตัว อย่างที่สุด	จำนวนตัว อย่างที่สุด สะสม (1)	ทดลองครั้งที่ 1			ทดลองครั้งที่ 2			ค่าเฉลี่ยทั้งหมด(6) (6)=[(3)+(5)]/ 2	STDV
			จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของ เสียสะสม (2)	%ของเสีย(3) (3)=(2)*100/ (1)	จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของเสีย สะสม(4)	%ของเสีย(5) (5)=(4)*100/(1)		
1 - 250	10	10	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
251 - 500	10	20	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
501 - 750	10	30	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
751 - 1000	10	40	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1001 - 1250	10	50	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1251 - 1500	10	60	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1501 - 1750	10	70	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1751 - 2000	10	80	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
2001 - 2250	10	90	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
2251 - 2500	10	100	1	1.00	1.00	0	0.00	0.00	0.50	0.71
2501 - 2750	10	110	2	3.00	2.73	1	1.00	0.91	1.82	1.29
2751 - 3000	10	120	3	6.00	5.00	2	3.00	2.50	3.75	1.77
SUM	120		6		5.00	3		2.50	3.75	

ตารางที่ 5.21 แสดงค่า% ของเสียก่อนการปรับรูปแบบผลิตภัณฑ์ C (811 µg / 1unit)

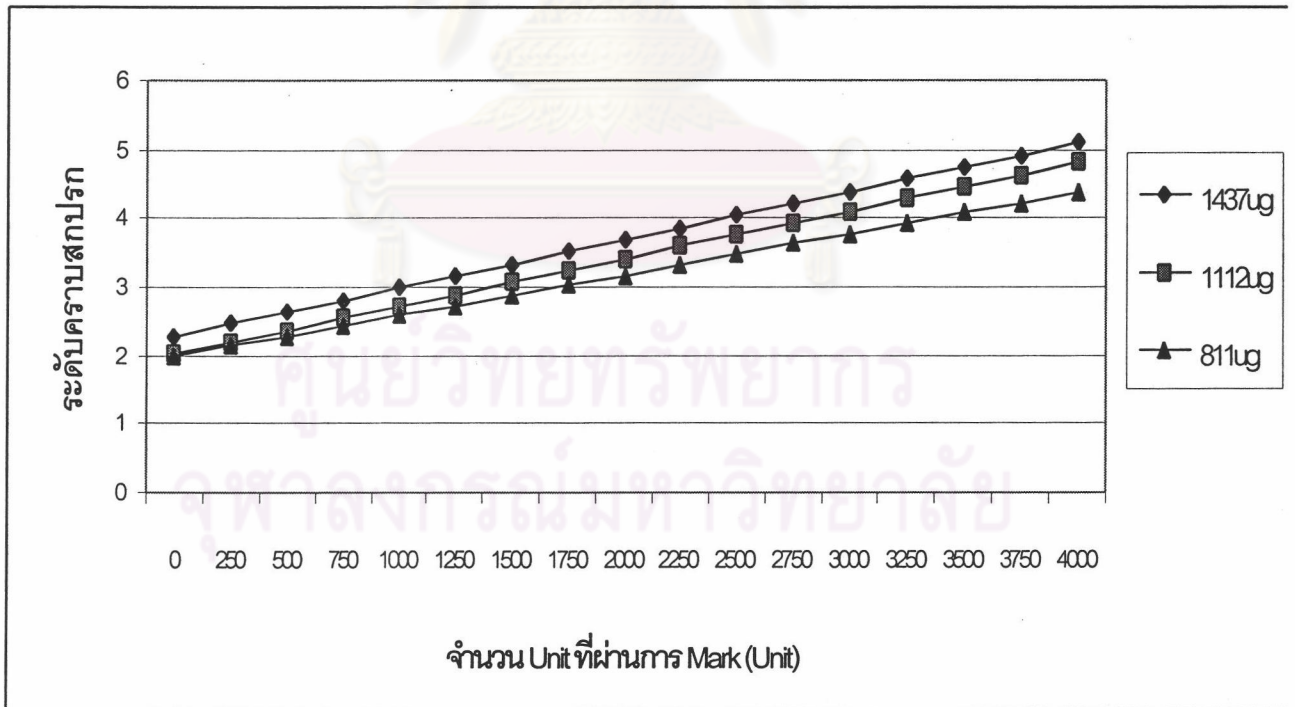
ช่วงตำแหน่ง ที่ unit ผ่าน การ Mark	จำนวนตัว อย่างที่สุด	จำนวนตัว อย่างที่สุด	จำนวนตัว อย่างที่สุด สะสม (1)	ทดลองครั้งที่ 1			ทดลองครั้งที่ 2			ค่าเฉลี่ยทั้งหมด(6) (6)=[(3)+(5)]/ 2	STDV
				จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของ เสียสะสม (2)	%ของเสีย(3) (3)=(2)*100/ (1)	จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของเสีย สะสม(4)	%ของเสีย(5) (5)=(4)*100/(1)		
1 - 250	10	10	10	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
251 - 500	10	10	20	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
501 - 750	10	10	30	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
751 - 1000	10	10	40	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1001 -1250	10	10	50	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1251 -1500	10	10	60	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1501 -1750	10	10	70	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1751 -2000	10	10	80	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
2001 -2250	10	10	90	0	0.00	0.00	1	1.00	1.00	1.11	0.56
2251 -2500	10	10	100	0	0.00	0.00	1	2.00	2.00	2.00	1.41
2501 -2750	10	10	110	1	1.00	0.91	0	2.00	2.00	1.82	1.36
2751 -3000	10	10	120	2	3.00	2.50	3	5.00	5.00	4.17	3.33
SUM	120	120		3		2.50	5		4.17		3.33



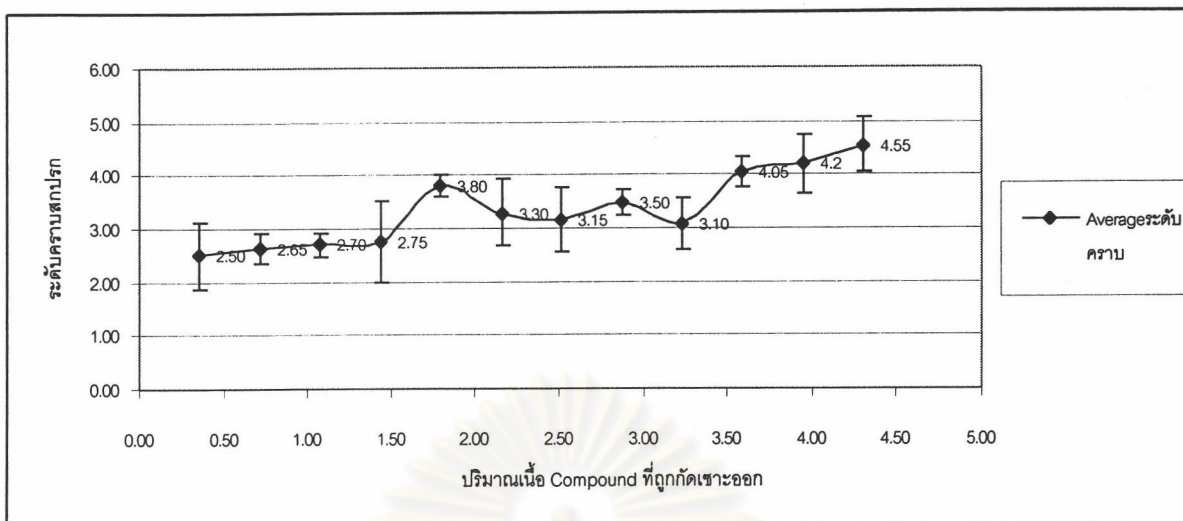
รูปที่ 5.14 แสดง % ของการสูญเสียของก่อนการปรับปรุง



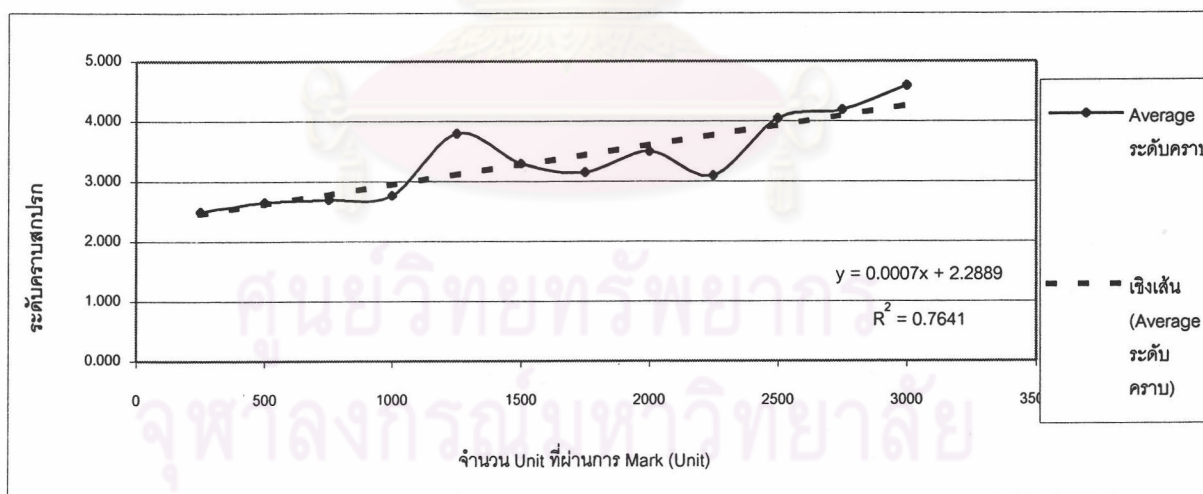
รูปที่ 5.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสับสนที่เกิดขึ้น กับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark



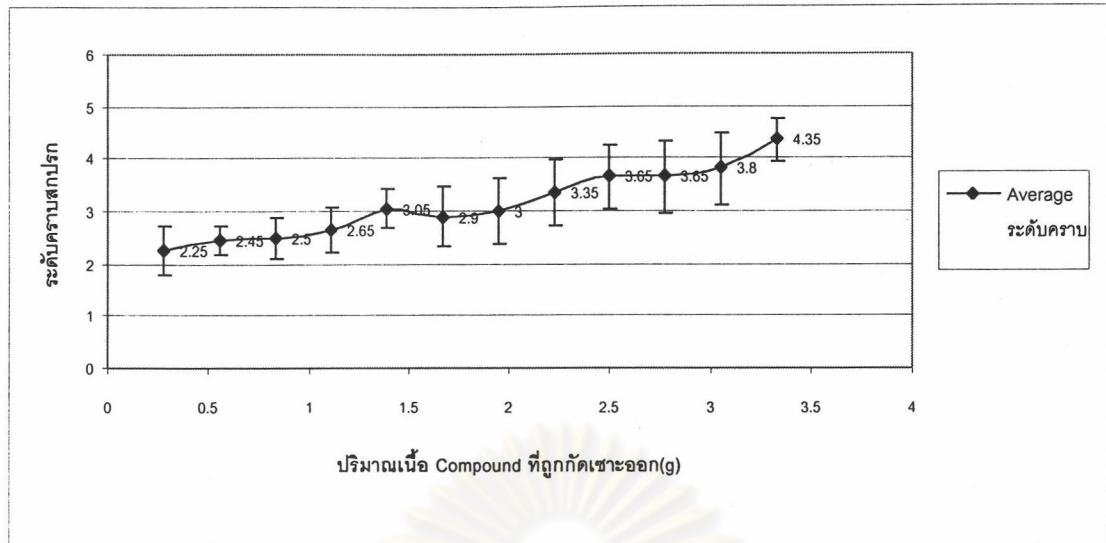
รูปที่ 5.16 กราฟความสัมพันธ์จากสมการ



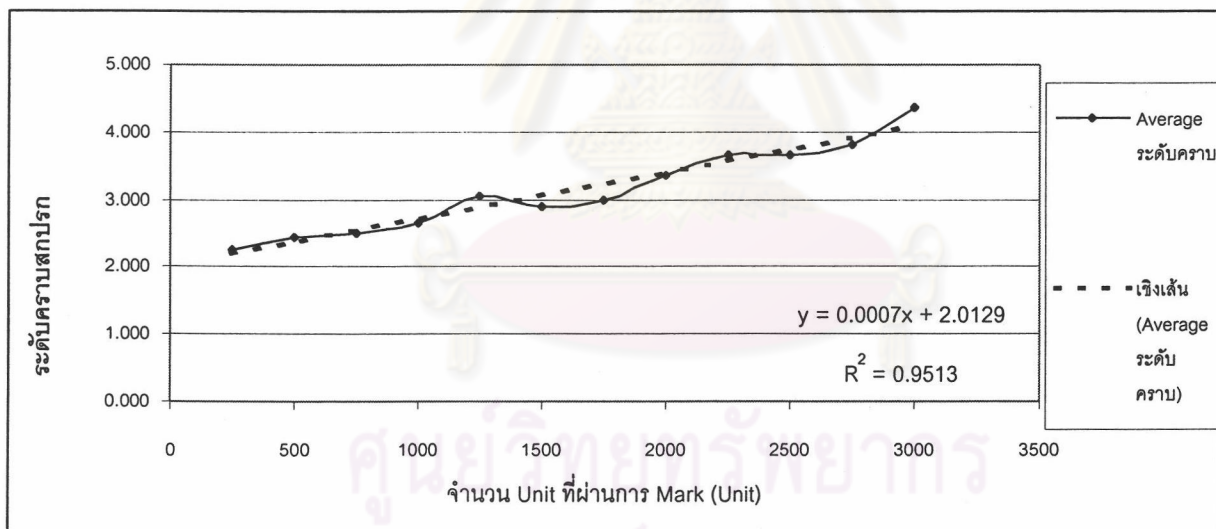
รูปที่ 5.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดเซาะออก / 1 unit = 1437  $\mu\text{g}$



รูปที่ 5.18 สมการกรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดเซาะออก / 1 unit = 1437  $\mu\text{g}$

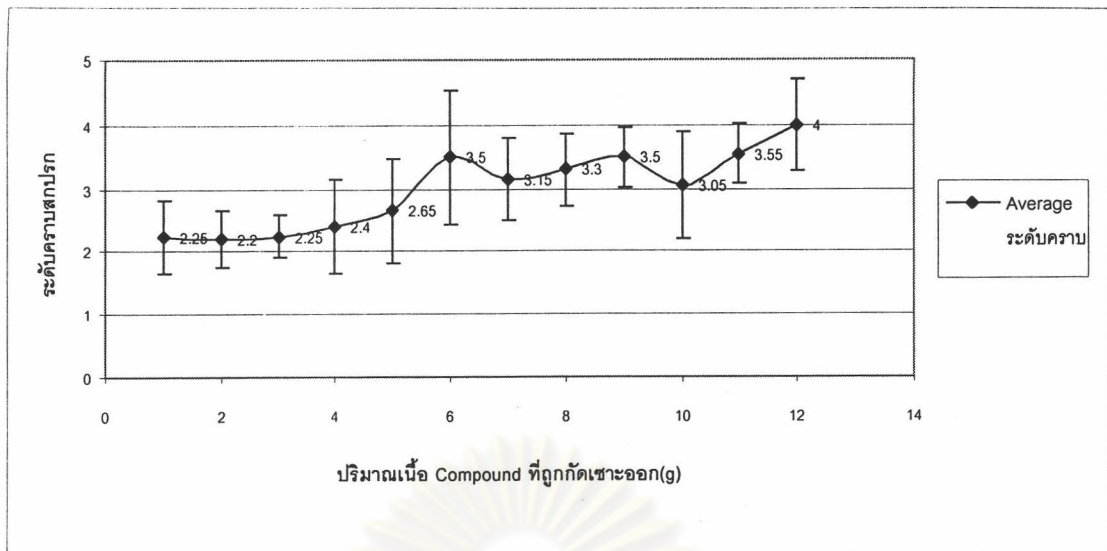


รูปที่ 5.19 กราฟความสัมพันธ์ในกรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดดอก / 1 unit = 1112  $\mu\text{g}$

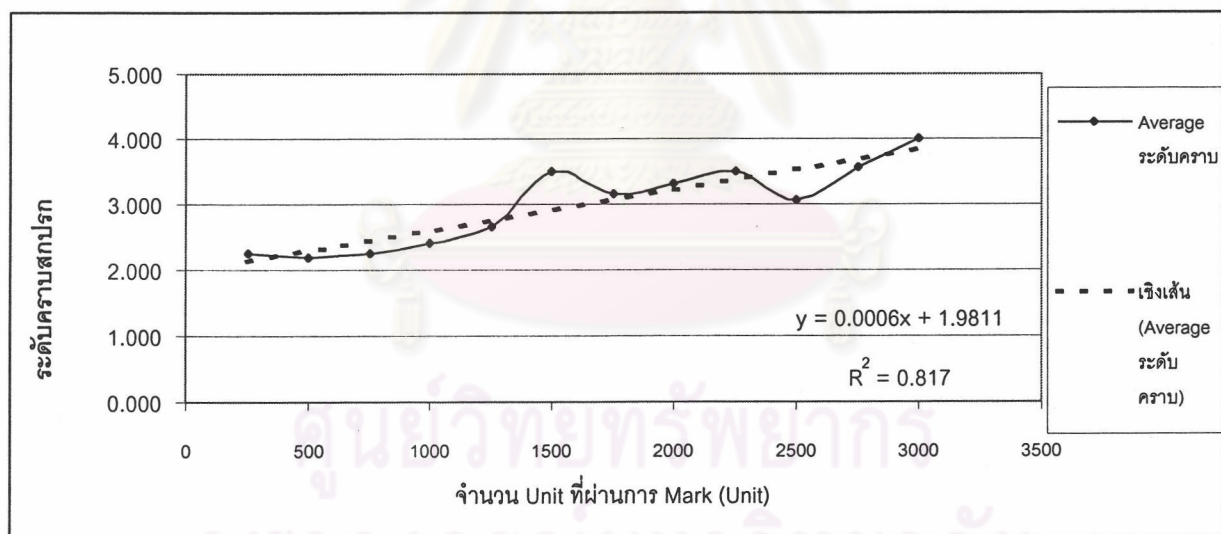


รูปที่ 5.20 สมการในกรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดดอก / 1 unit = 1112  $\mu\text{g}$





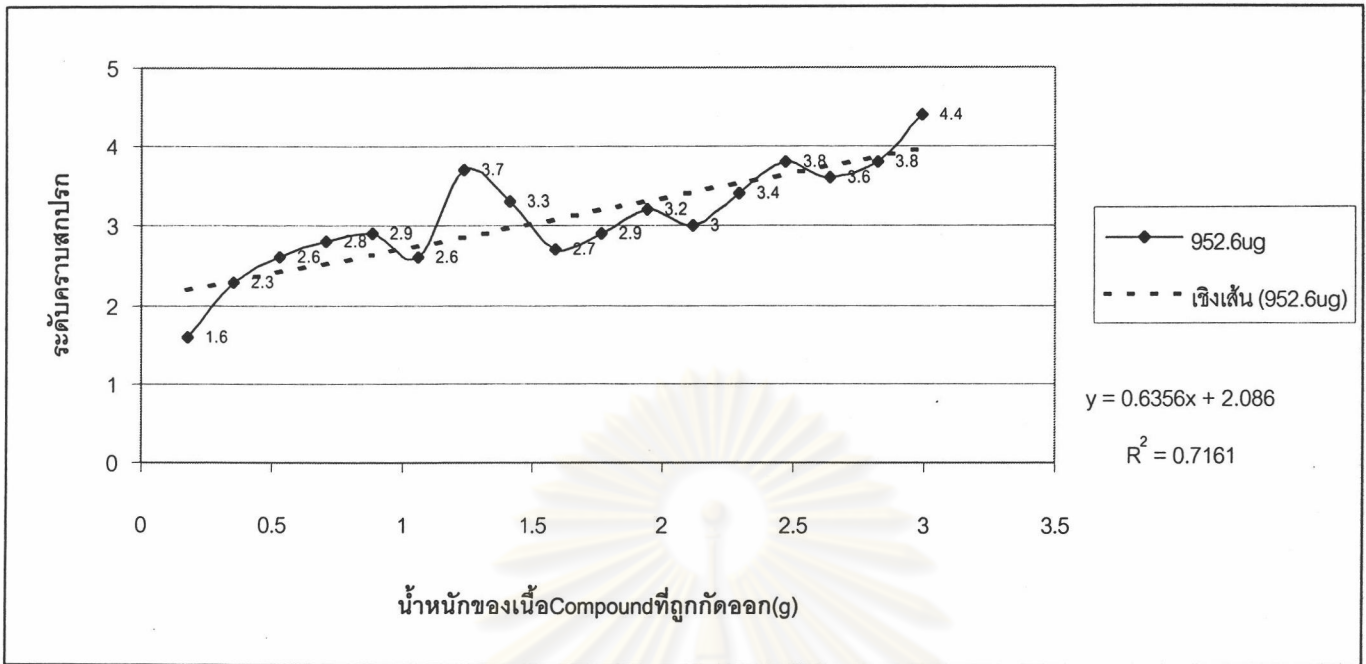
รูปที่ 5.21 กราฟความสัมพันธ์กรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดลอก / 1 unit = 811  $\mu\text{g}$



รูปที่ 5.22 สมการในกรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดลอก / 1 unit = 811  $\mu\text{g}$

ตารางที่ 5.22 ผลการตรวจสอบสมการ

ตำแหน่ง Unit ที่ ผ่านการMark (X)	น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit = 952.6 $\mu$ g		
	น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก	Averageระดับคราบ	STDEV
185	0.176	1.6	0.55
370	0.352	2.3	0.67
555	0.529	2.6	0.65
740	0.705	2.8	0.76
925	0.881	2.9	0.96
1110	1.057	2.6	0.65
1295	1.234	3.7	0.91
1480	1.410	3.3	0.76
1665	1.586	2.7	0.67
1850	1.762	2.9	0.74
2035	1.939	3.2	0.45
2220	2.115	3	0.61
2405	2.291	3.4	1.08
2590	2.467	3.8	0.57
2775	2.643	3.6	0.42
2960	2.820	3.8	0.84
3145	2.996	4.4	1.08



รูปที่ 5.23 ผลจากการตรวจสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.4 ผลการแก้ไขปัญหา

### 5.4.1 ผลการคัดเลือกแนวทางการลดคราบสกปรก

จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่สำคัญของการเกิดคราบสกปรกคือ ผงฝุ่น กระบวนการเกิดคราบสกปรกเกิดมาจากการที่ขา IC บริเวณ J-bent มีการสัมผัสกับรางที่มีผงฝุ่น การเกิดคราบสกปรกมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปริมาณผงฝุ่นที่สัมผัสกับขา และความสามารถในการฝังตัวของผงฝุ่น ฉะนั้น วิธีการที่จะลดคราบสกปรกจะพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องซึ่งมีหลายแนวทางที่น่าจะลดคราบสกปรกได้ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำการทดลองได้ในทุกๆวิธีการ เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านต่างๆ เช่น ความเป็นได้ในการทดลอง ความเป็นได้ในการปฏิบัติ เวลา ค่าใช้จ่าย เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกแนวทางในการลดคราบสกปรกคือ

1. การปรับปรุงกระบวนการทำความสะอาดเครื่อง Laser Marking โดยการปรับจำนวนและวิธีการทำความสะอาดที่เหมาะสม เพราะว่า การทำความสะอาดบริเวณ Mark site ก็คือการกำจัดผงฝุ่น ซึ่งปัจจุบันมีกระบวนการที่ทำความสะอาดคือ การใช้ลมเป่าทำความสะอาด ด้วยหัวฉีดลม ก่อนที่จะทำการ Mark งาน Lot ใหม่ โดย Operator ซึ่งหากทำความสะอาดบ่อย และเพิ่มวิธีทำความสะอาดที่มากขึ้น ก็จะทำให้ปริมาณฝุ่นน้อยลง
2. ปรับปรุงรูปแบบของเครื่อง Laser Mark โดยการออกแบบที่ปิดรางเพื่อป้องกันหรือลดปริมาณฝุ่นที่ตกลงในราง เพราะว่า ผงฝุ่นมาจากการ Mark ตกสะสมในบริเวณรางที่ IC วิ่งผ่าน หากเรานำที่ปิดรางไปครอบเพื่อกันผงฝุ่นตกลงไปในราง ก็จะทำให้ฝุ่นตกลงไปในรางน้อยลง

เหตุผลที่เลือกวิธีการทั้งสองเป็นวิธีการที่จะทำการปรับปรุง เพราะวิธีการทั้งสอง เป็นวิธีการที่สามารถปรับปรุงได้เลย เห็นผลได้ชัด เสียเวลาและค่าใช้จ่ายน้อยสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

ในส่วนของแนวทางอื่นๆที่ไม่ได้ทำการเลือก ได้มีแนวทางที่จะทำให้ลดคราบสกปรกและสรุปเหตุผลที่ไม่ได้ทำการเลือก ดังนี้

1. การปรับลมเป่า-ดูด ให้เหมาะสม

ในบริเวณ Mark site จะมีลมเป่าและลมดูดเพื่อทำการเป่าฝุ่นที่เกิดขึ้นและดูดฝุ่นเข้าไปถ้ายิ่งเป่าและดูดมากขึ้น ฝุ่นก็จะถูกดูดมากขึ้น เมื่อฝุ่นน้อยลง คราบสกปรกก็ลดลง

เหตุผลที่ไม่ทำการเลือก คือ ในระบบลมเป่า-ดูด ลมที่ใช้จะมาจากท่อลมรวม กำหนดโดยเครื่องกำเนิดลมตัวใหญ่ ซึ่งหากมีการปรับให้แรงขึ้น ก็จะส่งผลกระทบต่อระบบเครื่องอื่นๆ และ จะมีการสั่นของเครื่องเนื่องจากลมแรง ทำให้มีผลต่อการ Mark

## 2. ปรับพารามิเตอร์ของการ Mark

จำนวนฝุ่นที่ได้จากการถูกกัดเซาะของ Laser ที่ออกมา ขึ้นอยู่กับ ความกว้าง ยาว และ ลึก ของตัวอักษร หากมีการปรับให้น้อยลง ก็จะทำให้จำนวนผงฝุ่นน้อยลง

เหตุผลที่ไม่ทำการเลือก คือ การปรับพารามิเตอร์ จะขึ้นอยู่กับ Specifications ของเครื่อง และ การปรับความกว้าง ยาว และ ลึก ให้น้อยลง จะมีผลต่อ คุณภาพของตัวอักษรที่ Mark

## 3. ปรับแรงที่เกิดจากการ Clamping

Clamping คือการที่ตัวยึด ทำการยึด Unit ไม่ให้เลื่อนขณะ Mark งาน ซึ่งขณะยึด ก็จะมีแรงกดที่เกิดจากพื้นรางที่มีฝุ่นของเครื่องกับขาบริเวณ j-bent ของ Unit ซึ่งทำให้ฝุ่นฝังตัวมาก และลึก หากลดแรงในการ Clamping ก็จะทำให้การฝังตัวลดลง

เหตุผลที่ไม่ทำการเลือก คือ ส่วนของ Clamping จะควบคุมด้วยระบบนิวเมติก ก็ขึ้นอยู่กับลมที่ควบคุม ในการลดแรงลม หรือเพิ่มความหน่วงให้กับระบบ เป็นการยากแก่การควบคุม และอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของ PLC ทำให้เครื่องทำงานผิดพลาด ซึ่งต้องมีการศึกษาอีกมากในการปรับปรุงระบบ

## 4. ปรับแรงที่เกิดจากการ Rubbing

การที่ Unit วิ่งไปตามราง ก็ทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างขา J-bent กับรางที่มีฝุ่น ซึ่งแรงเสียดทานนี้เกิดจากน้ำหนักของ unit หากลดน้ำหนักของ unit ลง ก็จะทำให้ แรงที่เกิดขึ้นน้อยลง และการฝังตัวของผงฝุ่นก็ลดลง

เหตุผลที่ไม่ทำการเลือก คือ น้ำหนัก Unit และองค์ประกอบ Unit มีการควบคุมตาม Specifications ซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องศึกษาอย่างมากในการลด ขนาด, น้ำหนัก หรือหาวัสดุมาทดแทน นอกจากนี้วัสดุใหม่ที่จะนำมาใช้ อาจส่งผลกระทบต่อ การดูซึมความชื้นของ Unit ซึ่งมีผลต่อ reliability ได้

## 5. เพิ่มความแข็งของสารประกอบในขา IC

ขา IC บริเวณ J-bent ประกอบด้วย Pb -Sn ซึ่งมีความแข็งต่ำเมื่อเทียบกับผงฝุ่นที่ประกอบด้วย Si ทำให้ฝุ่นฝังตัวลงไปได้ง่าย หาก Pb-Sn มีความแข็งเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้ การฝังตัวฝุ่นน้อยลง

เหตุผลที่ไม่ทำการเลือก คือ คุณสมบัติและสัดส่วนของ Pb-Sn ได้มีการขึ้นเป็นมาตรฐานจากการทดลองในอดีต นอกจากนี้ถ้ามีการเปลี่ยนคุณสมบัติของ Pb-Sn แล้วอาจส่งผลต่อการใช้งานของลูกค้ำ

#### 6. ปรับสารประกอบใน Compound เพื่อให้เกิดฝุ่นน้อยลง

เมื่อยัง Laser ลงบน Compound ก็จะทำให้เกิดฝุ่นขึ้น ซึ่งใน Compound จะประกอบด้วย Si มากซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของฝุ่น ดังนั้นหากลดส่วนประกอบที่เป็น Si ใน ฝุ่นลง ก็จะทำให้ฝุ่นที่ออกมาน้อยลงได้

เหตุผลที่ไม่ทำการเลือก คือ ในการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบ ของ Compound เป็นเรื่องที่ยาก เพราะมีการกำหนดแน่นอนจากการทดลองที่เกี่ยวกับการดูดซึมความชื้นของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งถ้ามีการเปลี่ยนแปลงใหม่มีผลทำให้ Unit ดูดซึมความชื้นได้รวดเร็วจะส่งผลให้เกิดความเสียหายเมื่อลูกค้ำใช้งาน

#### 5.4.2 ผลการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน

แนวทางหนึ่งที่จะลดจำนวนฝุ่นที่ตกค้างในกระบวนการได้ โดยการปรับปรุงวิธีปฏิบัติงาน ก็คือการทำความสะดวกเครื่องบริเวณ Mark site ทางโรงงานตัวอย่างได้มีกระบวนการทำความสะอาด คือ ใช้หัวฉีดเป่าลม เป่าฝุ่นในเครื่องก่อนที่จะทำการ Mark งาน Lot ใหม่ทุกครั้ง และในตัวเครื่องก็มีกระบวนการทำความสะอาดคือ ภายใน Mark site จะมีลมเป่าจาก Nozzle เป่าฝุ่นทุกๆ 500 Units และลมดูดจาก Exhaust ดูดตลอดเวลา เพื่อทำการกำจัดฝุ่นที่เกิดจากการ Mark แต่กระบวนการนี้ยังไม่เพียงพอ เพราะยังคงมีฝุ่นที่ตกค้างอยู่ใน Mark site อยู่ และทำให้เกิดคราบสกปรก

ดังนั้น จึงต้องมีการเพิ่มกระบวนการและจำนวนครั้งที่ทำความสะอาด การเพิ่มจำนวนครั้งของการทำความสะอาดก็คือ การเพิ่มจำนวนครั้ง ของการเป่าฝุ่น ด้วยหัวฉีดเป่าลม เพราะว่าง่ายต่อการทำความสะอาด ใช้เวลาไม่มาก และเนื่องจากแต่เดิมทางโรงงานตัวอย่างก็ได้มีกระบวนการทำความสะอาด คือ ใช้หัวฉีดเป่าลม เป่าก่อนทำการเริ่ม Mark งานอยู่แล้ว จึงจะสะดวกในการที่จะทำการปรับปรุง

อีกกระบวนการที่เพิ่มเข้าไปคือใช้สารละลาย Isopropyl Alcohol (IPH) เช็ดตามราง เพราะทางโรงงานตัวอย่างมี IPH เพื่อไว้เช็ดทำความสะอาดเครื่องอยู่แล้ว และ ถ้าเป็นกระบวนการเช็ด ก็จะทำให้กำจัดฝุ่นตามรางได้ดีมากยิ่งขึ้น

การเพิ่มกระบวนการและจำนวนครั้งที่ทำความสะอาด ก็จะทำให้เพิ่มเวลาในการทำงานมากขึ้น จึงต้องทำการหาว่า หากมีการเพิ่มกระบวนการทำความสะอาด จะทำให้เสียเวลาไปเท่าไร และทำให้ระดับคราบสกปรกลดลงไปเท่าไร

#### 5.4.2.1 วิธีการปรับปรุงวิธีปฏิบัติงาน

กระบวนการทำความสะอาดเดิมมีดังนี้

กระบวนการปรับปรุง

- มีการดูฝุ่นตลอดเวลา และ เป่าทุกๆ 500 Units
- มีการใช้หัวฉีดเป่าฝุ่นก่อนเริ่ม Mark งาน 1 ครั้ง

จากการพิจารณากระบวนการ Laser Marking ได้ทำการออกแบบกระบวนการทำความสะอาดเพิ่มจากกระบวนการเดิม โดยกำหนดจำนวนครั้งและความถี่ของการใช้หัวฉีดเป่าฝุ่นและเช็ดทำความสะอาดด้วย IPH ดังนี้

กระบวนการหลังปรับปรุง

การใช้หัวฉีดลมเป่าฝุ่น

ทำการเริ่มให้หัวฉีดเป่าฝุ่นตั้งแต่ตำแหน่ง Units ที่ผ่านการ Mark 1,000 Units ขึ้นไป เพราะพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคราบสกปรกที่เกิดขึ้น กับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark ของสมการที่หาได้ ในช่วงที่จะเริ่มเกิดงานที่มีระดับคราบ 3 ขึ้นไป อยู่ในช่วงตั้งแต่ ตำแหน่ง Unit ที่ผ่านการ Mark 1,000 Units ขึ้นไป และการที่ไม่เริ่มฉีดตั้งแต่แรก ก็เพื่อเป็นการลดเวลาและขั้นตอนการทำงานลงไป

ฉะนั้นจึงให้มีการใช้หัวฉีดเป่าลมหลังจากตำแหน่ง Units ที่ผ่านการ Mark 1,000 Units และแบบที่ 1 กำหนดความถี่ในการเป่าทุก 500 Units หรือแบบที่ 2 ทุกๆ 1000 Units ซึ่งตำแหน่ง Unit ที่ทำการ Mark เป็นดังตารางที่ 5.23 และ 5.24 ซึ่งแสดงตัวอย่างกระบวนการปรับปรุงการทำความสะอาดที่ Lot site = 3,000 Units

### การเช็คทำความสะอาดด้วย IPH

ในการเช็คทำความสะอาดด้วย IPH จะทำความสะอาดได้เมื่อ บริเวณรางไม่มี Unit ค้าง อยู่ซึ่ง ในกระบวนการ Laser Marking หากเริ่มมีการ Mark แล้วมีการหยุดการทำงาน จะมี Unit ค้างอยู่ในราง ซึ่งจะทำให้ทำความสะอาดไม่ได้ หากต้องการไม่ให้มีงานค้างอยู่ในรางจะต้องมีการ ออกแบบระบบ Sensor ตรวจจับและกั้นตัว Unit ไม่ให้ไหลลงอยู่ในรางบริเวณ Mark Site ซึ่งเป็น การยากในการศึกษา ทดลอง และใช้เวลาในการทดลอง มาก ฉะนั้น ในออกแบบกระบวนการทำ ความสะอาดเบื้องต้น จะให้มีการเช็คทำความสะอาดด้วย IPH ก่อนที่จะเริ่มการ Mark งาน 1 ครั้ง

#### 5.4.2.2 ผลของการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน

ผลการทดลองของระดับคราบสกปรกในกระบวนการทำความสะอาดหลังจากปรับปรุง แบบที่ 1 และ แบบที่ 2 แสดงดังตารางที่ 5.25 และ 5.26 และรูปที่ 5.24 และ 5.25 ส่วนจำนวนของ เสียแสดงดังตาราง 5.27 และ 5.28 และรูปที่ 5.27

การทดลองปรับปรุงกระบวนการแบบที่ 1 เป่าลมทุกๆ 500 Units ได้ค่าเฉลี่ยของระดับ คราบสกปรกทั้งหมดเมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units = 2.51 Standard Deviation = 0.69 และพบจำนวนของเสีย คือ C ซึ่งแทนด้วยค่าน้ำหนัก 5 และ 6 จำนวน 7 unit ต่อจำนวนที่สุ่ม ตรวจทั้งหมด 240 unit = 2.92 % Standard Deviation = 0.59

การทดลองปรับปรุงกระบวนการแบบที่ 2 เป่าลมทุกๆ 1,000 Units ได้ค่าเฉลี่ยของระดับ คราบสกปรกทั้งหมดเมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units = 2.76 Standard Deviation = 0.72 และพบจำนวนของเสีย คือ C ซึ่งแทนด้วยค่าน้ำหนัก 5 และ 6 จำนวน 8 unit ต่อจำนวนที่สุ่ม ตรวจทั้งหมด 240 unit = 3.33 % Standard Deviation = 1.18

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 5.23 กระบวนการปรับปรุงแบบที่ 1 เป้าทุกๆ 500Units

ตำแหน่ง Unit ที่ผ่านการ Mark	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
วิธีการ													
ลมเป้าจากเครื่อง	/		/		/		/		/		/		/
เป้าทำความสะอาดด้วยหัวฉีดกรณี ทุกๆ 500Units	/					/		/		/		/	
เช็ดทำความสะอาดด้วยสำลีชุบ IPH	/												

ตารางที่ 5.24 กระบวนการทำความสะอาดแบบที่ 2 เป้าทุกๆ 1,000 Units

ตำแหน่ง Unit ที่ผ่านการ Mark	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
วิธีการ													
ลมเป้าจากเครื่อง	/		/		/		/		/		/		/
เป้าทำความสะอาดด้วยหัวฉีด กรณี ทุกๆ 1000Units	/					/				/			
เช็ดทำความสะอาดด้วยสำลีชุบ IPH	/												

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.25 ผลของระดับความสปรกหลังจากปรับปรุงแบบที่ 1

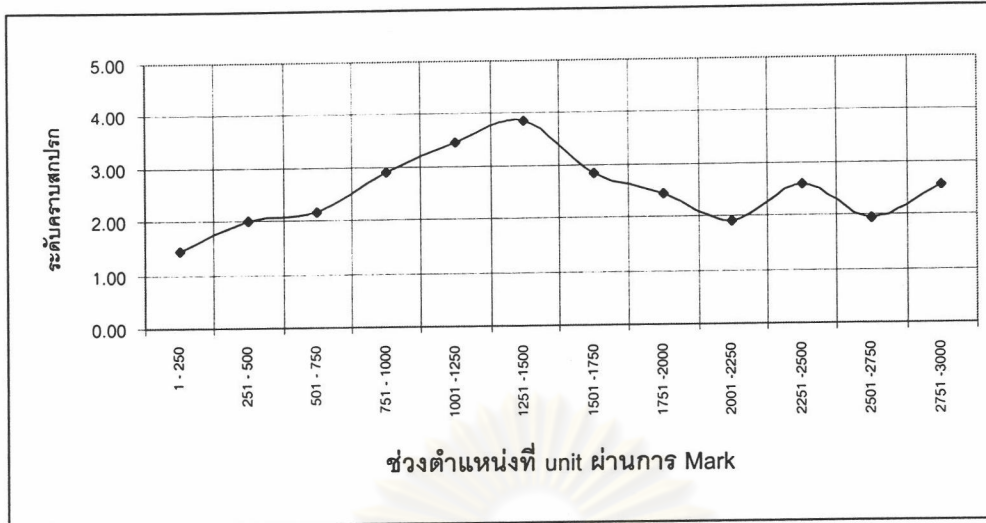
ช่วงตำแหน่งที่ unit ผ่านการ Mark	ทด ลองซ้ำ ครั้งที่	ระดับความสปรกของ Unit ที่ทำการสุ่ม 10 Units										ค่า เฉลี่ย	STDEV	ค่า เฉลี่ย	STDEV	ค่า เฉลี่ย	STDEV
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1 - 250	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1.40	0.52	1.45	0.07	2.51	0.69
	2	1	2	1	1	1	1	2	2	3	1	1.50	0.71				
251 - 500	1	2	3	1	1	2	3	1	3	2	1	1.90	0.88	2.00	0.14		
	2	1	3	3	2	1	1	2	2	3	3	2.10	0.88				
501 - 750	1	2	2	2	3	4	1	3	1	2	3	2.30	0.95	2.15	0.21		
	2	2	2	1	2	3	4	1	2	1	2	2.00	0.94				
751 - 1000	1	3	2	4	2	1	2	3	3	4	2	2.60	0.97	2.90	0.42		
	2	2	3	3	4	4	4	2	2	4	4	3.20	0.92				
1001 -1250	1	4	2	3	3	4	4	4	4	3	4	3.50	0.71	3.45	0.07		
	2	4	2	3	4	4	4	4	3	2	4	3.40	1.17				
1251 -1500	1	6	5	3	2	6	3	4	3	2	3	3.70	1.49	3.85	0.21		
	2	6	6	4	4	4	4	3	3	4	3	4.00	1.49				
1501 -1750	1	2	4	4	4	4	3	4	3	2	1	3.10	1.10	2.85	0.35		
	2	3	3	2	2	4	4	2	2	2	2	2.60	0.84				
1751 -2000	1	2	2	4	2	2	3	4	3	2	2	2.60	0.84	2.45	0.21		
	2	1	2	2	3	1	3	3	3	2	3	2.30	0.82				
2001 -2250	1	1	3	1	2	2	2	2	3	2	1	1.90	0.74	1.90	0.00		
	2	2	2	2	1	1	1	2	3	4	1	1.90	0.99				
2251 -2500	1	2	1	1	3	2	4	2	1	5	4	2.50	1.43	2.60	0.14		
	2	1	2	2	4	1	5	3	4	3	2	2.70	1.49				
2501 -2750	1	2	2	2	1	1	2	1	4	3	2	2.00	0.94	1.95	0.07		
	2	1	2	4	1	1	2	3	1	2	2	1.90	0.99				
2751 -3000	1	1	2	4	2	2	3	3	3	2	2	2.40	1.17	2.55	0.21		
	2	1	2	3	3	3	4	1	2	4	4	2.70	1.16				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

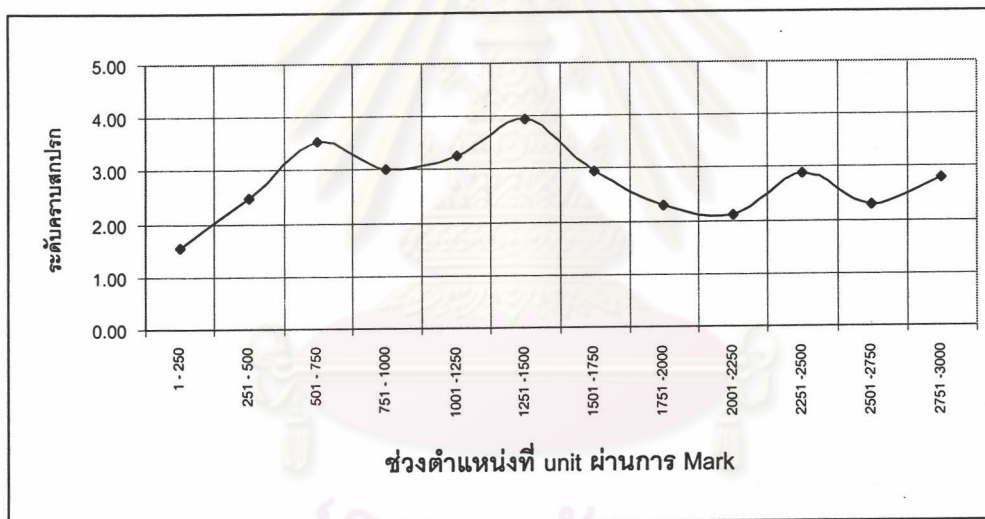
ตารางที่ 5.26 ผลของระดับความสปรกปรกหลังจากปรับปรุงแบบที่ 2

ช่วงตำแหน่งที่ unit ผ่านการ Mark	ทด ลองซ้ำ ครั้งที่	ระดับความสปรกปรกของ Unit ที่ทำการสุ่ม 10 Units										ค่า เฉลี่ย	STDEV	ค่า เฉลี่ย	STDEV	ค่า เฉลี่ย	STDEV
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1 - 250	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1.20	0.42	1.55	0.49	2.76	0.72
	2	2	3	1	3	1	1	2	2	3	1	1.90	0.88				
251 - 500	1	1	3	1	1	2	3	1	3	3	1	1.90	0.99	2.50	0.85		
	2	2	2	3	3	4	4	4	4	1	4	3.10	1.10				
501 - 750	1	3	4	4	3	6	3	4	3	3	3	3.60	1.17	3.55	0.07		
	2	4	4	4	3	4	4	4	4	2	3	3.50	1.65				
751 - 1000	1	4	2	4	3	3	4	4	3	4	2	3.40	1.17	3.00	0.57		
	2	4	3	1	3	4	2	3	3	2	1	2.60	1.07				
1001 - 1250	1	4	2	4	2	2	4	2	2	4	4	3.00	1.41	3.25	0.35		
	2	4	3	3	2	4	5	4	3	3	4	3.50	1.08				
1251 - 1500	1	6	4	4	2	4	4	4	3	4	3	3.80	1.48	3.95	0.21		
	2	6	5	4	4	5	2	4	3	3	4	4.10	1.52				
1501 - 1750	1	3	4	4	5	4	3	4	2	2	1	3.20	1.40	2.95	0.35		
	2	3	2	4	2	2	3	4	3	2	2	2.70	0.82				
1751 - 2000	1	2	3	1	2	2	3	2	1	2	1	1.90	0.74	2.30	0.57		
	2	3	2	4	4	1	3	3	2	2	3	2.70	0.95				
2001 - 2250	1	1	3	1	2	2	2	2	3	3	1	2.00	0.82	2.10	0.14		
	2	2	2	2	1	2	4	3	3	2	1	2.20	1.23				
2251 - 2500	1	2	1	4	4	2	2	3	2	4	4	2.80	1.40	2.90	0.14		
	2	1	4	2	5	4	4	2	4	2	2	3.00	1.76				
2501 - 2750	1	2	2	1	2	2	3	4	3	4	4	2.70	1.25	2.30	0.57		
	2	1	1	2	1	1	2	2	2	4	3	1.90	1.52				
2751 - 3000	1	1	3	4	3	4	3	3	3	2	1	2.70	1.25	2.80	0.14		
	2	1	2	3	4	3	4	1	3	4	4	2.90	1.20				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.24 กราฟความสัมพันธ์จากการปรับปรุงแบบที่ 1 เป้าทุกๆ 500 Units



รูปที่ 5.25 กราฟความสัมพันธ์จากการปรับปรุงแบบที่ 2 เป้าทุกๆ 1,000 Units

ตารางที่ 5.27 แสดงค่า% ของเสียหลังการปรับปรุงวิธีปฏิบัติทั้งหมดทุกๆ500 unit

ช่วงตำแหน่ง ที่ unit ผ่าน การ Mark	จำนวนตัว อย่างที่สุด	จำนวนตัว อย่างที่สุด สะสม (1)	ทดลองครั้งที่ 1			ทดลองครั้งที่ 2			ค่าเฉลี่ยทั้งหมด(6) (6)=(3)+(5)/ 2	STDV
			จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของ เสียสะสม (2)	%ของเสีย(3) (3)=(2)*100/ (1)	จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของเสีย สะสม(4)	%ของเสีย(5) (5)=(4)*100/(1)		
1 - 250	10	10	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
251 - 500	10	20	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
501 - 750	10	30	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
751 - 1000	10	40	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1001 - 1250	10	50	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1251 - 1500	10	60	3	3.00	5.00	2	2.00	3.33	4.17	1.18
1501 - 1750	10	70	0	3.00	4.29	0	2.00	2.86	3.57	1.01
1751 - 2000	10	80	0	3.00	3.75	0	2.00	2.50	3.13	0.88
2001 - 2250	10	90	1	4.00	4.44	1	3.00	3.33	3.89	0.79
2251 - 2500	10	100	0	4.00	4.00	0	3.00	3.00	3.50	0.71
2501 - 2750	10	110	0	4.00	3.64	0	3.00	2.73	3.18	0.64
2751 - 3000	10	120	0	4.00	3.33	0	3.00	2.50	2.92	0.59
SUM	120		4		3.33	3		2.50	2.92	

ตารางที่ 5.28 แสดงค่า% ของเสียหลังการปรับปรุงวิธีปฏิบัติทั้งหมดทุกๆ1000 unit

ช่วงตำแหน่ง ที่ unit ผ่าน การ Mark	จำนวนตัว อย่างที่สุด	จำนวนตัว อย่างที่สุด	จำนวนตัว อย่างที่สุด สะสม (1)	ทดลองครั้งที่ 1			ทดลองครั้งที่ 2			ค่าเฉลี่ยทั้งหมด(6) (6)=[(3)+(5)]/ 2	STDV
				จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของ เสียสะสม (2)	%ของเสีย(3) (3)=(2)*100/ (1)	จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของเสีย สะสม(4)	%ของเสีย(5) (5)=(4)*100/(1)		
1 - 250	10	10	10	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
251 - 500	10	10	20	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
501 - 750	10	10	30	1	1.00	3.33	0	0.00	0.00	1.67	2.36
751 - 1000	10	10	40	0	1.00	2.50	0	0.00	0.00	1.25	1.77
1001 - 1250	10	10	50	0	1.00	2.00	1	1.00	2.00	2.00	0.00
1251 - 1500	10	10	60	1	2.00	3.33	3	4.00	6.67	5.00	2.36
1501 - 1750	10	10	70	1	3.00	4.29	0	4.00	5.71	5.00	1.01
1751 - 2000	10	10	80	0	3.00	3.75	0	4.00	5.00	4.38	0.88
2001 - 2250	10	10	90	0	3.00	3.33	0	4.00	4.44	3.89	0.79
2251 - 2500	10	10	100	0	3.00	3.00	1	5.00	5.00	4.00	1.41
2501 - 2750	10	10	110	0	3.00	2.73	0	5.00	4.55	3.64	1.29
2751 - 3000	10	10	120	0	3.00	2.50	0	5.00	4.17	3.33	1.18
SUM	120	120		3		2.50	5		4.17	3.33	

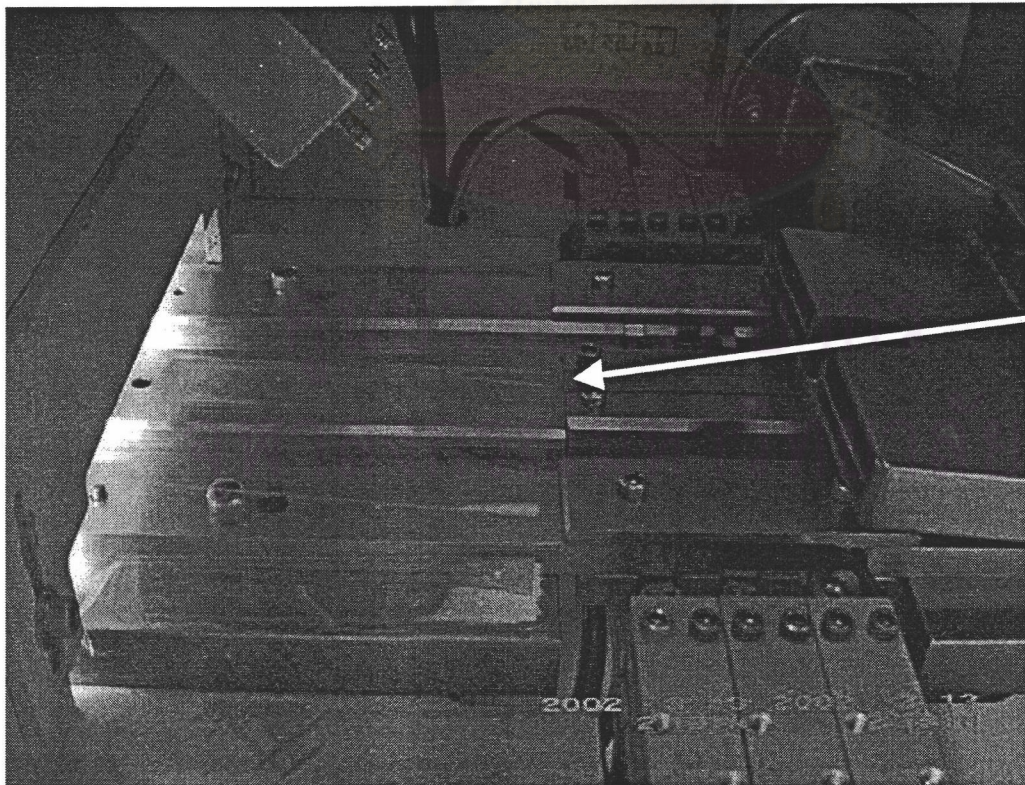
### 5.4.3 ผลการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark

#### 5.4.3.1 อุปกรณ์ที่ออกแบบ

อุปกรณ์ที่ออกแบบเป็นลักษณะที่ครอบบริเวณราง เพื่อป้องกันฝุ่นที่ตกลงไปในราง โดยคำนึงถึงความเหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น ความสะดวกในการใช้ ความเหมาะสมในการติดตั้ง เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 5.30

#### 5.4.3.2 ผลการปรับปรุงโดยการออกแบบอุปกรณ์

ผลการวัดระดับความสกปรก หลังจากใส่ที่ครอบปิดราง แสดงดังตารางที่ 5.29  
ค่าเฉลี่ยของระดับความสกปรก ทั้งหมดเมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units  
= 2.02 Standard Deviation = 0.2 และพบจำนวนของเสีย คือ C ซึ่งแทนด้วยค่าน้ำหนัก  
5 และ 6 จำนวน 3 unit ต่อจำนวนที่สุ่มตรวจทั้งหมด 240 unit = 1.25 % Standard Deviation  
= 0.59 ดังตารางที่ 5.30 และรูปที่ 5.27



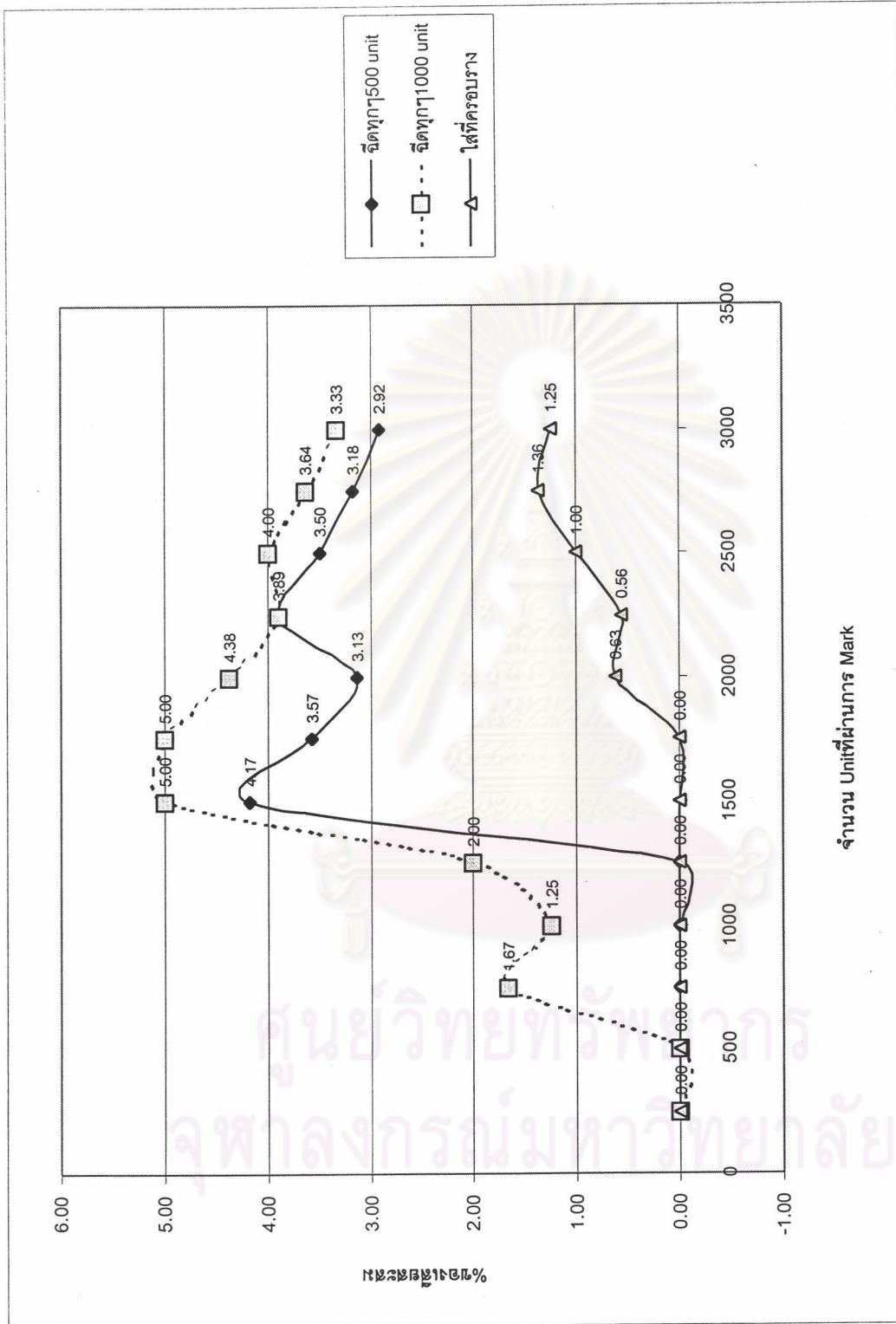
ที่ครอบราง  
เพื่อกันฝุ่น  
ที่ทำการ  
ออกแบบ  
ขึ้น

รูปที่ 5.26 การทดลองการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark

ตารางที่ 5.30 แสดงค่า% ของเสียหายหลังใส่ที่ครอบบราว

ช่วงตำแหน่ง ที่ unit ผ่าน การ Mark	จำนวนตัว อย่างที่สุด	จำนวนตัว อย่างที่สุด	ทดลองครั้งที่ 1			ทดลองครั้งที่ 2			ค่าเฉลี่ยทั้งหมด(6) (6)=[(3)+(5)]/ 2	STDV
			จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของ เสียสะสม (2)	%ของเสีย(3) (3)=(2)*100/ (1)	จำนวน ของเสียที่ พบ	จำนวนของเสีย สะสม(4)	%ของเสีย(5) (5)=(4)*100/(1)		
1 - 250	10	10	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
251 - 500	10	20	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
501 - 750	10	30	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
751 - 1000	10	40	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1001 - 1250	10	50	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1251 - 1500	10	60	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1501 - 1750	10	70	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1751 - 2000	10	80	0	0.00	0.00	1	1.00	1.25	0.63	0.88
2001 - 2250	10	90	0	0.00	0.00	0	1.00	1.11	0.56	0.79
2251 - 2500	10	100	0	0.00	0.00	1	2.00	2.00	1.00	1.41
2501 - 2750	10	110	1	1.00	0.91	0	2.00	1.82	1.36	0.64
2751 - 3000	10	120	0	1.00	0.83	0	2.00	1.67	1.25	0.59
SUM	120		1		0.83	2		1.67	1.25	

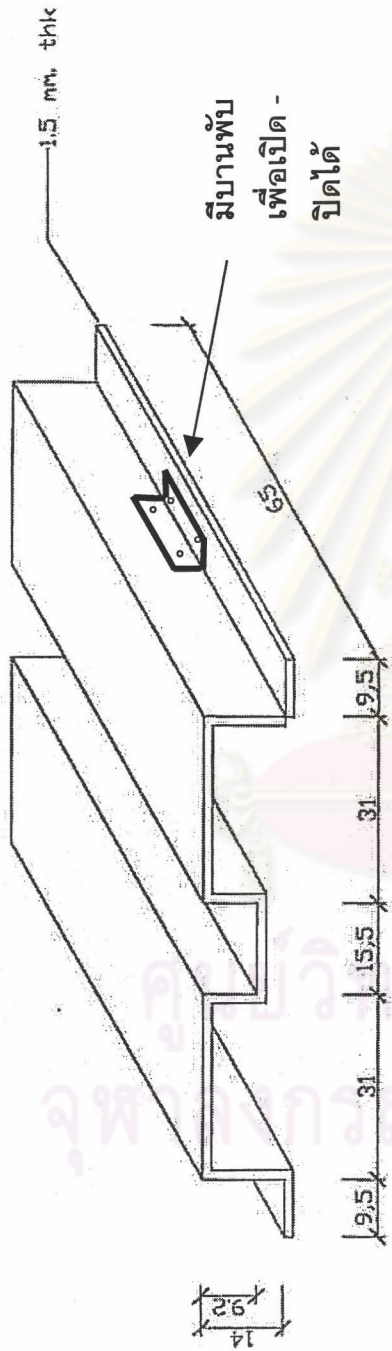




รูปที่ 5.27 เปรียบเทียบ%ของเสียสะสมหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 5.29 ผลการทดลองระดับคราบ IC หลังการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark

ช่วงตำแหน่งที่ unit ผ่านการ Mark	ทด ลองซ้ำ ครั้งที่	ระดับคราบสกปรกของ Unit ที่ทำการสุ่ม 10 Units										ค่า เฉลี่ย	STDEV	ค่า เฉลี่ย	STDEV	ค่า เฉลี่ย	STDEV
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1 – 250	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1.1	0.32	1.25	0.21	2.02	0.2
	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1.4	0.52				
251 – 500	1	1	3	1	1	2	1	2	1	2	1	1.5	0.71	1.75	0.35		
	2	2	3	1	3	1	1	2	2	3	2	2	0.82				
501 – 750	1	2	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1.5	0.53	1.6	0.14		
	2	1	2	1	1	3	2	2	2	1	2	1.7	0.67				
751 – 1000	1	3	1	1	3	2	1	3	2	1	2	1.9	0.88	1.95	0.07		
	2	2	3	2	3	2	1	2	2	1	2	2	0.67				
1001 – 1250	1	3	2	3	2	2	1	1	2	3	1	2	0.82	2	0		
	2	2	2	1	1	2	2	4	2	3	1	2	0.94				
1251 – 1500	1	2	3	4	2	2	3	1	1	2	1	2.1	0.99	1.85	0.35		
	2	1	2	2	1	1	3	1	2	1	2	1.6	0.7				
1501 – 1750	1	1	1	3	1	1	3	1	2	2	4	1.9	1.1	2.15	0.35		
	2	2	3	2	4	3	1	3	1	2	3	2.4	0.97				
1751 – 2000	1	2	1	3	2	1	3	1	2	2	2	1.9	0.74	2.45	0.78		
	2	3	2	3	3	4	3	2	5	2	3	3	0.94				
2001 – 2250	1	1	2	2	3	4	2	2	1	3	1	2.1	0.99	2	0.14		
	2	2	2	1	1	2	3	2	1	3	2	1.9	0.74				
2251 – 2500	1	2	1	1	4	2	2	2	2	3	1	2	0.94	2.3	0.42		
	2	1	2	2	2	3	3	5	3	3	2	2.6	1.07				
2501 – 2750	1	3	2	4	1	5	4	2	1	4	2	2.8	1.4	2.55	0.35		
	2	1	2	3	2	4	2	3	1	3	2	2.3	0.95				
2751 – 3000	1	3	4	2	1	4	3	2	3	2	1	2.5	1.08	2.35	0.21		
	2	1	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2.2	0.63				



All dimension are in millimeter.

รูปที่ 5.28 แสดง Design ของกรอบรางที่ออกแบบเพื่อลดความสกปรก

## 5.5 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ในการเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุง นำผลมาจากการศึกษาระดับความครบถ้วนของ IC ก่อนการปรับปรุง ส่วนผลหลังการปรับปรุง นำผลมาจากการศึกษาการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานแบบที่ 1 (เป้าฝุ่นทุกๆ 500 Unit) การปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานแบบที่ 2 (เป้าฝุ่นทุกๆ 1,000 Unit) และผลการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark ซึ่งนำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก ต่อหน่วยชิ้นงาน (unit) = 1,437  $\mu\text{g}$  ทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Unit และตัวอักษรที่ทำการ Mark เป็นแบบ A ซึ่งเหมือนกันหมด คือ



PALCE

211101-RTY-IO

TESTGRADEDUST

(M) 1997 AMD

DUMMY

### 5.5.1 เวลาในการทำงาน

จากข้อมูลของทางโรงงานตัวอย่างและจากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นจะได้เวลาในการทำงาน ดังตารางที่ 5.32

ซึ่งจะพบว่า

Standard Time ในการทำงานทั้งหมดของ Operator = 3,459.75 วินาที

Standard Time ทั้งหมดในการรอของเครื่อง Laser Mark ที่รอ Operator ทำงาน = 1,097.25  
วินาที

Standard Time ทั้งหมดของการทำงานเครื่อง Mark =  $(T_m + T_c) \times 1.05$

ฉะนั้นเวลาในการทำงานทั้งหมดของกระบวนการ Laser Marking คือ

$$= (3,459.75 - 1,097.25) + (T_m + T_c) \times 1.05$$

$$= 2362.5 + (T_m + T_c) \times 1.05$$

โดย

$$T_m = 736.76 \times N \times \text{ความยาวจริงของตัวอักษรทั้งหมดต่อ 1 Unit}$$

$$Tc = (N / 500)_{\text{(เปิดเครื่องทั้งหมด)}} \times 10$$

กำหนดให้  $T_m$  คือ เวลาทั้งหมดที่เครื่อง Laser Mark ทำการ Mark งานต่อ 1 Lot

$T_c$  คือ เวลาทั้งหมดที่เครื่อง Laser Mark หยุด Check Power

$N$  คือ จำนวน Unit ต่อ 1 Lot

ความยาวจริงของตัวอักษรทั้งหมดต่อ 1 Unit หาได้จากตารางที่ 5.11

ค่าคงที่ที่กำหนด มาจากค่าต่างๆ ดังนี้

ค่า 0.000318 คือ ค่าอัตราส่วนของความเร็วของเครื่อง Laser Marking

ในการ Mark ต่อ ความยาวของตัวอักษรต่อ 1 หน่วย

ค่า 500 คือ การที่ Power Check ทำการ Check งานทุก ๆ 500 Units

ค่า 10 คือ เวลาที่ Power Check ทำงาน

เปรียบเทียบเวลาในการทำงาน

เปรียบเทียบเวลาในการปฏิบัติงานที่เพิ่มขึ้น โดยการพิจารณา เวลาในการทำงาน ซึ่งมีการเพิ่มการทำงานของ Operator คือ การเป่าฝุ่น ซึ่งเวลามาตรฐานในการใช้หัวฉีดเป่าผงฝุ่นคือ 21 วินาที และ หาเวลามาตรฐานในการใช้สาลี่ซูป IPH เซ็ดราง ได้เวลามาตรฐานคือ 35 วินาที จากนั้นทำการหาค่าเวลาในการทำงานทั้งหมดของแต่ละกระบวนการจากตารางที่ 5.32 ได้ดังนี้

เวลาการทำงานกระบวนการก่อนการปรับปรุง

เวลาในการทำงานทั้งหมดของกระบวนการ Laser Marking คือ

$$= 2362.5 + (T_m + T_c) \times 1.05$$

$$= 2362.5 + (3176.17 + 60) \times 1.05$$

$$= 5760.48 \text{ วินาที หรือ } 96 \text{ นาที } 1 \text{ วินาที}$$

ซึ่ง  $T_m = 736.76 \times 3000 \times 0.001437 = 3176.17$  วินาที

$$T_c = 60 \text{ วินาที}$$

เวลาการทำงานกระบวนการหลังการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานแบบที่ 1 (เป่าฝุ่นทุกๆ 500 Unit)

จากการเพิ่มกระบวนการทำความสะอาด จะมีเวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นดังนี้

- เวลาในการเช็ดทำความสะอาดด้วย IPH ก่อนที่จะเริ่มการ Mark งาน 1 ครั้ง = 35 วินาที

- เวลาในการใช้หัวฉีดเป่าลมจะมีการเป่าลมเพิ่มทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง = 80 วินาที

เวลาที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด = 115 วินาที

ฉะนั้นเวลาในการทำงานทั้งหมดของกระบวนการ Laser Marking คือ 5875.48 วินาที หรือเพิ่มขึ้น 2 % หรือ 97 นาที 56 วินาที

เวลาการทำงานกระบวนการหลังการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานแบบที่ 2 (เป่าฝุ่นทุกๆ 1,000 Unit)

จากการเพิ่มกระบวนการทำความสะอาด จะมีเวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นดังนี้

- เวลาในการเช็ดทำความสะอาดด้วย IPH ก่อนที่จะเริ่มการ Mark งาน 1 ครั้ง = 35 วินาที

- เวลาในการใช้หัวฉีดเป่าลมจะมีการเป่าลมเพิ่มทั้งหมดจำนวน 2 ครั้ง = 40 วินาที

เวลาที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด = 75 วินาที

ฉะนั้นเวลาในการทำงานทั้งหมดของกระบวนการ Laser Marking คือ 5835.48 วินาที หรือเพิ่มขึ้น 1.3 % หรือ 97 นาที 15 วินาที

ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงแสดงดังรูปที่ 5.29

#### 5.5.2 ระดับการตรวจสอบ

จากตารางที่ 5.31 จะได้ว่า

ระดับการตรวจสอบของกระบวนการก่อนปรับปรุง

ในกระบวนการก่อนการปรับปรุง ใช้ค่าเฉลี่ยระดับความบกพร่องที่เคยทำการทดลองในการหากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความบกพร่องที่เกิดขึ้นกับปริมาณฝุ่นที่ตกค้างอยู่ในกระบวนการ ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของระดับความบกพร่อง ทั้งหมดเมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units

$$= 3.36 \text{ Standard Deviation} = 0.65$$

#### ระดับความบกพร่องกระบวนการหลังปรับปรุง

หลังการปรับปรุงวิธีปฏิบัติการแบบที่ 1 (เป่าฝุ่นทุกๆ 500 Unit) ได้ค่าเฉลี่ยของระดับความบกพร่องทั้งหมดเมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units = 2.51 Standard Deviation = 0.69 ทำให้ระดับความบกพร่องลดลง =  $(3.36 - 2.51) \times 100 / 3.36 = 25.3 \%$

ส่วนการปรับปรุงวิธีปฏิบัติการแบบที่ 2 (เป่าฝุ่นทุกๆ 1,000 Unit) ได้ค่าเฉลี่ยของระดับความบกพร่องทั้งหมดเมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units = 2.76 Standard Deviation = 0.72 ทำให้ระดับความบกพร่องลดลง =  $(3.36 - 2.76) \times 100 / 3.36 = 17.85 \%$

การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark ซึ่งทำการออกแบบที่ครอบวางเพื่อกันฝุ่น ได้ค่าเฉลี่ยของระดับความบกพร่องทั้งหมดเมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units = 2.02 Standard Deviation = 0.2 ทำให้ระดับความบกพร่องลดลง =  $(3.36 - 2.02) \times 100 / 3.36 = 40 \%$

ผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 5.30 ส่วนรูปแบบของ Cycle ลักษณะการเกิดความเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการปรับปรุง ดังรูปที่ 5.33

และจากรูปที่ 5.33 แสดงผลการทดลองของระดับความบกพร่องก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ จะทำให้สามารถทำนายถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นเกี่ยวกับผลการเกิดระดับความบกพร่องได้ โดยใช้แนวโน้มระดับความบกพร่องเป็นตัวบ่งชี้ว่าจำนวนของเสียที่จะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณของเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ หรือ จำนวนชิ้นงานที่ผ่านการ Mark มีจำนวนเท่าไร เช่น ทางโรงงานมีการกำหนดระดับความบกพร่องที่จะทำการ reject ที่ระดับ 5 และ 6 จะเห็นว่าก่อนการปรับปรุงระดับความบกพร่องจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการ Mark มากขึ้น ซึ่งเมื่อมีการ Mark เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ก็จะถึงจุดที่จะพบระดับความบกพร่องเฉลี่ยที่ชิ้นงานเป็นของเสีย ฉะนั้น ทางโรงงานสามารถกำหนดเส้นเตือน(warning line)ที่ระดับความบกพร่องหนึ่งๆ เพื่อเป็นการเตือนว่าจุดใดที่จะทำให้เกิดของเสีย เช่น ถ้ากำหนดระดับ 4 บ่งบอกว่าผู้ดำเนินการผลิตจะต้องระมัดระวังการเกิดความบกพร่องที่จะเป็นของเสีย ซึ่งสามารถช่วยในการพยากรณ์ว่าปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ หรือจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark เป็นเท่าไรจึงจะทำความสะอาด

### 5.5.3 จำนวนของเสีย

ในการเปรียบเทียบจำนวนของเสีย ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ ข้อมูลก่อนการปรับปรุงกระบวนการจะมี 2 กลุ่มข้อมูล กลุ่มแรกคือ ข้อมูลที่ทางโรงงานเก็บข้อมูลไว้เบื้องต้น ซึ่งเป็น %ของเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการของหลากหลายรูปแบบผลิตภัณฑ์ และกลุ่มที่สองคือ % ของเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการของรูปแบบผลิตภัณฑ์ A ส่วน %ของเสียหลังการปรับปรุงกระบวนการจะเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์ A ทั้งหมด ซึ่งได้จากการปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานและการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser marking แสดงผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 5.31

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าระดับความบกพร่องหลังการปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

#### จำนวนของเสียกระบวนการก่อนการปรับปรุง

% ของเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการของหลากหลายรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้อมูลโรงงานตัวอย่างคือ  $3.25 \text{ Standard Deviation} = 2.76$

ก่อนการปรับปรุงกระบวนการของรูปแบบผลิตภัณฑ์ A พบจำนวนของเสียทั้งหมด 10 Unit จากจำนวนทั้งหมดที่ทำการตรวจระดับความบกพร่อง คือ 240 Unit ฉะนั้น พบจำนวนของเสีย  $4.16\% \text{ Standard Deviation} = 1.17$

#### จำนวนของเสียกระบวนการหลังปรับปรุง

หลังการปรับปรุงวิธีปฏิบัติการแบบที่ 1 เป่าลมทุกๆ 500 Units พบจำนวนที่เป็นของเสียทั้งหมด 7 Unit จากจำนวนทั้งหมดที่ทำการตรวจระดับความบกพร่อง คือ 240 Unit ฉะนั้น พบจำนวนของเสีย  $2.92\% \text{ Standard Deviation} = 0.59$  และจะได้ว่าจำนวนของเสียลดลง  $29.8\%$

ส่วนการปรับปรุงวิธีปฏิบัติการแบบที่ 2 เป่าลมทุกๆ 1,000 Units พบจำนวนที่เป็นของเสียทั้งหมด 8 Unit จากจำนวนทั้งหมดที่ทำการตรวจระดับความบกพร่อง คือ 240 Unit ฉะนั้น พบจำนวนของเสีย  $3.33\% \text{ Standard Deviation} = 1.17$  และจะได้ว่าจำนวนของเสียลดลง  $19.95\%$

การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark ซึ่งทำการออกแบบที่ครอบวางเพื่อกันฝุ่น พบจำนวนที่เป็นของเสียทั้งหมด 3 Unit จากจำนวนทั้งหมดที่ทำการตรวจระดับความบกพร่อง คือ



240 Unit ฉะนั้น พบจำนวนของเสีย 1.25% Standard Deviation = 0.59 และจะได้ว่าจำนวนของเสียลดลง 69.9 %

จากผลที่ได้ จะพบว่า เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบผลิตภัณฑ์ A ก่อนการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ย% ของเสียมากกว่า หลังการปรับปรุง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับหลากหลายรูปแบบผลิตภัณฑ์ด้วย ค่าเฉลี่ยของหลากหลายรูปแบบผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยกว่า ก่อนการปรับปรุงของรูปแบบผลิตภัณฑ์ A และหลังปรับปรุงด้วยการทำความสะอาดเป่าฝุ่นทุกๆ 1,000 Units ซึ่งเป็นเพราะว่า ข้อมูลจากโรงงานตัวอย่างนั้น เป็นแบบหลากหลายรูปแบบผลิตภัณฑ์ ไม่ได้เจาะจงรูปแบบ และเห็นได้ว่า ค่า Standard Deviation ของหลากหลายรูปแบบผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่า

และนำค่า % ของเสียสะสมมาเปรียบเทียบกับรูปที่ 5.32 จะเห็นได้ว่า หลังจากการปรับปรุงแนวโน้มของ % ของเสียมีค่าลดลง แต่หากไม่มีการปรับปรุงกระบวนการ % ของเสียที่พบก็จะมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆ

#### 5.5.4 Productivity Index

จากค่าก่อนและหลังการปรับปรุง จำนวนชิ้นงานที่ผ่านการ Mark จะมีค่าเท่ากัน คือ 3,000 Unit แล้วนำมาหารด้วย เวลาการทำงานทั้งหมดของแต่ละกระบวนการ

Productivity Index ของกระบวนการก่อนปรับปรุง

เมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units ใช้เวลาในการทำงานทั้งหมด 5760.48 วินาที ฉะนั้น Productivity Index ของกระบวนการก่อนปรับปรุง

$$= 3,000/5760.48$$

$$= 0.521 \text{ ชิ้นงาน/วินาที}$$

Productivity Index กระบวนการหลังปรับปรุง

หลังการปรับปรุงวิธีปฏิบัติการแบบที่ 1 (เป่าฝุ่นทุกๆ 500 Unit) เมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units ใช้เวลาในการทำงานทั้งหมด 5760.48 วินาที

ฉะนั้น Productivity Index ของกระบวนการก่อนปรับปรุง

$$= 3,000/5875.48$$

$$= 0.511 \text{ ชิ้นงาน/วินาที}$$

ทำให้ Productivity Index ลดลง 1.92%

ส่วนการปรับปรุงวิธีปฏิบัติการแบบที่ 2 (เป่าฝุ่นทุกๆ 1,000 Unit) เมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units ใช้เวลาในการทำงานทั้งหมด 5760.48 วินาที

$$\begin{aligned} \text{ฉะนั้น Productivity Index ของกระบวนการก่อนปรับปรุง} &= 3,000/5835.48 \\ &= 0.514 \text{ ชิ้นงาน/วินาที} \end{aligned}$$

ทำให้ Productivity Index ลดลง 1.34%

การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark ซึ่งทำการออกแบบที่ครอบวางเพื่อกันฝุ่น เมื่อทำการ Mark Unit จำนวน 3,000 Units ใช้เวลาในการทำงานทั้งหมด 5760.48 วินาที

$$\begin{aligned} \text{ฉะนั้น Productivity Index ของกระบวนการก่อนปรับปรุง} &= 3,000/5760.48 \\ &= 0.521 \text{ ชิ้นงาน/วินาที} \end{aligned}$$

ค่า Productivity Index เท่าเดิม

ผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 5.35 จะเห็นว่ายิ่งมีการเป่าถี่มากขึ้นเรื่อย ก็จะทำให้ค่า Productivity Index ลดลง หากพิจารณาทำความเข้าใจการเป่าก็ต้องพิจารณาค่าที่ลดลงนี้ แต่ จะเห็นว่าถึงมีการเป่าแค่นั้นเมื่อเทียบกับใช้ที่ครอบวาง การใช้ที่ครอบวางก็ให้ค่าที่ดีกว่าเพราะไม่ทำให้ค่า Productivity Index ลดลง

และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานที่เป่าลม/ ครั้ง กับ %ของเสีย และ เวลาในการทำงาน โดยให้

ก่อนการปรับปรุงจำนวนชิ้นงานที่เป่าลม/ ครั้ง คือ 3000 Unit

หลังการปรับปรุงวิธีปฏิบัติการแบบที่ 1 (เป่าฝุ่นทุกๆ 500 Unit) จำนวนชิ้นงานที่เป่าลม/ ครั้ง คือ 500 Unit

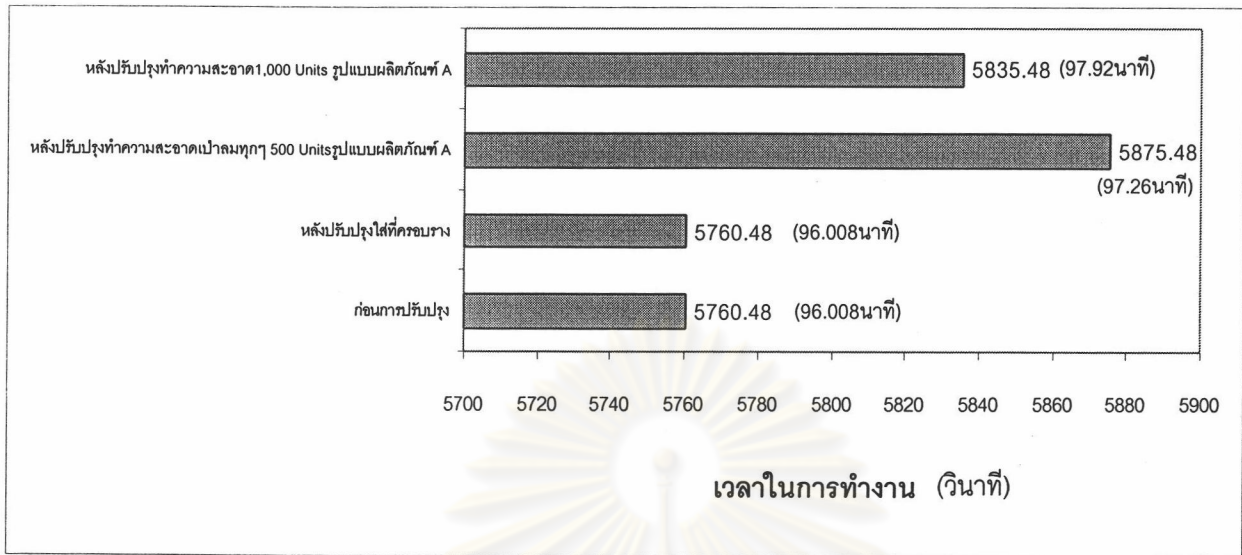
หลังการปรับปรุงวิธีปฏิบัติการแบบที่ 2 (เป่าฝุ่นทุกๆ 1000 Unit) จำนวนชิ้นงานที่เป่าลม/ ครั้ง คือ 1000 Unit

ดังรูปที่ 3.34 พบว่า เมื่อมีการเป่าลมมากขึ้น % ของเสียจะลดลง แต่จะเห็นว่า ที่ครอบวางกันฝุ่น ไม่ต้องมีการเป่า แต่ค่า % ของเสีย น้อยที่สุด และ ที่เวลาการทำงาน จะเป็นว่า ยิ่งเป่าถี่ เวลาการทำงานก็จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเทียบกับการใช้ที่ครอบวางแล้ว การใช้ที่ครอบวางก็ให้ค่าที่ดีกว่าเพราะไม่ทำให้เวลาเปลี่ยนไป

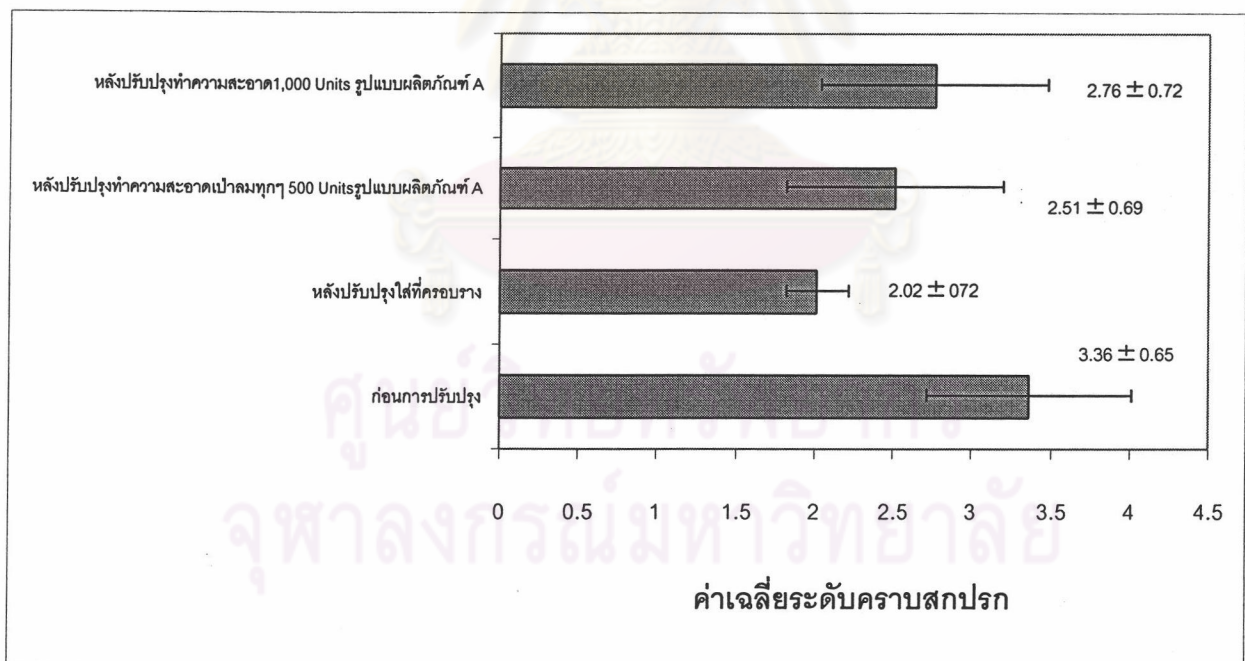
ตารางที่ 5.31 ค่าเฉลี่ยระดับความสกปรก ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

จำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark	ปริมาณฝุ่นที่ ตกค้าง (g)	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุงใ ที่ครอบวง		หลังการปรับปรุง การทำความสะอาด แบบที่1		หลังการปรับปรุง การทำความสะอาด แบบที่2	
		ค่าเฉลี่ย ระดับ ความ คราบ	STDEV	ค่าเฉลี่ย ระดับ ความ คราบ	STDEV	ค่าเฉลี่ย ระดับ ความ คราบ	STDEV	ค่าเฉลี่ย ระดับ ความ คราบ	STDEV
250	0.36	2.50	0.64	1.45	0.07	1.55	0.49	1.25	0.21
500	0.72	2.65	0.29	2	0.14	2.5	0.85	1.75	0.35
750	1.08	2.70	0.21	2.15	0.21	3.55	0.07	1.6	0.14
1000	1.44	2.75	0.77	2.9	0.42	3	0.57	1.95	0.07
1250	1.80	3.80	0.21	3.45	0.07	3.25	0.35	2	0
1500	2.16	3.30	0.62	3.85	0.21	3.95	0.21	1.85	0.35
1750	2.51	3.15	0.60	2.85	0.35	2.95	0.35	2.15	0.35
2000	2.87	3.50	0.25	2.45	0.21	2.3	0.57	2.45	0.78
2250	3.23	3.10	0.49	1.9	0	2.1	0.14	2	0.14
2500	3.59	4.05	0.27	2.6	0.14	2.9	0.14	2.3	0.42
2750	3.95	4.2	0.54	1.95	0.07	2.3	0.57	2.55	0.35
3000	4.31	4.55	0.51	2.55	0.21	2.8	0.14	2.35	0.21
ค่าเฉลี่ย		3.36		2.02		2.51		2.76	
STDV		0.65		0.69		0.72		0.2	

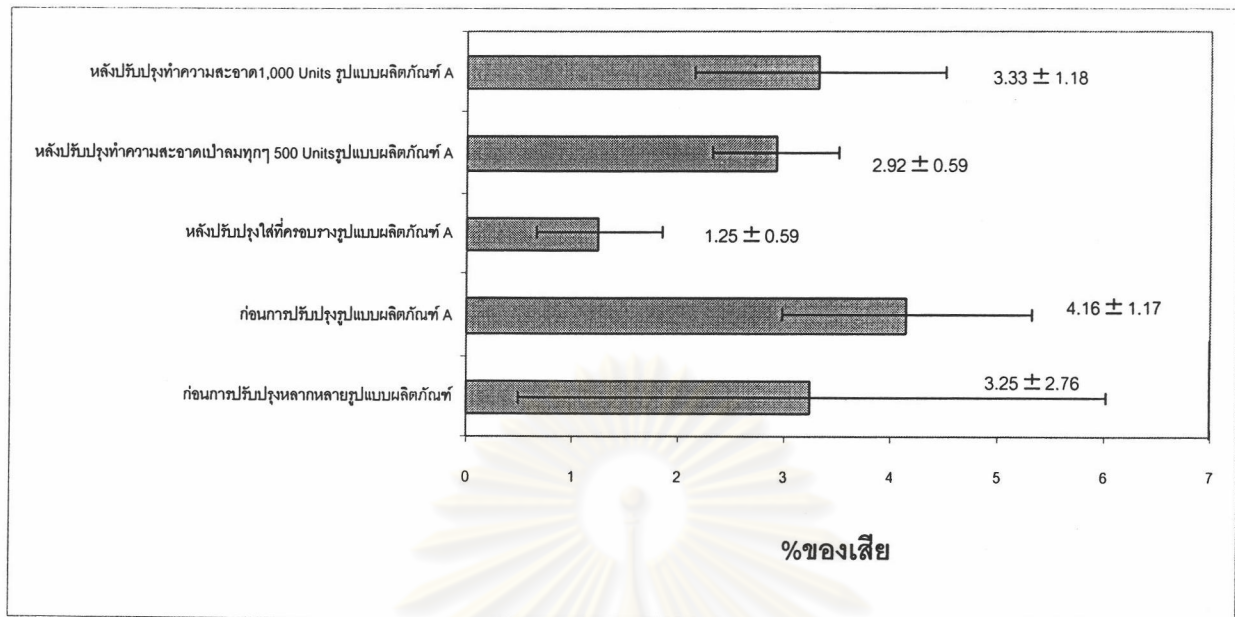
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



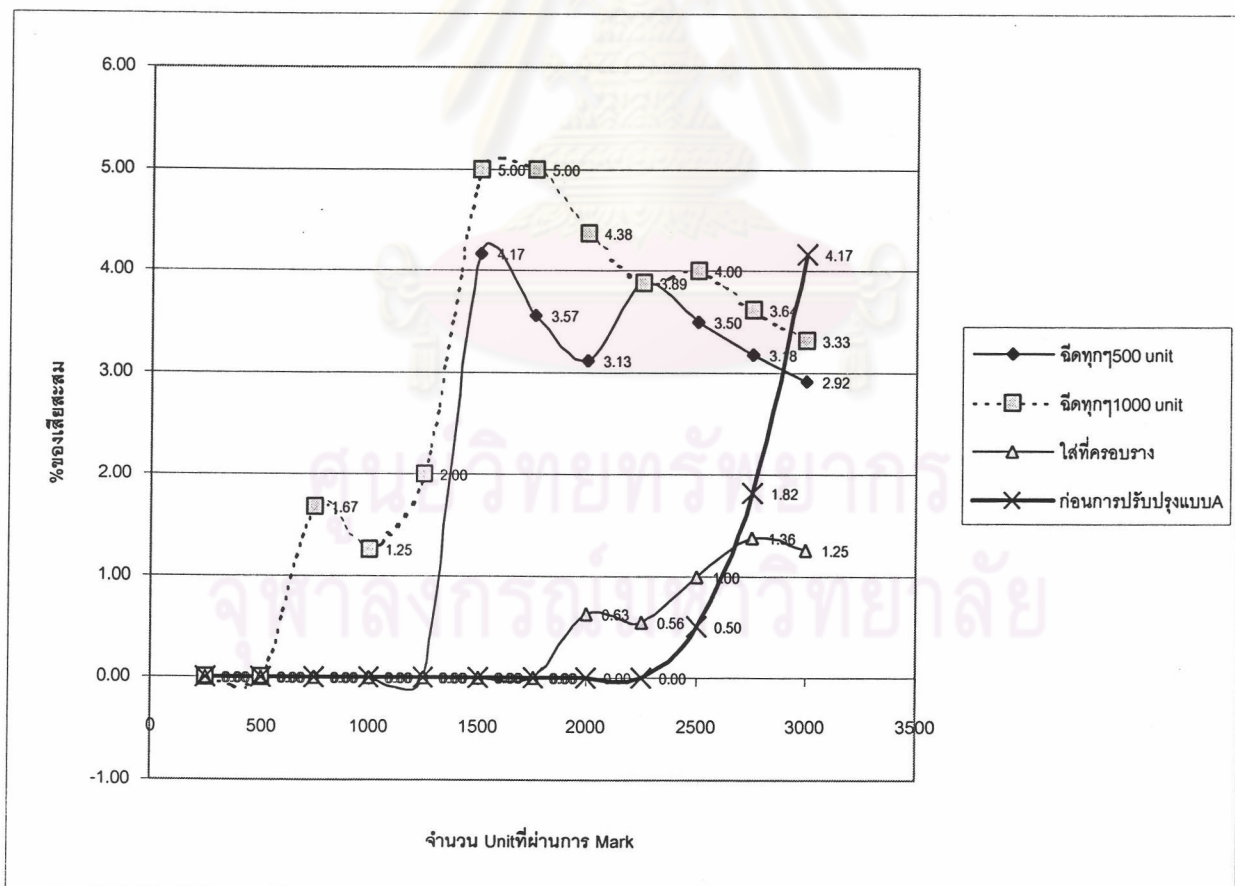
รูปที่ 5.29 เปรียบเทียบเวลาในการทำงาน



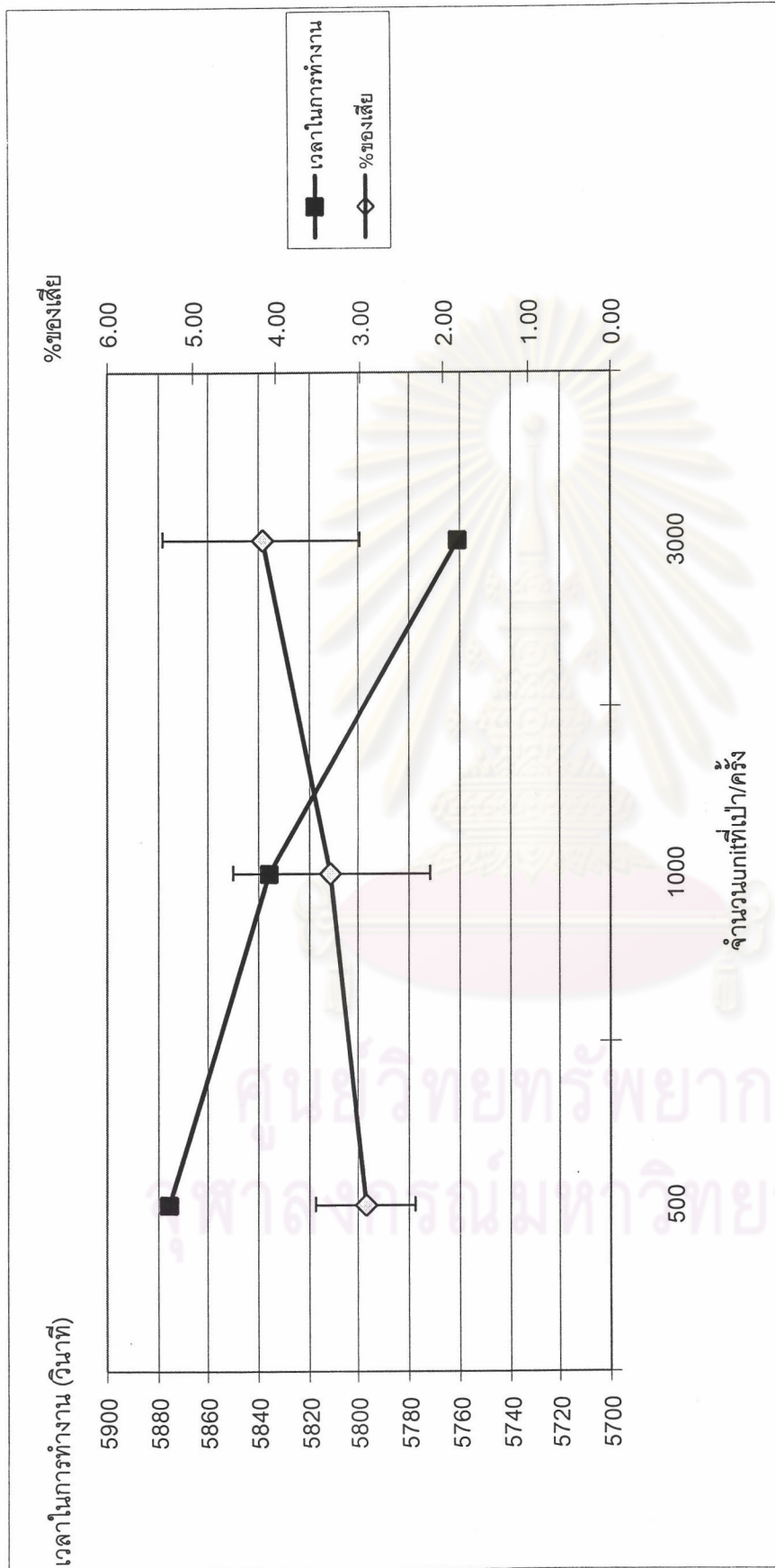
รูปที่ 5.30 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับความบกพร่อง



รูปที่ 5.31 เปรียบเทียบ %ของเสีย



รูปที่ 5.32 เปรียบเทียบ % ของเสียสะสมก่อนและหลังการปรับปรุง



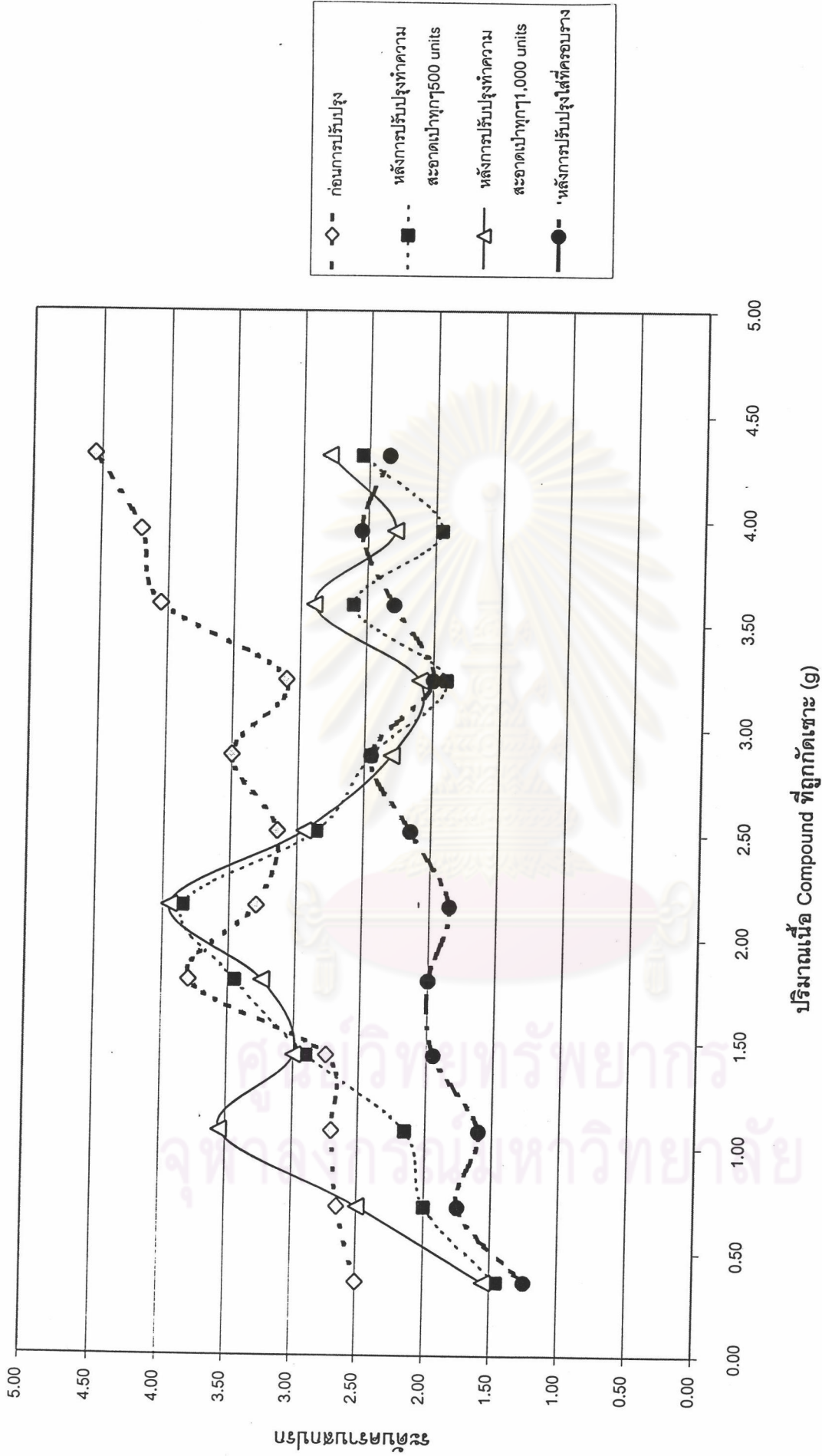
รูปที่ 5.34 เปรียบเทียบ จำนวนชิ้นงานที่เป่าลม/ครั้งกับ%ของเสียและเวลาในการทำงาน

ตารางที่ 5.32 Multiple Activity Chart ของกระบวนการ Laser Marking

Operator			Laser Marking Machine				
กิจกรรม	Normal Time(s)	% Effective	Standard Time(s)	กิจกรรม	Normal Time(s)	% Effective	Standard Time(s)
ตรวจสอบว่าไม่มี Unit ตกค้างอยู่ในบริเวณส่วน handler และ work station.	12	95	12.6				
ตรวจสอบจำนวน lot และ Label	76		79.8				
ใช้ air gun เป่าผงฝุ่นในบริเวณ track และ mark chamber.	20		21				
ทำการ Scan ข้อ มูล	178		186.9				
ใช้ barcode scanner ทำการ scan ค่า lot number จาก processing sheet.							
ใช้ barcode scanner ทำการ scan ค่า box ID บน label.							
กด <F1>: LOAD LOT	138		144.9				
พิมพ์ ค่า lot number จาก processing sheet							
กด<F4>: Power Check Mode							
กด<F3>: MARK ALL, เข้าสู่หน้าจอ preview screen.							
เลือก "ACCEPT MARKING"							
กดEnterโดยที่ CURRENT LOT COUNT มีค่าเป็น zero							
กด Enter โดยที่ TOTAL LOT COUNT มีค่าเท่ากับ lot size							
ทดลอง mark 2 units คือ lot โดย mark ซ้ำละ 1 unit โดยตรวจสอบ Top mark ว่าถูกต้องและ ทดลองกลับหัวงานว่า เครื่องตรวจจับได้	182		191.1				
Technician หรือ Technical operator หรือ QC operator เซ็นรับรอง Lot	153		160.65				
โหลดงานลงในบริเวณ Input ก่อนเริ่ม Start เครื่อง Laser Marking	28		29.4				
โหลดงานลงในบริเวณ Input หลังจาก Start เครื่อง Laser Marking	504		529.2	เครื่อง Mark ทำ	Tm		Tm * 1.05
โหลด Tube เป่า ลงทาง Output	358		375.9	การ Mark งาน			
ตรวจสอบ Top Mark ว่าถูกต้องจัดเรียงลงในรถเข็น	1385		1454.25	เครื่อง Mark หยุด	Tc		Tc * 1.05
ว่าง (รอเครื่องจักร)				Check Power			
ตรวจสอบ Top Mark ของงานที่เหลือหลังจากเครื่องหยุดแล้ว	45		47.25				
ตรวจสอบจำนวน unit ว่าตรงกับ Lot size และข้อมูลใน Computer/ Print Summary	52		54.6				
สุ่ม 2 tube ดู mark quality ทั้งหมด จัดเรียงลงในรถเข็น	103		108.15				
Plot chart CCC Chart / ปิด Lot	58		60.9				

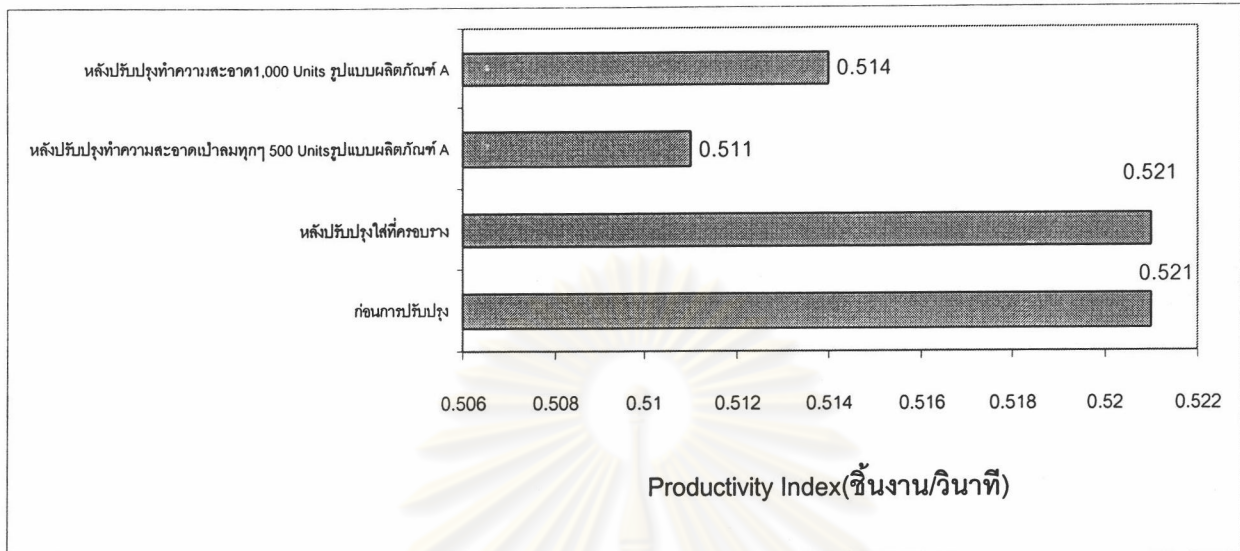
หมายเหตุ : Tm = 736.76 \* N \* ความยาวจริงของตัวอักษรทั้งหมดต่อ 1 unit

Tc = ( N / 500 ) (เป็นเมตรทั้งหมด) \* 10



รูปที่ 5.33 แสดงผลการทดลองของระดับความสกปรก ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงกระบวนการ





รูปที่ 5.35 เปรียบเทียบ Productivity Index

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย