

การวัดความเรียบของแผ่นอริฟิตด้วยลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง
FLATNESS MEASUREMENT FOR ORIFICE PLATE USING LASER
LIGHT SECTIONING



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การวัดความเรียบของแผ่นออริฟิตด้วยลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง
FLATNESS MEASUREMENT FOR ORIFICE PLATE USING LASER
LIGHT SECTIONING



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLATNESS MEASUREMENT FOR ORIFICE PLATE USING LASER
LIGHT SECTIONING



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMELL
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BECHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การวัดความเรียบของแผ่นออริฟิตด้วยลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง
FLATNESS MEASUREMENT FOR ORIFICE PLATE USING LASER
LIGHT SECTIONING

นักศึกษาผู้จัดทำ นายณัฐนันท์ ทองชนะสิน รหัสนักศึกษา 57010432
นายสิทธิกร มงคลกำจรกุล รหัสนักศึกษา 57011345

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์	

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การวัดความเรียบของแผ่นออริฟิตด้วยลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง FLATNESS MEASUREMENT FOR ORIFICE PLATE USING LASER LIGHT SECTIONING		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายณัฐนันท์ ทองชนะสิน	รหัสนักศึกษา	57010432
	นายสิทธิกร มงคลกำจรกุล	รหัสนักศึกษา	57011345
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีพล	ชื่อสัตย์	
ปีการศึกษา	2560		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้พัฒนาวิธีการวัดค่าความราบเรียบ ของแผ่นออริฟิตซึ่งเป็นชิ้นส่วนในกาวัด การไหลชนิดความดันแตกต่าง โดยตามมาตรฐาน ISO 5167 ได้กำหนดค่าความราบเรียบและค่าทาง มิติของแผ่นออริฟิตไว้เพื่อการวัดการไหลมีความถูกต้องและเที่ยงตรง อุปกรณ์วัดความราบเรียบนี้ ระบบการวัดนี้ประกอบด้วยเครื่องมือวัดแบบสามมิติรุ่น Gocator 2300 อุปกรณ์นี้จะเป็นการฉาย ลำแสงเลเซอร์ตัดขวางสามารถตั้งการทำงานผ่าน Web browser และ ฐานวางแบบหมุนสำหรับวาง แผ่นอุปกรณ์ที่ทำการวัด โดยจะทำการสแกนออกมาเป็นภาพ 3 มิติ ที่มีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง ของแผ่นออริฟิต จากนั้นนำภาพที่ได้มาประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อ คำนวณหาระดับคุณภาพที่สอดคล้องตามมาตรฐาน ISO 5167 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีนี้ สามารถให้ผลทางการวัดที่ดีโดยมีความถูกต้อง 99.75% และความเที่ยงตรง 99.75%

Thesis Title	FLATNESS MEASUREMENT FOR ORIFICE PLATE USING LASER LIGHT SECTIONING
Authors	Mr.Nattanan Thongchanasin Mr.Sitthikorn Mongkolkumjornkul
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Taweepol Suesut
Year	2017

ABSTRACT

This thesis develops a method for measuring the flatness of orifice plate, forming part of the differential pressure measurement. The flatness and dimensional values of the orifice plate were determined in accordance with the ISO 5167 standard, for accuracy and precision of flow measurements. The developed measurement system consists of the Gocator 2300 three-dimensional measuring device using laser light sectioning technique with web based configuration and the rotation stand for measured device. The orifice plates were scanned into to 3D image. The width, length and height were then measured so that quality analyses according to the ISO 5167 standard can be performed. Results show that the developed technique gave a 99.75% level of accuracy and a 99.75% level of precision.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากคำปรึกษาและคำแนะนำจนถึงความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณสำหรับความช่วยเหลือจากเพื่อนและรุ่นพี่ ที่ให้ความรู้และคำปรึกษา ตลอดจนครอบครัวของผู้จัดทำที่ให้อำลังใจ จนทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ และขอมอบปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่ผู้ที่สนใจเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 แผนการดำเนินงาน.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 มาตรฐานการวัดแผ่นออริฟิต.....	4
2.2 การตรวจสอบความเรียบของแผ่นออริฟิต.....	4
2.3 หลักการทำงานของแสงเลเซอร์แบบ Triangular.....	5
2.4 รูปแบบการสแกนวัตถุ (Scanning Patterns).....	6
2.4.1 การสแกนโดยการหมุนวัตถุ.....	6
2.4.2 การสแกนโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพ.....	6
2.4.3 การสแกนโดยการเคลื่อนที่ของวัตถุ.....	7
2.5 ชนิดของภาพ.....	10
2.5.1 Binary Image.....	10
2.5.2 Grayscale Image: Intensity Image.....	10
2.5.3 RGB Image: True Color.....	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน.....	12
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้.....	12
3.1.1 LMI Gocator.....	12
3.1.2 Master 100.....	14
3.1.3 ฐานงานหมุน.....	14
3.1.4 มอเตอร์.....	15
3.1.5 ตัวเข้ารหัส (Encoder).....	15
3.2 โปรแกรมที่ใช้.....	16
3.2.1 โปรแกรมสแกน Gocator.....	16
3.2.2 โปรแกรม MATLAB.....	17
3.3 วิธีการดำเนินงาน.....	17
3.3.1 Alignment ค่าในโปรแกรม Gocator.....	20
3.3.2 วัดค่า Profile Circle แผ่นออริฟิต.....	20
3.3.3 Configure ระดับความสูง.....	22
3.3.4 การตรวจสอบค่าความเข้มสี.....	23
3.3.5 ประมวลผลภาพ.....	23
3.4 โปรแกรมประมวลผลภาพ.....	24
3.4.1 คำสั่งการอ่านภาพ.....	24
3.4.2 คำสั่งการตรวจสอบค่าความเข้มสี.....	24
3.4.3 คำสั่งการแสดงผล.....	25
3.4.4 คำสั่งการอ่านค่าสี RGB.....	26
3.4.5 คำสั่งกำหนดเงื่อนไข.....	26
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	30
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	30
4.2 การสอบเทียบ.....	31
4.3 การวัดค่าแผ่นออริฟิตโดยใช้ลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การ Configure ความสูง.....	34
4.5 การพัฒนาโปรแกรม MATLAB เพื่อประมวลผลภาพ.....	35
4.6 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	36
4.7 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	37
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	38
5.1 สรุปผล.....	38
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	38
บรรณานุกรม.....	40



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดง Datasheet Gocator series2300.....	13
4.1 แสดงการสอบเทียบค่าความผิดพลาดของความหนา.....	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ**วิชา**เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แผนผังบล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงาน.....	1
2.1 แสดงการอธิบายตัวแปรค่าความหนา e , E และตัวแปรเส้นผ่าศูนย์กลาง d , D	4
2.2 แสดงการอธิบายตัวแปรที่ใช้คำนวณ.....	5
2.3 แสดงหลักการทำงานแบบ Triangular.....	5
2.4 (ก) แสดงวิธีการสแกนของรูปแบบการสแกนวัตถุโดยการหมุนวัตถุ.....	6
(ข) แสดงภาพที่ได้จากการใช้รูปแบบการสแกนวัตถุโดยการหมุนวัตถุ.....	6
2.5 แสดงรูปแบบการสแกนวัตถุโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพ.....	7
2.6 แสดงการสแกนโดยการใช้แสงแบ่งส่วนวัตถุ (Light-Sectioning).....	8
2.7 (ก) แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านเส้นแสง.....	8
(ข) แสดงรูปที่ได้ในเฟรมต่างๆเมื่อมีวัตถุตัดผ่าน.....	8
2.8 ตัวอย่างการนำภาพตัดขวางแต่ละส่วนมารวมเพื่อสร้างภาพตัดขวาง 3 มิติ.....	9
2.9 แสดงชนิดของภาพแบบ Binary Image.....	9
2.10 แสดงชนิดของภาพแบบ Grayscale Image.....	10
2.11 แสดงชนิดของภาพแบบ RGB Image.....	11
3.1 แสดง LMI Gocator series2350.....	12
3.2 แสดงการอธิบายรายละเอียดของ Gocator.....	13
3.3 แสดงส่วนประกอบของ Master100.....	14
3.4 แสดงส่วนประกอบต่างๆของฐานงานหมุน.....	15
3.5 แสดงคุณสมบัติของ Motor type : 60KTYZ.....	15
3.6 แสดงวงจรของ Encoder Model : E6B2-CWZ6C.....	16
3.7 แสดงการทำงานของสัญญาณ Encoder Model : E6B2-CWZ6C.....	16
3.8 แสดงหน้าโปรแกรม Gocator.....	17
3.9 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน.....	19
3.10 (ก) แสดงภาพลำแสงเลเซอร์ตัดขวางวัตถุที่ยังไม่ปรับ Offset.....	20
(ข) แสดงภาพลำแสงเลเซอร์ตัดขวางวัตถุที่ปรับ Offset.....	20
3.11 แสดงการวัดค่า d (Orifice Diameter).....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.12 แสดงการวัดค่า Height.....	21
3.13 แสดงการวัดค่า D(Tubing diameter).....	22
3.14 แสดงหน้าต่างแสดงผล Dashboard.....	22
3.15 แสดงการ Configure ระดับความสูง.....	23
3.16 แสดงการตรวจสอบความเข้มข้น.....	23
3.17 แสดงการประมวลผลภาพ.....	24
3.18 แสดงใช้งานคำสั่ง imshow อ่านค่าความเข้มข้นแต่ละ Pixel.....	25
3.19 แสดงการอ่านภาพจากคำสั่ง figure,imshow(t);.....	25
3.20 แสดง Flowchart การทำงานของโปรแกรม.....	28
4.1 แสดงแผ่นออร์ฟิตที่ราบเรียบ.....	30
4.2 แสดงแผ่นจำลองที่โค้งงอ.....	31
4.3 แสดงการสแกนของการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง.....	33
4.4 แสดงการสแกนของการเคลื่อนที่แบบหมุน.....	34
4.5 แสดงค่าที่ได้จากการวัด.....	34
4.6 แสดงการ Configure ความสูงแผ่นออร์ฟิตที่ราบเรียบ.....	35
4.7 แสดงการ Configure ความสูงแผ่นที่โค้งงอ.....	35
4.8 แสดงการเขียนเงื่อนไขเพื่อตรวจสอบภาพ.....	36
4.9 แสดงการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม MATLAB.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญาโท

การวัดอัตราการไหลของของไหลเป็นตัวแปรสำคัญในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิตประเภทต่างๆ ทั้งในอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี รวมถึงอุตสาหกรรมเกี่ยวกับก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ในการวัดอาจใช้เครื่องมือและวิธีการที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะและข้อจำกัดในการใช้งาน จำเป็นต้องมีความถูกต้องและเที่ยงตรงกว่าการวัดปริมาณอื่นๆ เนื่องจากการวัดอัตราการไหลที่ผิดพลาดเพียงเล็กน้อยอาจนำไปสู่การสูญเสียค่าใช้จ่ายที่มากเกินไปในความจำเป็นในระบบอุตสาหกรรม และอาจทำคุณภาพการผลิตลดลงอีกด้วย [1]

ในปัจจุบันได้มีการวัดปริมาณของก๊าซธรรมชาติหลากหลายวิธีและหลากหลายมาตรวัด ในการหาปริมาณของก๊าซธรรมชาติเช่น การวัดแบบเทอร์บาย (Turbine) การวัดแบบความดันแตกต่าง ฯลฯ แต่การวัดปริมาณของก๊าซธรรมชาติจากแท่นผลิตนอกชายฝั่งประเทศไทยส่วนมากใช้การวัดแบบความดันแตกต่างแบบออริฟิต (Orifice Meter) ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบแผ่นออริฟิตเป็นประจำทุกเดือนตามมาตรฐานสถาบันปิโตรแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา [2]

มาตรวัดปริมาณของก๊าซธรรมชาติโดยใช้หลักการความดันแตกต่างแบบออริฟิตนั้น ถูกกำหนดให้ใช้เป็นมาตรวัดมาตรฐานเพื่อใช้สำหรับการหาปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากแท่นผลิตนอกชายฝั่งระหว่างผู้ผลิตและผู้รับซื้อก๊าซธรรมชาติ ผู้รับซื้อก๊าซธรรมชาติรวมถึงกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติได้กำหนดให้มีการสอบเทียบและทวนสอบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับมาตรวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติทุกๆ 30 วัน [3] เช่น หน่วยวัดความดัน (Pressure Transmitter) หน่วยวัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter) หน่วยวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter) ความราบเรียบของแผ่นออริฟิต (Orifice Plate Flatness) ความเรียบผิวของแผ่นออริฟิต (Orifice Plate Roughness) ฯลฯ จะเห็นได้ว่าการทวนสอบแผ่นออริฟิตมีความจำเป็น

จากการใช้งานแผ่นออริฟิตเพื่อวัดอัตราการไหลเป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดการบิดงอหรือไม่ราบเรียบขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อการวัดอัตราการไหลที่ผิดพลาดเกินมาตรฐาน ISO 5167 ยอมรับได้โดยมาตรฐานนี้จะเป็นมาตรฐานสากลที่ใช้ตรวจสอบความเรียบของแผ่นออริฟิตที่บ่งบอกถึงค่า Accuracy ค่า Repeatability ของการวัดโดยใช้ลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง

ในการวัดความราบเรียบของแผ่นออริฟิตที่ใช้การสัมผัสโดยตรงของเครื่องมือตรวจสอบ อาจทำให้มีความเสี่ยง ที่ทำให้พื้นผิวของแผ่นออริฟิตมีรอยขีดข่วนจากการวัดและอาจจะมีข้อผิดพลาดจากการวัดเนื่องจากใช้สายตาของมนุษย์ ดังนั้นเพื่อลดความผิดพลาดจากการประเมินด้วยสายตาของผู้วัดจึงนำเอาหลักการฉายแสงเลเซอร์ลงบนวัตถุแล้วทำการประมวลผลตามมาตรฐาน ISO 5167

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท

ศึกษามาตรฐาน ISO 5167 ที่ใช้ตรวจสอบความเรียบของแผ่นออร์ฟิตเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบโปรแกรมประมวลผลภาพที่ได้จากการใช้ลำแสงเลเซอร์สแกนแผ่นออร์ฟิต

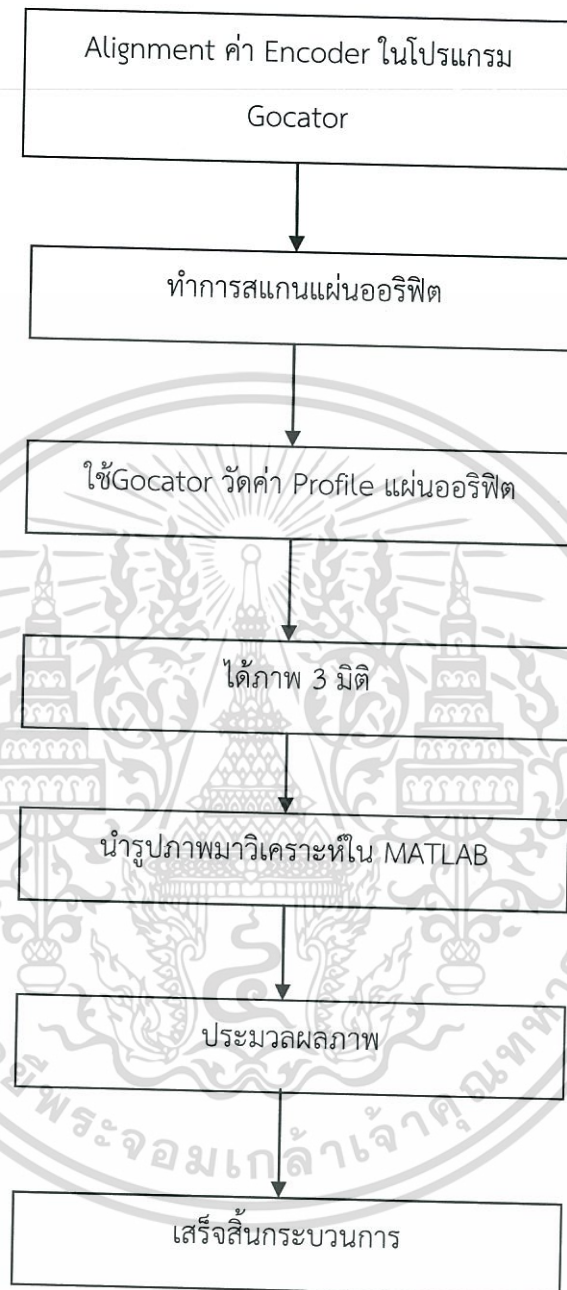
1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. การวัดความราบเรียบของแผ่นออร์ฟิตตามมาตรฐาน ISO 5167
2. วัดและวิเคราะห์ความราบเรียบของแผ่นออร์ฟิตด้วยอุปกรณ์ Gocator 2300
3. พัฒนาโปรแกรมการวัดโดยการประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แผนการดำเนินงาน



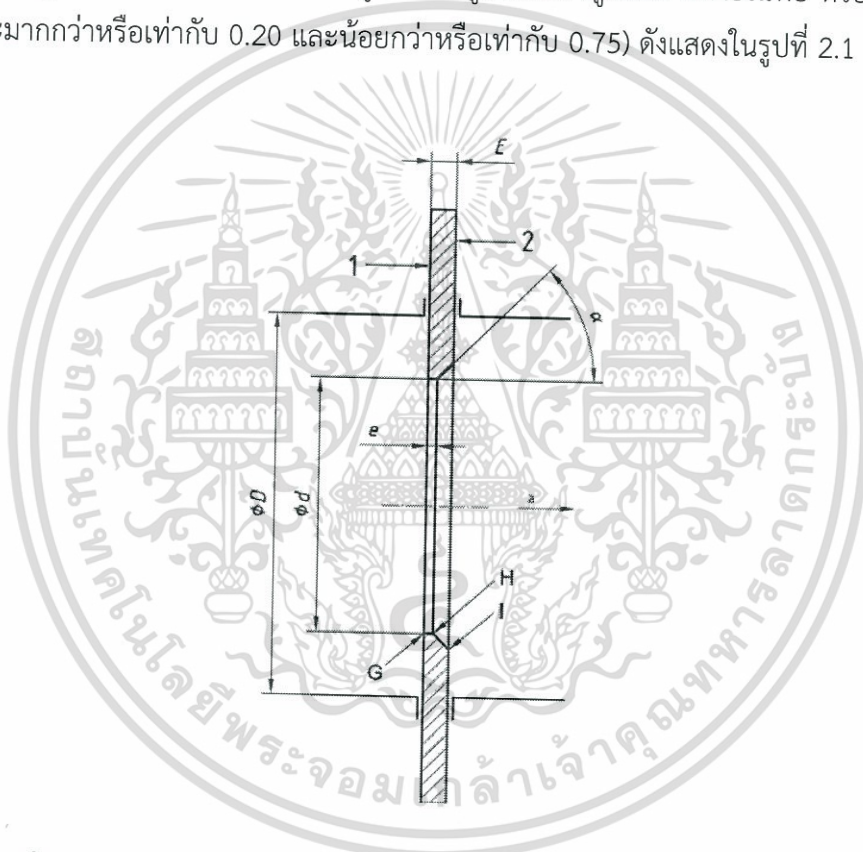
รูปที่ 1.1 แผนผังบล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐานการวัดแผ่นออริฟิต

มาตรฐานที่ใช้เป็นการระบุ Specifies การใช้แผ่นออริฟิตในการวัดอัตราการไหลโดยระบุตามมาตรฐาน ISO 5167-2 ซึ่งระบุค่าความหนา e ของแผ่นออริฟิตจะอยู่ระหว่าง $0.005D$ ถึง $0.02D$ และค่าความหนา E จะอยู่ระหว่างขนาดความหนา e ถึง $0.05D$ โดยทั่วไปแล้วขนาดรูที่แผ่นออริฟิตจะแสดงในรูปอัตราส่วนระหว่าง เส้นผ่าศูนย์กลางรูกับเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ หรือค่า $(= d/D$ ซึ่งปกติจะมากกว่าหรือเท่ากับ 0.20 และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.75) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 [4]



รูปที่ 2.1 แสดงการอธิบายตัวแปรค่าความหนา e , E และตัวแปรเส้นผ่าศูนย์กลาง d , D

2.2 การตรวจสอบความเรียบของแผ่นออริฟิต

การตรวจสอบความเรียบสามารถปฏิบัติในทางประยุกต์ โดยใช้สเกลทางตรงช่วยในการประมาณให้เท่ากับความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2 การเบี่ยงเบนของความเรียบมากที่สุดที่ยอมรับได้สามารถกำหนดได้โดย $0.005(D-d)$ ความเรียบสามารถหาได้จากสมการที่ระบุด้านล่าง [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

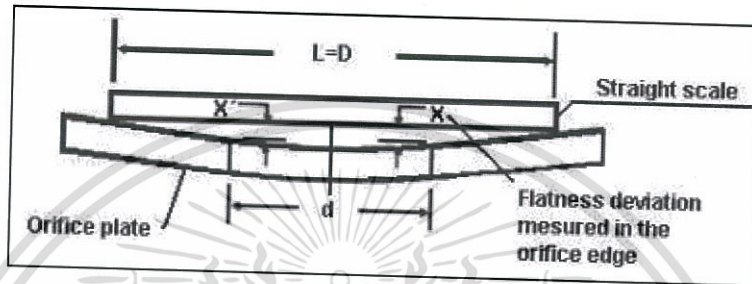
$$P = \frac{x+x'}{D} \quad (2.1)$$

เมื่อ P คือค่าความราบเรียบ

x ,x' คือการวัดค่าความราบเรียบใน Straight scale

D คือ Tubing diameter (mm)

d คือ Orifice diameter (mm)



รูปที่ 2.2 แสดงการอธิบายตัวแปรที่ใช้คำนวณ

2.3 หลักการทำงานของแสงเลเซอร์แบบ Triangular

อุปกรณ์นี้นำมาใช้สแกนวัตถุแล้วแสดงผลออกมาเป็นพื้นผิว 3 มิติ (จะสามารถแสดงผลด้านที่สแกน) เป็นลักษณะการสแกนแบบ Non - Contact โดยใช้หลักการจากลำแสงเลเซอร์ไปบนวัตถุ และใช้กล้องในการตรวจจับตำแหน่งของจุดที่เลเซอร์ตกกระทบบนวัตถุ ซึ่งเป็นหลักการทำงานแบบ Triangulation ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงหลักการทำงานแบบ Triangular

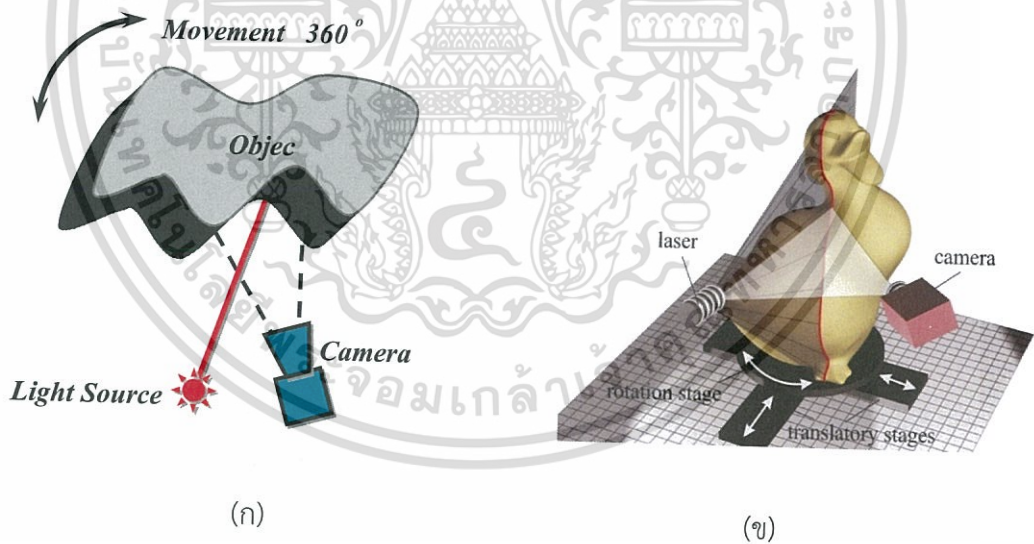
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 รูปแบบการสแกนวัตถุ (Scanning Patterns)

การสแกนวัตถุเป็นรูปแบบในการเก็บข้อมูลสามมิติของวัตถุต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่สามารถแบ่งลักษณะของการสแกนวัตถุได้เป็น 3 แบบ คือ การสแกนโดยการหมุนวัตถุ (360°) การสแกนโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพ และการสแกนโดยการเคลื่อนที่ของวัตถุ

2.4.1 การสแกนโดยการหมุนวัตถุ

วิธีการสแกนโดยการหมุนวัตถุจะทำการวางวัตถุที่ต้องการเก็บข้อมูลระยะทางลงบนแท่นหมุน โดยทำการหมุนวัตถุเพื่อเก็บข้อมูลระยะทางของวัตถุทั้ง 360° ลักษณะการสแกนโดยการหมุนวัตถุส่วนใหญ่จะใช้ร่วมกับหลักการเก็บข้อมูลระยะทางด้วยหลักการสามเหลี่ยมแบบแอ็คทิฟด้วยลำแสงแบบเส้น (Light Stripe Triangulation) เมื่อทำการฉายแสงลงไปในวัตถุแล้วทำการเก็บข้อมูลโดยกล้องวิดีโอ ก็จะสามารถนำมาคำนวณหาข้อมูลระยะทางของวัตถุได้อย่างได้ ถ้าทำการหมุนวัตถุเคลื่อนที่ไปเป็นมุมต่างๆก็จะทำให้ได้ข้อมูลระยะทางในมุมอื่นๆของวัตถุ หากทำการหมุนไปเรื่อยๆจนครบ 360° ก็จะทำให้ได้ข้อมูลระยะทางของวัตถุครบทุกส่วนของวัตถุ ดังนั้นการสแกนด้วยการหมุนวัตถุนี้จะทำให้ได้ข้อมูลระยะทางของวัตถุครบทั้ง 360° จึงนิยมนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของวัตถุดังแสดงในรูปที่ 2.4



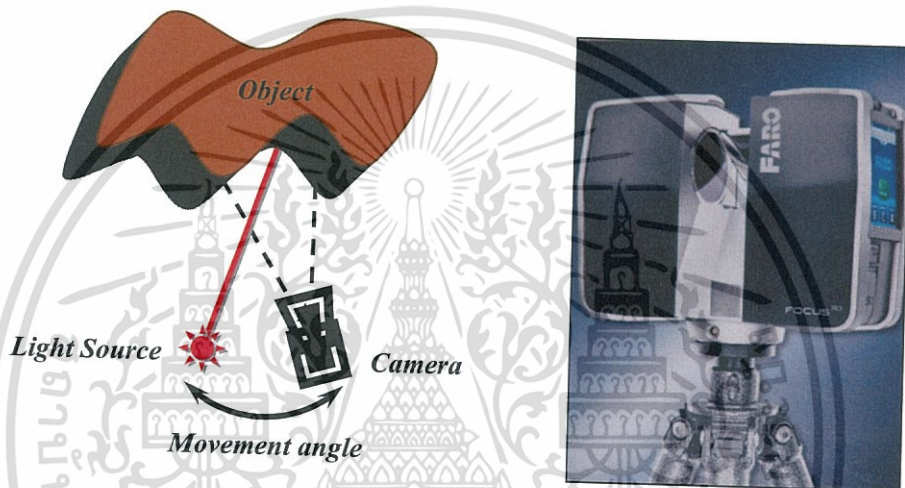
รูปที่ 2.4 (ก) แสดงวิธีการสแกนของรูปแบบการสแกนวัตถุโดยการหมุนวัตถุ

(ข) แสดงภาพที่ได้จากการใช้รูปแบบการสแกนวัตถุโดยการหมุนวัตถุ

2.4.2 การสแกนโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพ

การสแกนโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพจะกำหนดให้วัตถุที่ต้องการเก็บข้อมูลระยะทางวางอยู่กับที่ ส่วนที่เคลื่อนที่จะเป็นส่วนของแหล่งกำเนิดแสงเพียงอย่างเดียว ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีนี้จะใช้ร่วมกับหลักการเกี่ยวกับเวลาที่สูญเสียไปโดยการใช้แสง (LIDAR : Light Detection And Ranging) หรือส่วนเคลื่อนที่จะเป็นส่วนของแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์ตรวจจับภาพ ในกรณีนี้จะใช้ร่วมกับการเก็บข้อมูลระยะทางด้วยหลักการสามเหลี่ยมแฉีกที่ใช้แสงแบบจุด (Light Spot Triangulation) อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการควบคุมการหมุนหรือเปลี่ยนมุมของแสงคือ MEMS (Micro Electro Mechanical System) ซึ่งเป็นอุปกรณ์นี้ประกอบด้วยกระจกขนาดเล็กและส่วนควบคุมการเอียงของกระจก การสแกนโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพจะนิยมใช้ในงานการสร้างแผนที่สามมิติ หรือการเก็บข้อมูลของวัตถุขนาดเล็กเพราะจะใช้เวลาในการสแกนมากดังแสดงในรูปที่ 2.5

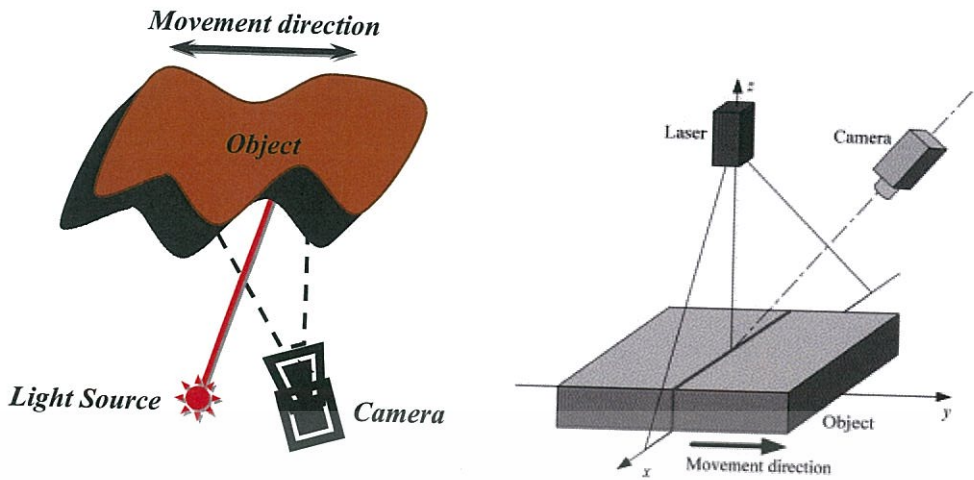


รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบการสแกนวัตถุโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพ

2.4.3 การสแกนโดยการเคลื่อนที่ของวัตถุ

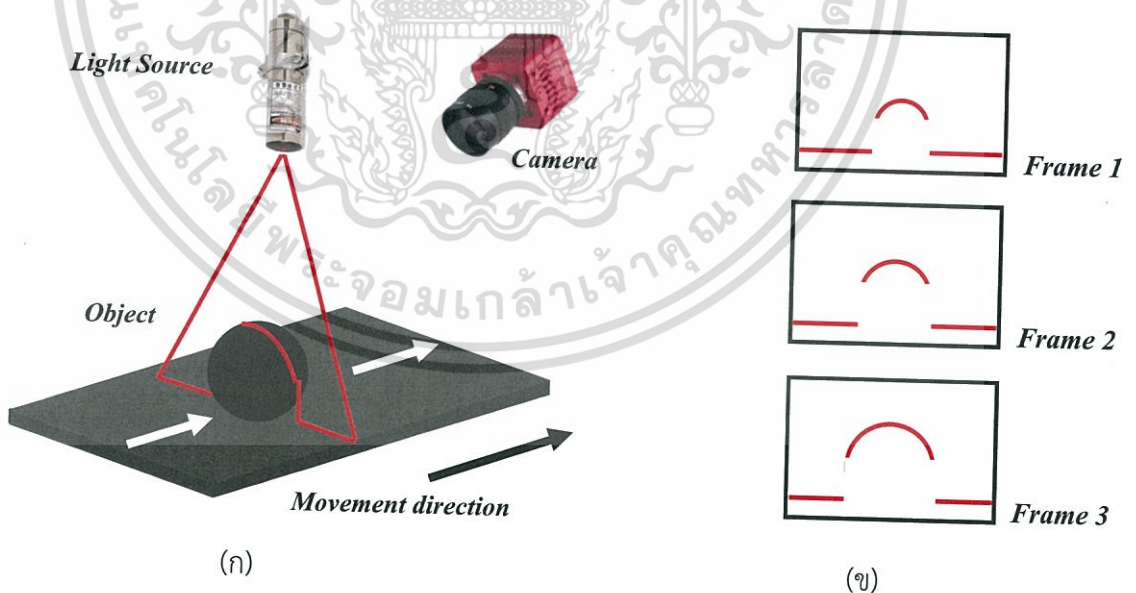
การสแกนโดยการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือเรียกว่า การสแกนโดยใช้แสงแบ่งส่วนของวัตถุ (Light Sectioning) เป็นเทคนิคการวัดรูปทรงแบบตัดขวางที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในขบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งการสแกนโดยใช้แสงแบ่งส่วนของวัตถุเป็นส่วนที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ด้วย ซึ่งวิธีนี้เปรียบเสมือนจะเป็นการแบ่งวัตถุ 3 มิติออกเป็นส่วนย่อยๆ (2 มิติ) ตามแนวความยาวของวัตถุ โดยการฉาย (Projection) แหล่งกำเนิดแสงลงบนพื้นผิววัตถุเพื่อให้เกิดเป็นลักษณะตามพื้นผิว (Surface Feature) ของวัตถุที่แสงตกกระทบ ซึ่งส่วนมากแล้วแหล่งกำเนิดแสงจะใช้เส้นเลเซอร์สีแดง เนื่องจากการนำมาวิเคราะห์และประมวลผลทำได้ง่าย นอกจากนั้นยังช่วยลดขั้นตอนในการแบ่งส่วนวัตถุหรือภาพ (Image segmentation) ดังแสดงในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการสแกนโดยการใช้แสงแบ่งส่วนวัตถุ (Light-Sectioning)

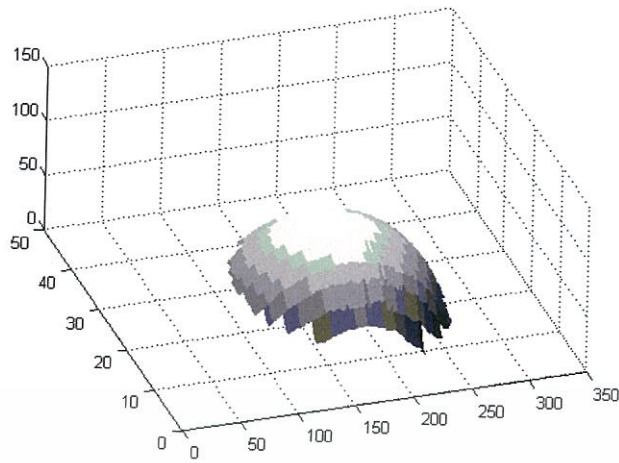
โดยแสงที่กระทบกับพื้นผิวของวัตถุจะถูกจับภาพและบันทึกไว้ด้วยกล้องที่วาง ทำมุมเอียงกับแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งข้อมูลของรูปที่ได้มาจะเปรียบเสมือนเป็นข้อมูลความหนาและความกว้างในแต่ละจุดบนพื้นผิววัตถุ เมื่อทำการเคลื่อนที่วัตถุก็จะได้ข้อมูลในส่วนต่อไปของวัตถุในลักษณะของภาพตัดขวางของแต่ละส่วน และนำภาพตัดขวางแบบ 2 มิติแต่ละส่วนของวัตถุมารวมกันเพื่อสร้างเป็นภาพตัดขวาง 3 มิติที่เป็นตัวบอกได้ถึง ความกว้าง ความสูง และความยาวของวัตถุนั้นๆ



รูปที่ 2.7 (ก) แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านเส้นแสง

(ข) แสดงรูปที่ได้ในเฟรมต่างๆเมื่อมีวัตถุตัดผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการนำภาพตัดขวางแต่ละส่วนมารวมเพื่อสร้างภาพตัดขวาง 3 มิติ

จากรูปที่ 2.7 (ข) แสดงรูปที่ได้จากกล้องในเฟรมต่างๆเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านทำให้เส้นแสงเลเซอร์เปลี่ยนแปลงรูปร่างไปตามพื้นผิวของวัตถุ โดยรูปร่างของเส้นแสงที่ได้จะบอกถึงคุณลักษณะของวัตถุที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาคุณสมบัติ 2 มิติในเชิงระยะพิคตหรือขนาดของวัตถุที่จะบอกถึงความกว้างและความสูง นอกจากนี้เมื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สอดคล้องกับความเร็วในการเก็บภาพของกล้อง (Frame per second) แล้วทำการเก็บข้อมูลภาพอย่างต่อเนื่องเมื่อนำข้อมูลรูปที่ได้ในแต่ละส่วนที่เป็น 2 มิติของวัตถุมาต่อกันจะทำให้เกิดคุณลักษณะของวัตถุใน 3 มิติดังแสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อหาคุณสมบัติที่เป็นขนาดของวัตถุทั้ง ความกว้าง ความยาว และความหนาของวัตถุ รวมทั้งพื้นที่โดยรวมของวัตถุซึ่งปกตินิยมใช้หลักการของรูปสามเหลี่ยมมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งมีข้อจำกัดคือถ้าการติดตั้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของหลักการรูปสามเหลี่ยมเช่น ระยะห่างระหว่างกล้องกับแหล่งกำเนิดแสงรวมทั้งการทำมุมของกล้องหรือแหล่งกำเนิดแสงมีการคลาดเคลื่อนจากการติดตั้ง นอกจากนี้หลักการของรูปสามเหลี่ยมมีข้อจำกัดในเรื่องขนาดของวัตถุไม่สามารถทำการขยายย่อในการตรวจวัด (Non-scale up)

จากรูปที่ 2.10 ภาพเกรย์สเกลหรือภาพระดับสีเทาหรือก็คือ ภาพขาว-ดำ-เทา โดยจะมีระดับความเข้มของสีเท่าคือ 0-255 (8 bit) ภาพเกรย์สเกลเกิดจากการแปลงภาพสี RGB มาเป็นภาพ Grayscale โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\text{Gray} = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$$

Gray: ค่าความเข้มของสีเทาโดยมีค่าระหว่าง 0-255

R: ค่าความเข้มของสีแดงโดยมีค่าระหว่าง 0-255

G: ค่าความเข้มของสีเขียวโดยมีค่าระหว่าง 0-255

B: ค่าความเข้มของสีน้ำเงินโดยมีค่าระหว่าง 0-255

2.5.3 RGB Image: True Color



รูปที่ 2.11 แสดงชนิดของภาพแบบ RGB Image

(ที่มา : <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/>)

จากรูปที่ 2.11 ภาพในระบบสี RGB ก็หมายความว่าไม่มีเมตริกซ์ขนาด 2D ซ้อนทับกันจำนวน 3 เมตริกซ์ ซึ่งก็คือค่าความเข้มแสงในสีต่างๆ คือสีแดง(R),สีเขียว(G),สีน้ำเงิน(B) ภาพสีในระบบ RGB จะมีจำนวนบิตต่อพิกเซลคือ 24 บิต หมายความว่าสามารถแสดงสีได้ถึง 16,777,216 สี จำนวนบิตของข้อมูลในแต่ละพิกเซลนั้นจะเป็นตัวกำหนดความแตกต่างของระดับสีซึ่งถ้าข้อมูลในพิกเซลนั้นมี 8 บิตก็หมายความว่า 8 บิต = 2^8=256 สี (0-255) Red 8 bit ,Green 8 bit ,Blue 8 bit ,RGB = 24 bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ โปรแกรมที่ใช้ ขั้นตอนการศึกษาและการออกแบบการวัดความ เรียบของแผ่นออร์ฟิตด้วยลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง โดยประกอบไปด้วย การออกแบบระบบแท่นวาง ชิ้นงานพร้อมมอเตอร์ความเร็วต่ำ และตัว Gocator ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์และกล้องรับภาพ โปรแกรมการสแกนชิ้นงาน โปรแกรมการประมวลผลภาพ การทำงานของระบบเบื้องต้นคือ โปรแกรมประมวลผลภาพที่ได้จากตัว Gocator ที่ใช้กล้องรับภาพของแสงเลเซอร์ตัดขวางวัตถุ โดย วัตถุจะเคลื่อนที่ไปบนจานหมุนชิ้นงานที่เป็นวงกลม ซึ่งมอเตอร์ที่ติดกับจานหมุนนั้นเชื่อมต่อกับตัว Encoder ในการแปลงค่าส่งไปยังตัว Gocator โดยมี Master100 เป็นตัวรับค่า

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์กำเนิดแสงเลเซอร์และรับ ภาพ (Gocator) Master100 จานหมุน มอเตอร์ และตัวเข้ารหัส ซึ่งมีดังนี้

3.1.1 LMI Gocator

LMI Gocator ที่ใช้นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักการของแสงเลเซอร์ตกกระทบกับวัตถุและ เก็บบันทึกด้วยกล้องที่ติดอยู่กับอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2 [7] และแสดงผลภาพก็ต่อเมื่อมี การส่งสัญญาณโดยผ่านเข้ากับตัว Master100 ซึ่งเป็นตัวที่รับการจ่ายไฟและสัญญาณ Encoder จาก การเคลื่อนไหวของวัตถุและส่งข้อมูลแสดงผลในโปรแกรม Gocator โดยการต่อสาย LAN จากตัว Master100 เข้าไปที่ตัวคอมพิวเตอร์โดยตรวจสอบข้อมูลได้จากการเข้า Web Browser IP Address 191.128.2.10 และเลือกหน้า Scan เพื่อตรวจสอบ Profile จากเลเซอร์หรือ Surface ที่ได้จากกล้อง ที่เก็บบันทึก [7]

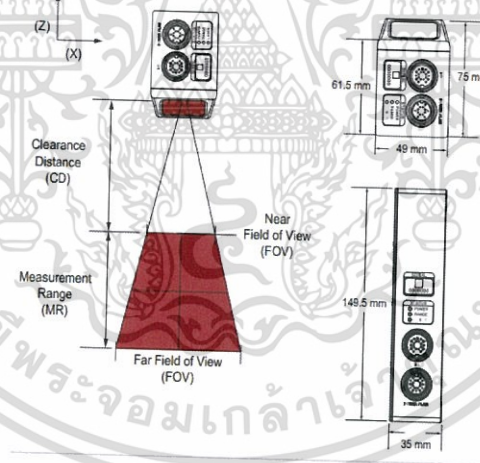


รูปที่ 3.1 แสดง LMI Gocator Series 2350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดง Datasheet Gocator series2300

Gocator 2300 series Model	Gocator 2350
Data Points / Profile	1280
Linearity Z (+/- % of MR)	0.01
Resolution Z (mm)	0.019 - 0.060
Resolution X (mm)(Profile Data Interval)	0.150 - 0.300
Repeatability Z (μm)	2
Clearance Distance (CD) (mm)	300
Measurement Range (MR) (mm)	400
Field of View (FOV) (mm)	158 - 365
Recommended Laser Class	3R
Available Laser Classes	3B
Dimensions (mm)	Top Mount 49x75x272
Weight (kg)	1.3

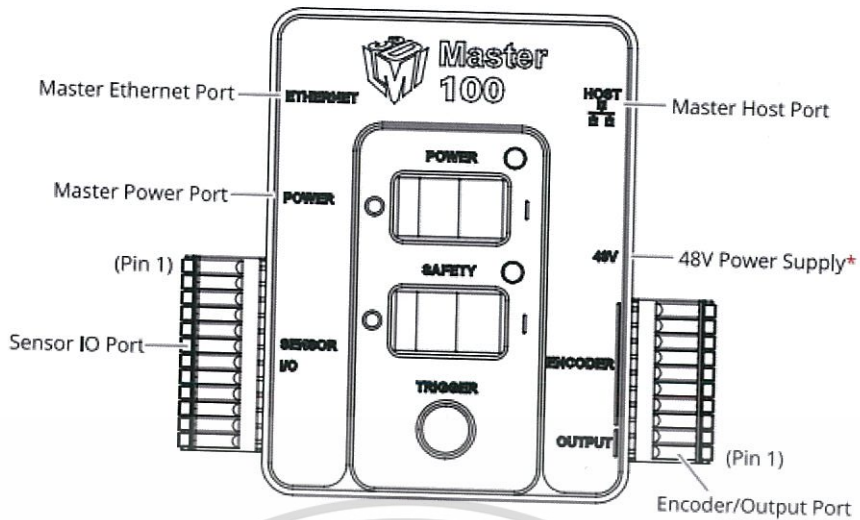


รูปที่ 3.2 แสดงการอธิบายรายละเอียดของ Gocator

3.1.2 Master 100

เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการทำงานระหว่าง Gocator ส่วนที่ใช้สแกนกับโปรแกรมที่ใช้ควบคุมโดยมีสวิตช์ Power ในการเปิด-ปิด และช่อง ETHERNET เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างตัว Gocator และ Computer ในส่วนช่อง Encoder จะเอาไว้เชื่อมต่อระหว่างตัว Gocator ส่วนที่สแกนกับ Encoder ที่แปลรหัสการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกละเอียดแสดงในรูปที่ 3.3

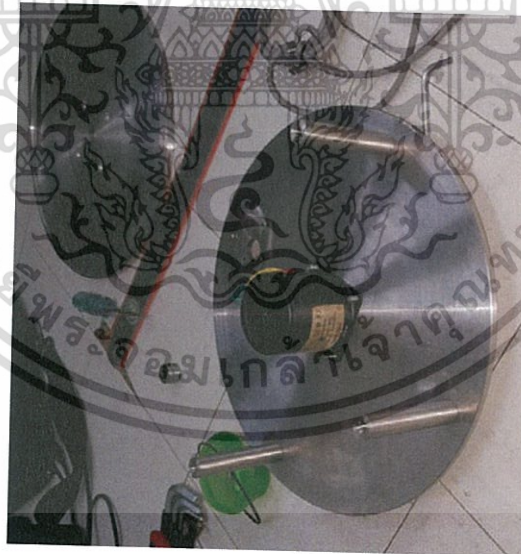
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบของ Master100

3.1.3 ฐานงานหมุน

แบ่งเป็น 3 ส่วนสำคัญคือฐานรองไว้สำหรับวางแผ่นออร์ฟิก มอเตอร์ควบคุมการหมุน และ Encoder แปลงการหมุนไปที่ตัว Master100 ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของฐานงานหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 มอเตอร์

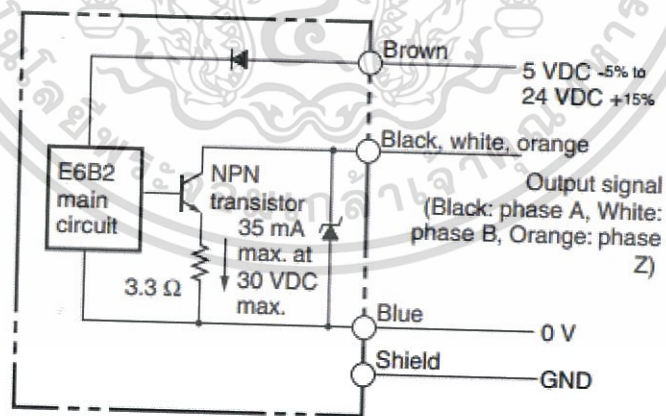
มอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการหมุนเป็น Type: 60KTYZ ซึ่งเป็น synchronous AC motor ประกอบด้วยโรเตอร์ซึ่งหมุนเป็นจังหวะไปพร้อมกันกับการหมุนรอบของสนามแม่เหล็กโดยมีคุณสมบัติตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงคุณสมบัติของ Motor type : 60KTYZ

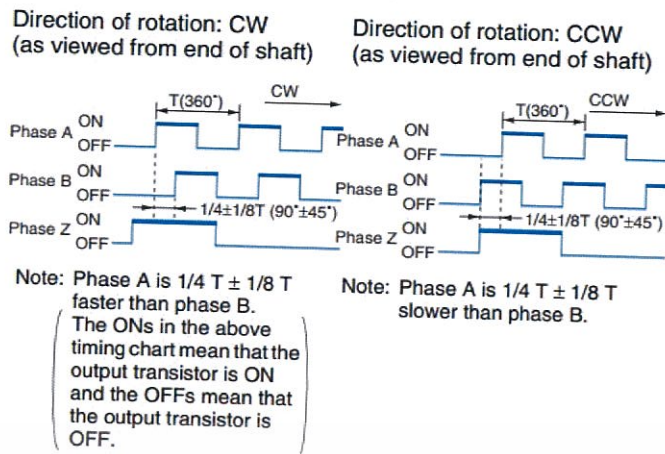
3.1.5 ตัวเข้ารหัส (Encoder)

ตัวเข้ารหัส (Encoder) ที่ใช้เป็น Model รุ่น E6B2-CWZ6C ซึ่งต่อร่วมกับ Master100 เพื่อเป็นตัวส่งสัญญาณให้กับตัวสแกนทำงานจบใน 1 รอบดังแสดงในรูปที่ 3.6 และ 3.7 [6]



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรของ Encoder Model : E6B2-CWZ6C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



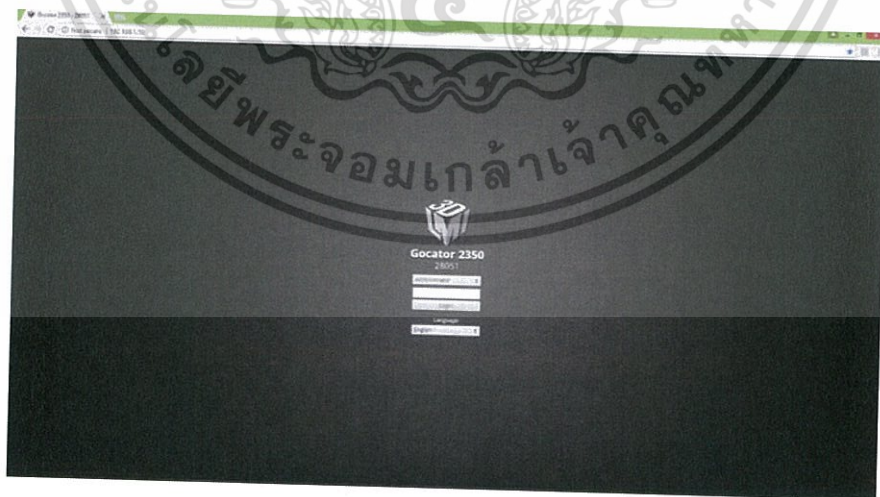
รูปที่ 3.7 แสดงการทำงานของสัญญาณ Encoder Model : E6B2-CWZ6C

3.2 โปรแกรมที่ใช้

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองประกอบไปด้วย โปรแกรมสำหรับควบคุมอุปกรณ์ Gocator และ โปรแกรม MATLAB ซึ่งมีดังนี้

3.2.1 โปรแกรมสแกน Gocator

ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสแกนแผ่นออปติคโดยจะกำหนดค่าของตำแหน่งวัตถุที่ต้องการสแกนโดยมีการกำหนดทั้งขอบเขตวัตถุ ความเร็วที่ใช้ใน 1 รอบการสแกนดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูป 3.8 แสดงหน้าโปรแกรม Gocator

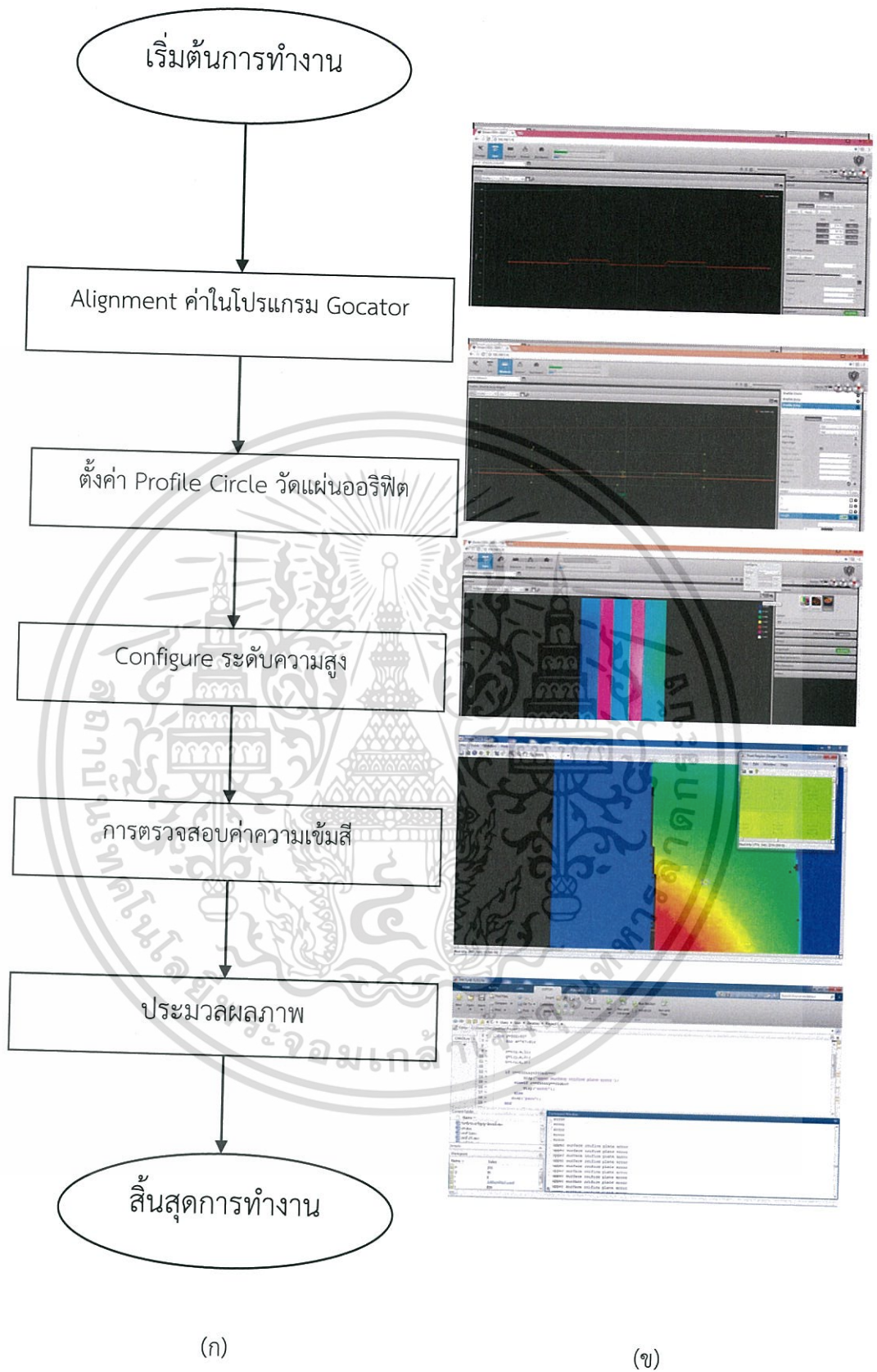
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Alignment ค่าในโปรแกรม Gocator การตั้งค่า Profile Circle ในโปรแกรม Gocator การ Configure ระดับความสูง การตรวจสอบค่าความเข้มสี และการประมวลผลภาพ

จากรูปที่ 3.9 (ก) แสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ และ (ข) แสดงภาพที่ได้จากขั้นตอนต่างๆ ซึ่งถูกดำเนินการโดยโปรแกรม Gocator และโปรแกรม MATLAB โดยแต่ละกระบวนการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



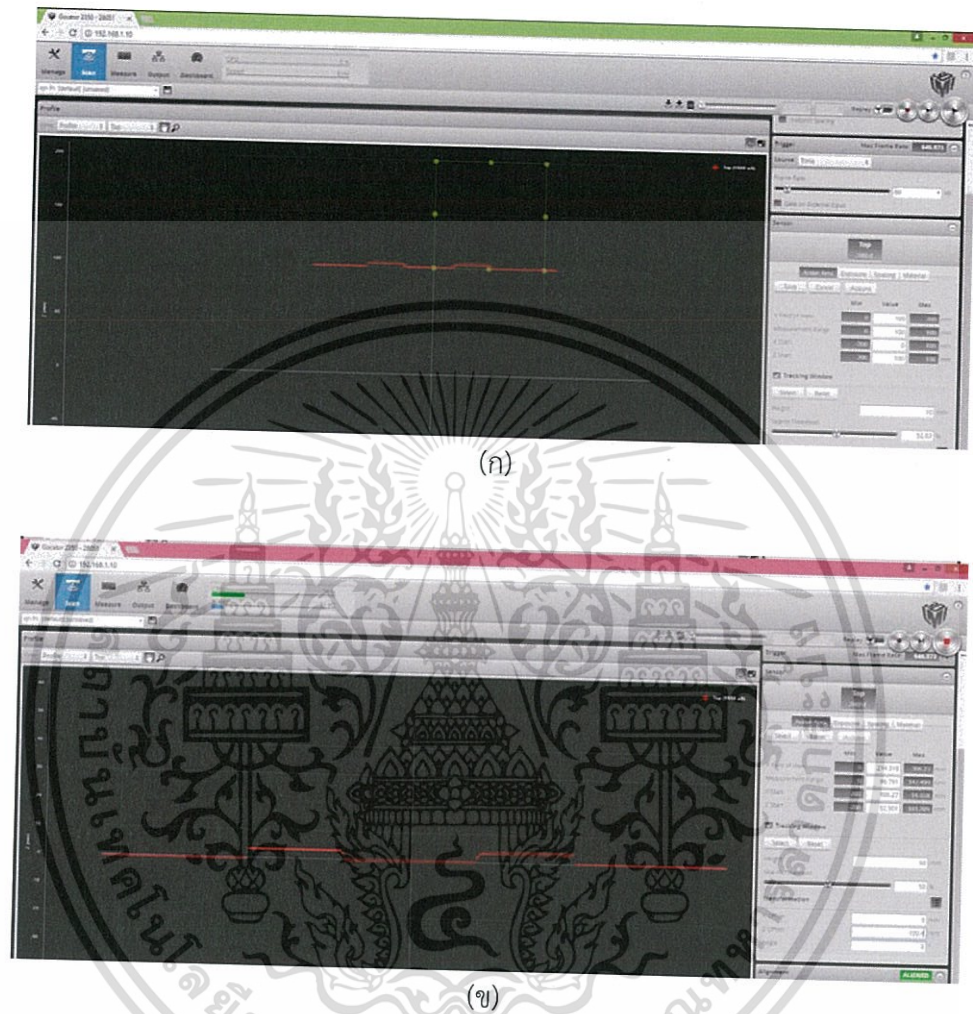
รูปที่ 3.9 (ก) แสดงขั้นตอนการทำงาน

(ข) แสดงภาพของการงานขั้นตอนนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 Alignment ค่าในโปรแกรม Gocator

เป็นกระบวนการในการตั้งค่าการแสดงผลที่ได้จากการสแกนวัตถุด้วยลำแสงเลเซอร์ ตัดขวางให้ตรงกับค่าความเป็นจริง โดยการปรับค่า Offset ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงการปรับค่า Offset ของโปรแกรม Gocator

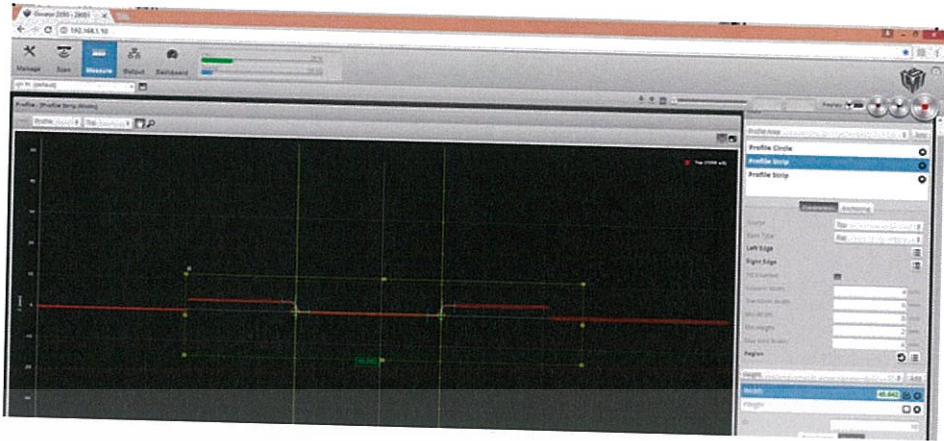
(ก) ภาพลำแสงเลเซอร์ตัดขวางวัตถุที่ยังไม่ปรับ Offset

(ข) ภาพลำแสงเลเซอร์ตัดขวางวัตถุที่ปรับ Offset

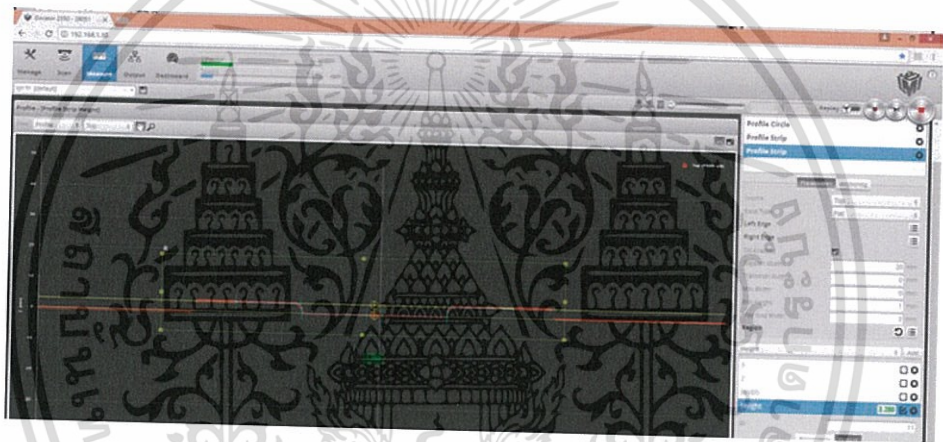
3.3.2 วัดค่า Profile Circle แผ่นออริฟิต

เป็นกระบวนการในการวัดและตรวจสอบวัตถุแบบไม่สัมผัสโดยใช้ลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง เพื่อนำมาคำนวณค่าความราบเรียบ (Flatness) ตามมาตรฐานที่ได้ทำการศึกษาตามัดสมการที่ (2.1) โดยเราจะใช้ Profile Strip ในการวัดค่า d ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และ Height ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ใช้ Profile circle ในการวัดค่า D ดังแสดงในรูปที่ 3.13 และแสดงผลในหน้า Dashboard ดังแสดงในรูปที่ 3.14

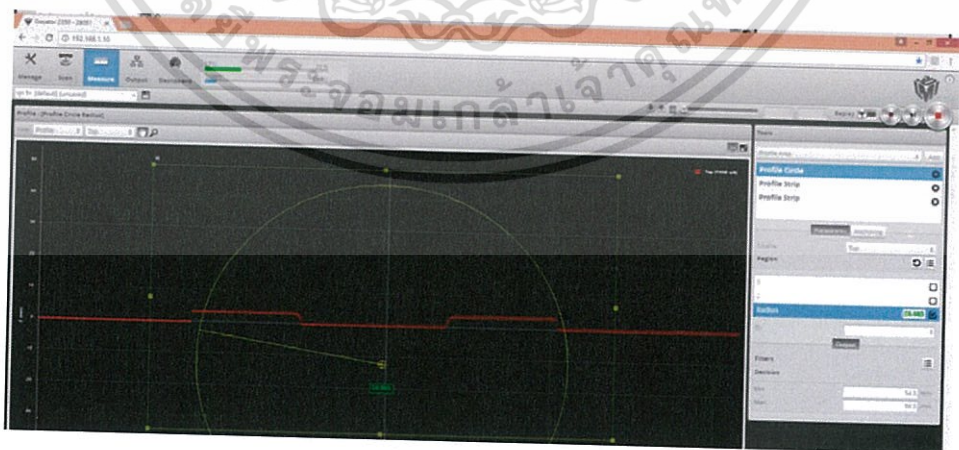
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงการวัดค่า d (Orifice Diameter)

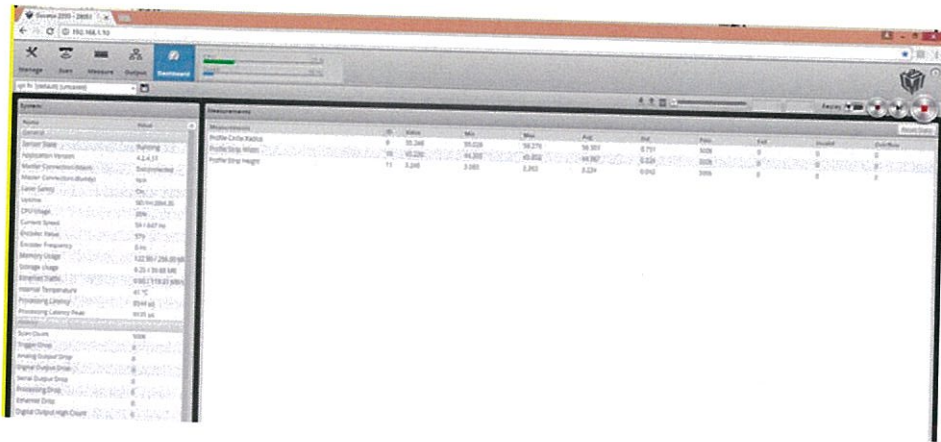


รูปที่ 3.12 แสดงการวัดค่า Height



รูปที่ 3.13 แสดงการวัดค่า D(Tubing diameter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงหน้าต่างแสดงผล Dashboard

3.3.3 Configure ระดับความสูง

เป็นกระบวนการที่ Configure ความสูงเพื่อกำหนดสีในแต่ละระดับความสูงซึ่งแสดงทั้งหมด 7 สี โดยการ Configure นี้มาจากการคำนวณค่าราบเรียบ (Flatness) ตามมาตรฐานที่ได้ทำการศึกษาตามสมการที่ (2.1) ดังแสดงในรูปที่ 3.15

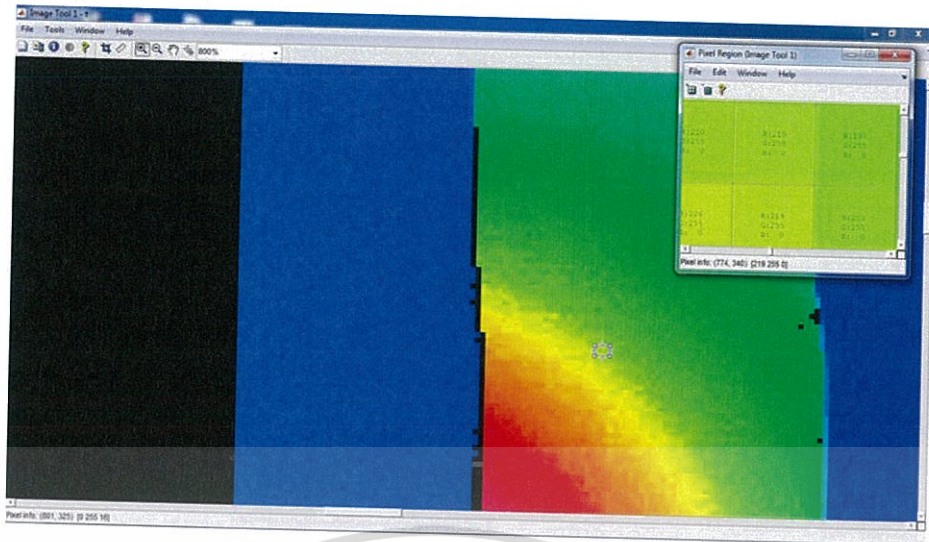


รูปที่ 3.15 แสดงการ Configure ระดับความสูง

3.3.4 การตรวจสอบค่าความเข้มสี

เป็นกระบวนการที่ตรวจสอบค่าสี RGB ที่ระดับความสูงที่เกินค่าสูงสุดที่ยอมรับได้เพื่อนำมาเขียน Code ตรวจสอบค่าสีโดยใช้โปรแกรม MATLAB โดยใช้ `imtool('t')`; ดังแสดงในรูปที่ 3.16

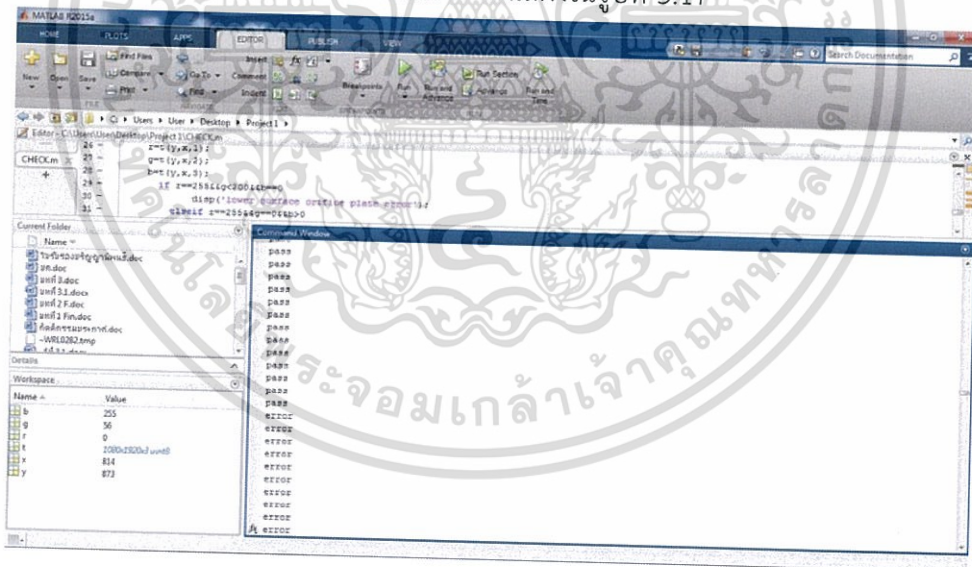
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงการตรวจสอบความเข้มสี

3.3.5 ประมวลผลภาพ

เป็นกระบวนการตรวจสอบภาพที่ได้จากการสแกนโดยใช้ลำแสงเลเซอร์ตัวขวางแผ่นออปติค โดยใช้โปรแกรม MATLAB ตรวจสอบแต่ละ Pixel ว่ามีค่าสี R, G, B ที่อยู่ในขอบเขตที่กำหนดหรือไม่ และแสดงผลใน Command Window ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงการประมวลผลภาพ

3.4 โปรแกรมประมวลผลภาพ

ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับการใช้คำสั่งในการเขียนโค้ดประกอบไปด้วย การอ่านภาพ การตรวจสอบค่าความเข้มสี การแสดงภาพ การอ่านค่าสี RGB และการกำหนดเงื่อนไขที่ยอมรับ

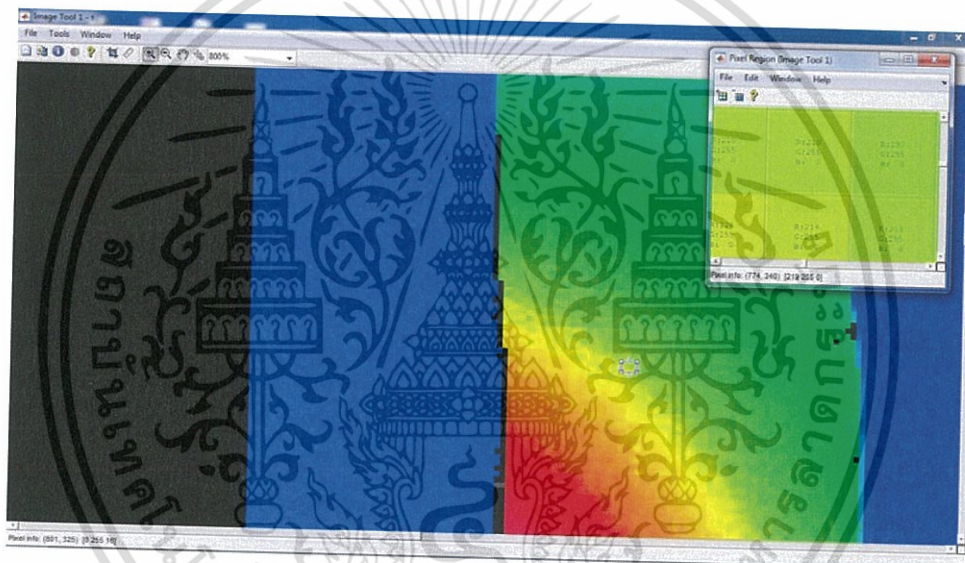
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 คำสั่งการอ่านภาพ

`Var_name = imread('full_path_to_file');` คือ
`Var_name` เป็นการกำหนดชื่อตัวแปร
`imread('full_path_to_file');` เป็นคำสั่งการอ่านภาพจากแหล่งที่อยู่ของข้อมูลภาพ หรือระบุชื่อภาพพร้อมสกุลไฟล์
`t=imread('halfcolor.bmp');`

3.4.2 คำสั่งการตรวจสอบค่าความเข้มสี

`Imtool(var_name);` เป็นคำสั่งการอ่านส่วนประกอบค่าสี RGB ของภาพดังแสดงในรูปที่ 3.18

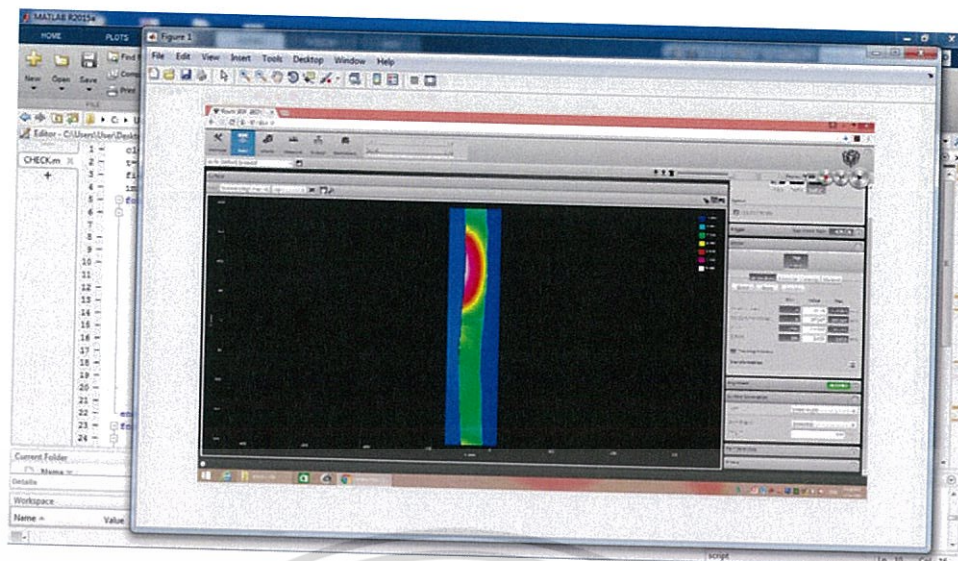


รูปที่ 3. 18 แสดงใช้งานคำสั่ง `imtool` อ่านค่าความเข้มสีแต่ละ Pixel

3.4.3 คำสั่งการแสดงผลภาพ

`figure,imshow(var_name);` เป็นคำสั่งการแสดงผลภาพโดย `figure` เป็นการสร้างกรอบรูปให้แก่คำสั่ง `imshow(var_name)` ซึ่งจะช่วยให้สามารถแสดงได้มากกว่า 1 รูปต่อการ Run โปรแกรม 1 ครั้งดังแสดงในรูปที่ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงการอ่านภาพจากคำสั่ง `figure,imshow(t);`

3.4.4 คำสั่งการอ่านค่าสี RGB

`image_var(y,x,1);` เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าสีแดง R ของ Pixel ที่ (x,y)

`image_var(y,x,2);` เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าสีเขียว G ของ Pixel ที่ (x,y)

`image_var(y,x,3);` เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าสีน้ำเงิน B ของ Pixel ที่ (x,y)

3.4.5 คำสั่งกำหนดเงื่อนไข

`for y=332:407` %เป็นการกำหนดเงื่อนไขให้นับตั้งแต่ y = 332 ถึง 407

`for x=747:813` %เป็นการกำหนดเงื่อนไขให้นับตั้งแต่ x = 747 ถึง 813

`r=t(y,x,1);` %เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าสีแดง R ของ Pixel ที่ (x,y) และเก็บค่าที่ตัวแปร r

`g=t(y,x,2);` %เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าสีเขียว G ของ Pixel ที่ (x,y) และเก็บค่าที่ตัวแปร g

`b=t(y,x,3);` %เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าสีน้ำเงิน B ของ Pixel ที่ (x,y) และเก็บค่าที่ตัวแปร b

`if r==255&&g<200&&b==0`

%เป็นการกำหนดเงื่อนไขถ้าค่าตัวแปร r เท่ากับ 255 และ g น้อยกว่า 200 และค่า b เท่ากับ 0 ให้ทำตามคำสั่งที่ระบุไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

disp('upper surface orifice plate error'); %เป็นคำสั่งที่ให้แสดง'upper surface
orifice plate error ออกมา
elseif r==255&&g==0&&b>0 %เป็นการกำหนดเงื่อนไขถ้าค่าตัวแปร
r เท่ากับ 255 และ g เท่ากับ 0 และค่า
b มากกว่า 0 ให้ทำตามคำสั่งที่ระบุไว้
disp('error'); %เป็นคำสั่งที่ให้แสดง error ออกมา
else %เป็นการกำหนดเงื่อนไขถ้าไม่ใช่ทั้ง 2
เงื่อนไขที่ระบุไว้ให้ทำตามคำสั่งที่ระบุไว้
disp('pass'); %เป็นคำสั่งที่ให้แสดง pass ออกมา
end %สิ้นสุดการทำงานของloop
if-condition
x=x+1; %เพิ่มค่า x ขึ้นทีละ 1
end %สิ้นสุดการทำงานของloop for x
y=y+1; %เพิ่มค่า y ขึ้นทีละ 1
end %สิ้นสุดการทำงานของloop for y
for y=840:872 %เป็นการกำหนดเงื่อนไขให้นับตั้งแต่ y = 840 ถึง 872
for x=747:813 %เป็นการกำหนดเงื่อนไขให้นับตั้งแต่ x = 747 ถึง 813
r=t(y,x,1); %เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าสีแดง R ของ Pixel ที่ (x,y) และเก็บค่าที่ตัวแปร r
g=t(y,x,2); %เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าสีเขียว G ของ Pixel ที่ (x,y) และเก็บค่าที่ตัวแปร g
b=t(y,x,3); %เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าสีน้ำเงิน B ของ Pixel ที่ (x,y) และเก็บค่าที่ตัว
แปร b
if r==255&&g<200&&b==0 %เป็นการกำหนดเงื่อนไขถ้าค่าตัวแปร
r เท่ากับ 255 และ g น้อยกว่า 200
และค่า b เท่ากับ 0 ให้ทำตามคำสั่งที่
ระบุไว้
disp('lower surface orifice plate error'); %เป็นคำสั่งที่ให้แสดง lower surface
orifice plate error ออกมา
elseif r==255&&g==0&&b>0 %เป็นการกำหนดเงื่อนไขถ้าค่าตัวแปร
r เท่ากับ 255 และ g เท่ากับ 0 และค่า
b มากกว่า 0 ให้ทำตามคำสั่งที่ระบุไว้
disp('error'); %เป็นคำสั่งที่ให้แสดง error ออกมา
else %เป็นการกำหนดเงื่อนไขถ้าไม่ใช่ทั้ง 2
เงื่อนไขที่ระบุไว้ให้ทำตามคำสั่งที่ระบุไว้

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่เชิงพาณิชย์ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

disp('pass');
end

x=x+1;
end

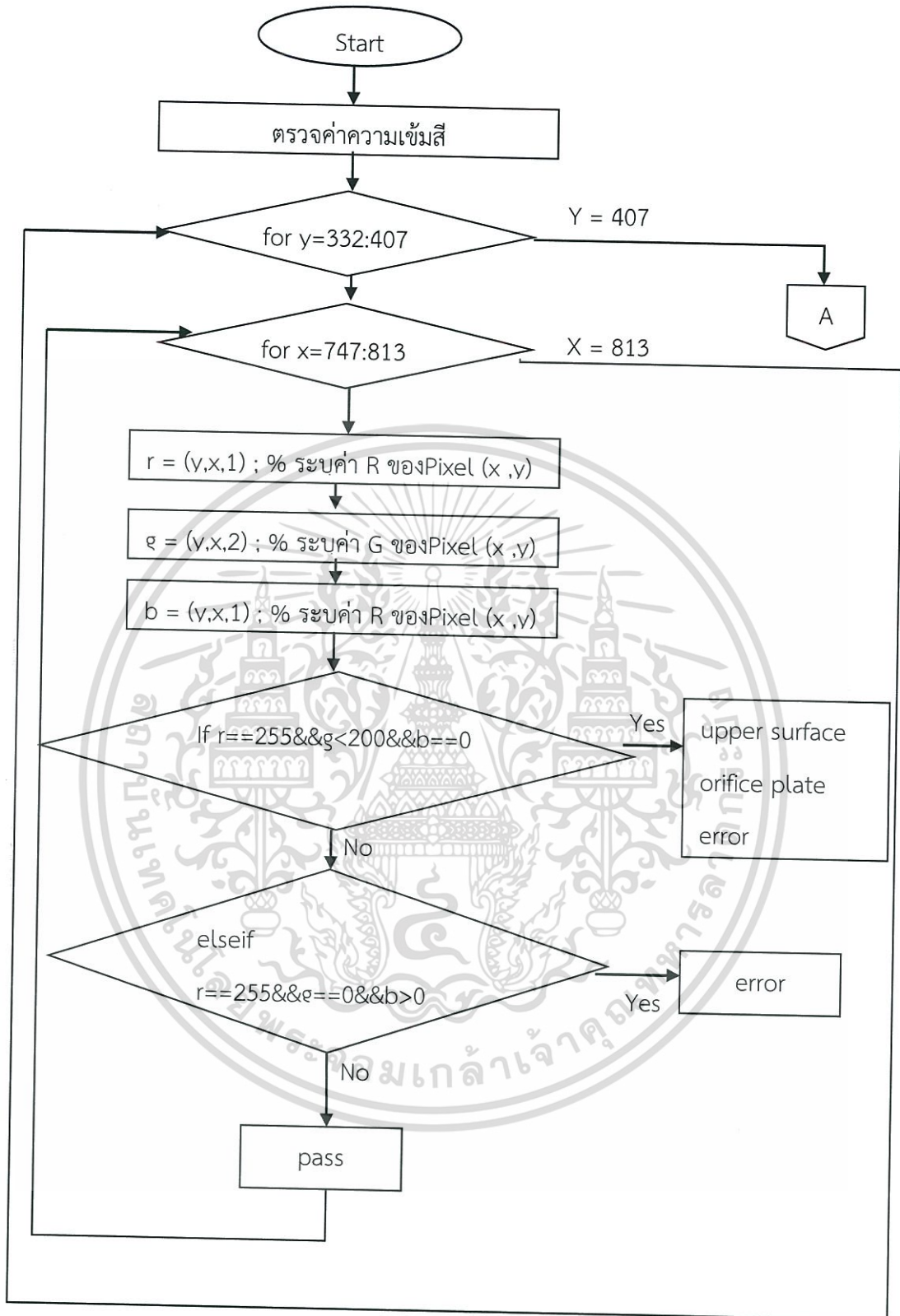
y=y+1;
end

```

%เป็นคำสั่งที่ให้แสดง pass ออกมา
 %สิ้นสุดการทำงานของloop
 if-condition
 %เพิ่มค่า x ขึ้นทีละ 1
 %สิ้นสุดการทำงานของloop for x
 %เพิ่มค่า y ขึ้นทีละ 1
 %สิ้นสุดการทำงานของloop for y

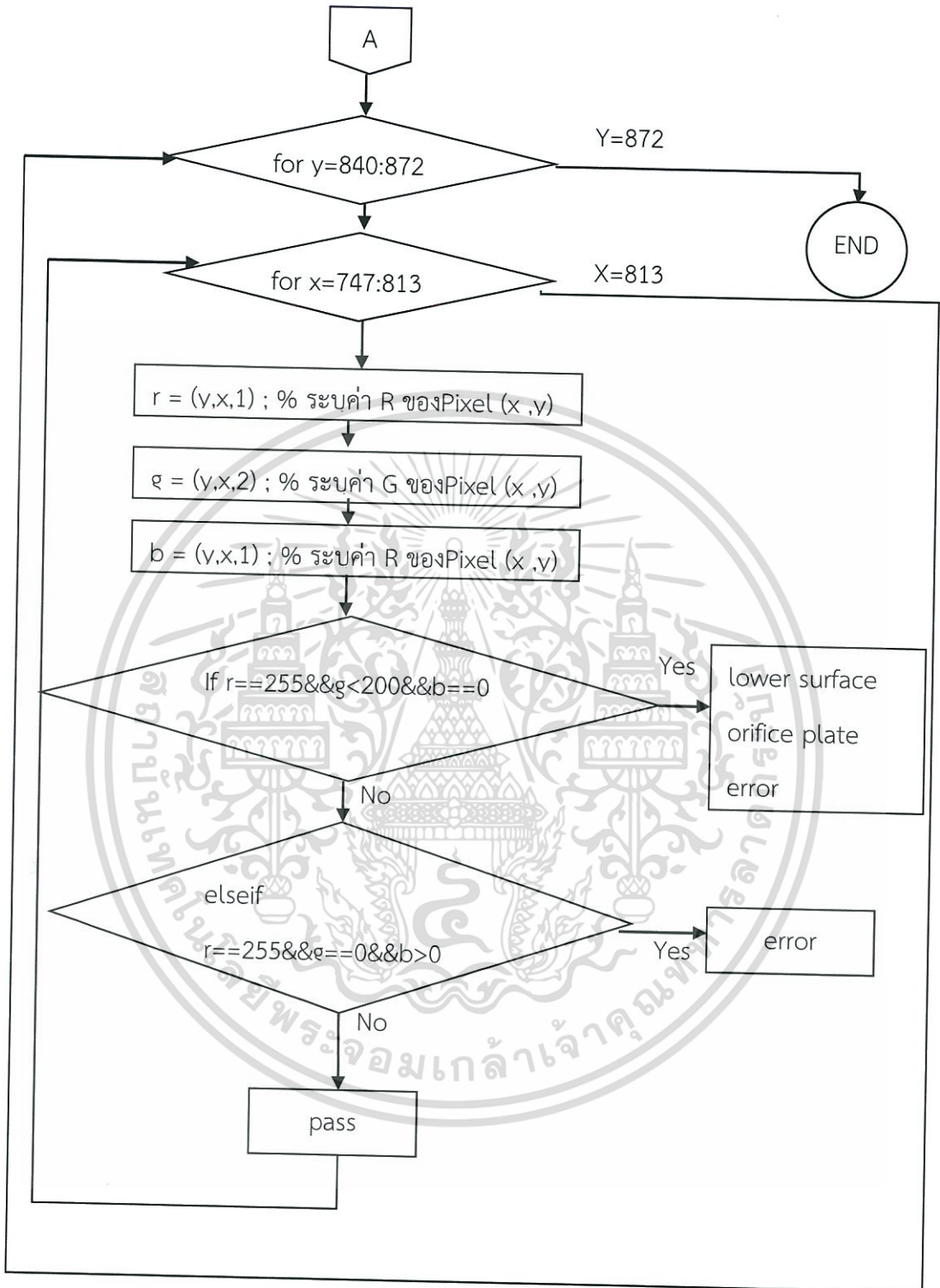


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แสดง Flowchart การทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 (ต่อ) แสดงFlowchart การทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองความราบเรียบของแผ่นออร์ฟิตโดยใช้ลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง โดยทำการทดลองกับแผ่นออร์ฟิตที่ราบเรียบ และแผ่นจำลองที่มีความโค้งงอ เพื่อนำเอาหลักการใช้แสงเลเซอร์แบ่งส่วนวัดมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบ และพัฒนาโปรแกรม MATLAB ให้สามารถตรวจสอบความราบเรียบแผ่นออร์ฟิต

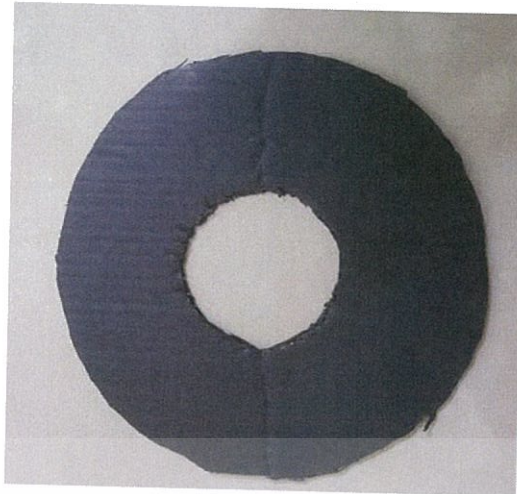
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้อุปกรณ์ Gocator ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์และกล้องบันทึกภาพ ในการวัดค่าความหนา ความกว้าง และความราบเรียบของแผ่นออร์ฟิต เพื่อป้องกันค่าความผิดพลาดจากการใช้อุปกรณ์การวัดแบบสัมผัสและการประมาณค่าโดยใช้สายตาของมนุษย์



รูปที่ 4.1 แสดงแผ่นออร์ฟิตที่ราบเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงแผ่นจำลองที่โค้งงอ

4.2 การสอบเทียบ

ในการทดลองได้ทำการสอบเทียบความถูกต้องของระบบการวัดด้วยการสอบเทียบค่าความหนา ที่ได้จากวิธีลำแสงเลเซอร์ตัดขวางกับการวัดด้วยวิธีเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ซึ่งมีความละเอียดในการวัด 0.01 มิลลิเมตร กับแผ่นออร์ฟิตที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร มีความหนา 3.3 มิลลิเมตร ทำการวัดจำนวน 10 ครั้ง จากตารางที่ 4.1 แสดงการสอบเทียบค่าความผิดพลาดความหนาพบว่าผลที่ได้มีความใกล้เคียงกัน ดังนั้นค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ เมื่อทวนสอบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมประเทศญี่ปุ่นได้ไม่เกิน 5% [10] และ [11]

ตารางที่ 4.1 แสดงการสอบเทียบค่าความผิดพลาดของความหนา

การวัดความหนาแผ่นออริฟิต ครั้งที่	ความหนามาตรฐานของแผ่นออริฟิต (มิลลิเมตร)	ความหนาที่วัดด้วยเวอร์เนียร์ (มิลลิเมตร)	ความหนาที่วัดด้วยวิธีลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง (มิลลิเมตร)	ค่าความผิดพลาด(%)
1	3.200	3.250	3.211	1.20
2	3.200	3.270	3.207	1.92
3	3.200	3.280	3.207	2.23
4	3.200	3.230	3.207	0.71
5	3.200	3.250	3.207	1.32
6	3.200	3.220	3.208	0.37
7	3.200	3.250	3.208	1.29
8	3.200	3.190	3.208	0.56
9	3.200	3.220	3.209	0.34
10	3.200	3.230	3.208	0.68

จากตารางที่ 4.1 สามารถนำมาคำนวณหาค่าความถูกต้อง และความเที่ยงตรงของเครื่องมือการวัดได้จากสูตร

$$\% \text{ ความความถูกต้อง} = 100 \% - \% \text{ ความผิดพลาด} \quad (4.1)$$

$$\% \text{ ความผิดพลาด} = \left| \frac{X_T - X_M}{X_T} \right| * 100 \% \quad (4.2)$$

$$\% \text{ ความเที่ยงตรง} = \left(1 - \left| \frac{X_M - X_T}{X_M} \right| \right) * 100 \% \quad (4.3)$$

จากสมการ (4.1) และ (4.2) คำนวณหาค่าความถูกต้องของเวอร์เนียร์ และอุปกรณ์ Gocator ได้ดังนี้

$$\% \text{ ความผิดพลาด}_{\text{เวอร์เนียร์}} = \left| \frac{3.2 - 3.239}{3.2} \right| * 100 \%$$

$$\% \text{ ความผิดพลาด}_{\text{เวอร์เนียร์}} = 1.21\%$$

$$\% \text{ ความถูกต้อง}_{\text{เวอร์เนียร์}} = 98.79\%$$

$$\% \text{ ความผิดพลาด}_{\text{Gocator}} = \left| \frac{3.2 - 3.208}{3.2} \right| * 100 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ ความผิดพลาด}_{\text{Gocator}} = 0.25\%$$

$$\% \text{ ความถูกต้อง}_{\text{Gocator}} = 99.75\%$$

จากการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของอุปกรณ์การวัดระหว่างเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์กับอุปกรณ์ Gocator จะเห็นว่าอุปกรณ์ Gocator มีความถูกต้องมากกว่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

จากตาราง (4.3) นำมาหาค่าความเที่ยงตรงของเวอร์เนียร์ และอุปกรณ์ Gocator ได้ดังนี้

$$\% \text{ ความเที่ยงตรง}_{\text{เวอร์เนียร์}} = \left(1 - \left| \frac{3.239 - 3.2}{3.239} \right| \right) * 100 \%$$

$$\% \text{ ความเที่ยงตรง}_{\text{เวอร์เนียร์}} = 98.8\%$$

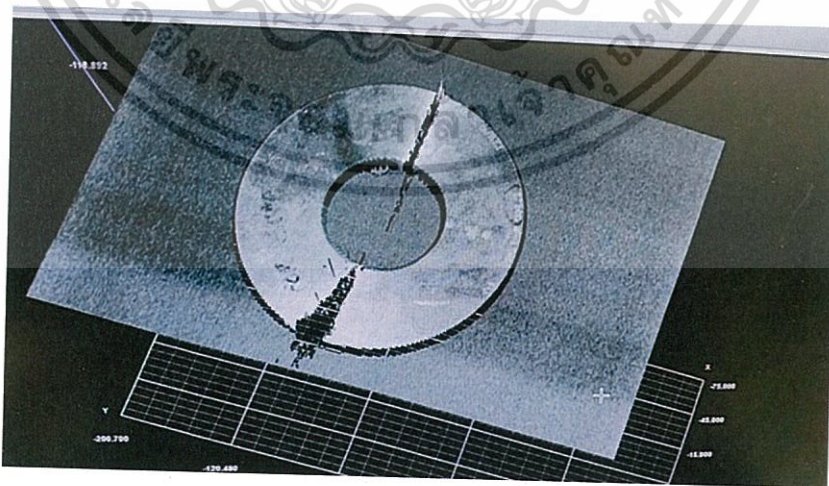
$$\% \text{ ความเที่ยงตรง}_{\text{Gocator}} = \left(1 - \left| \frac{3.208 - 3.2}{3.208} \right| \right) * 100 \%$$

$$\% \text{ ความเที่ยงตรง}_{\text{Gocator}} = 99.75\%$$

จากการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงของอุปกรณ์การวัดระหว่างเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์กับอุปกรณ์ Gocator จะเห็นว่าอุปกรณ์ Gocator มีความเที่ยงตรงมากกว่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

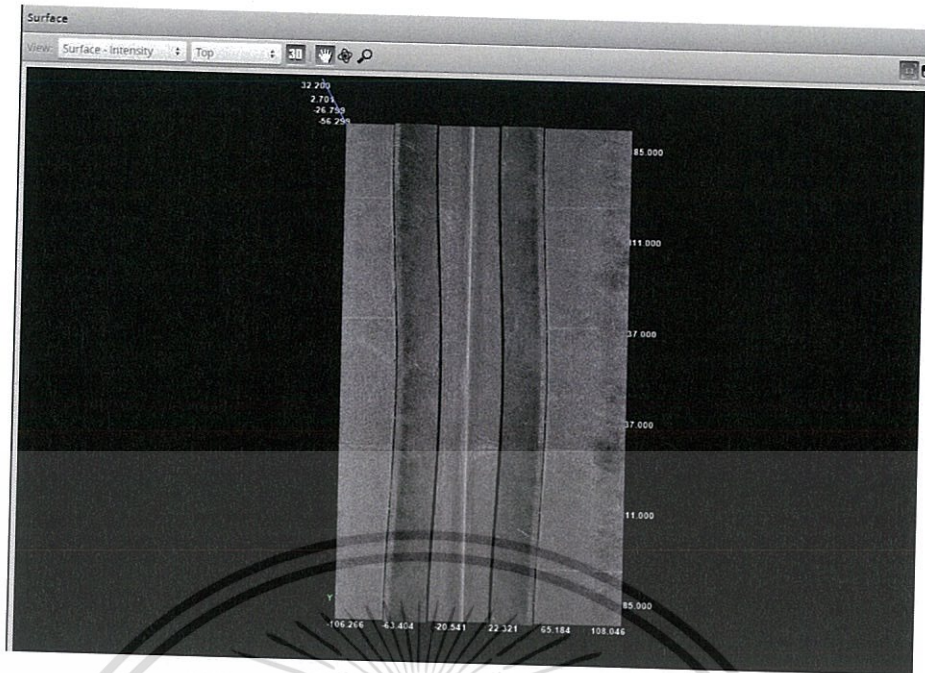
4.3 การวัดค่าแผ่นออร์ฟิตโดยใช้ลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง

ในการทดลองได้ทำการตั้งค่าของอุปกรณ์ Gocator ให้มีความถูกต้องและแม่นยำด้วยการ Alignment ค่า Encoder ต่ออยู่กับอุปกรณ์ Gocator ให้ตรงกับตัว Encoder การเคลื่อนที่แบบหมุนที่ต่ออยู่กับจานหมุน และปรับ z offset ในหน้า Scan-> Profile และทำการเลือกใช้ Profile strip และ Profile circle ในหน้า Measure โดยจะทำการแสดงผลข้อมูลในหน้า Dashboard ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าที่วัด (Value) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)



รูปที่ 4.3 แสดงการสแกนของการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการสแกนของการเคลื่อนที่แบบหมุน



รูปที่ 4.5 แสดงค่าที่ได้จากการวัด

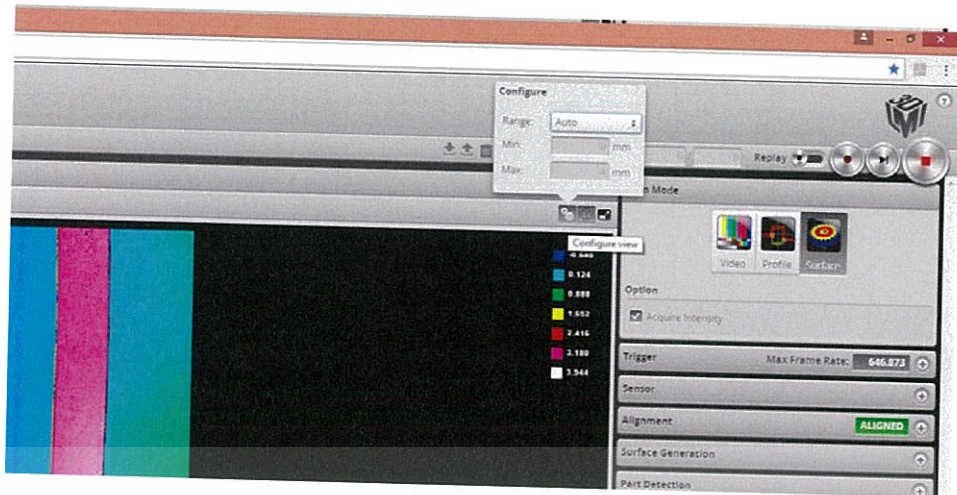
4.4 การ Configure ความสูง

ในการ Configure ค่าระดับความสูงเพื่อแบ่งสีในแต่ละระดับนั้นทำได้โดยการคำนวณค่า Height ที่ได้จากการวัดในหน้า Measure นำมาบวกกับค่าความราบเรียบสูงสุดที่ยอมรับได้เท่ากับ $0.005(D-d)$ จะได้ว่า

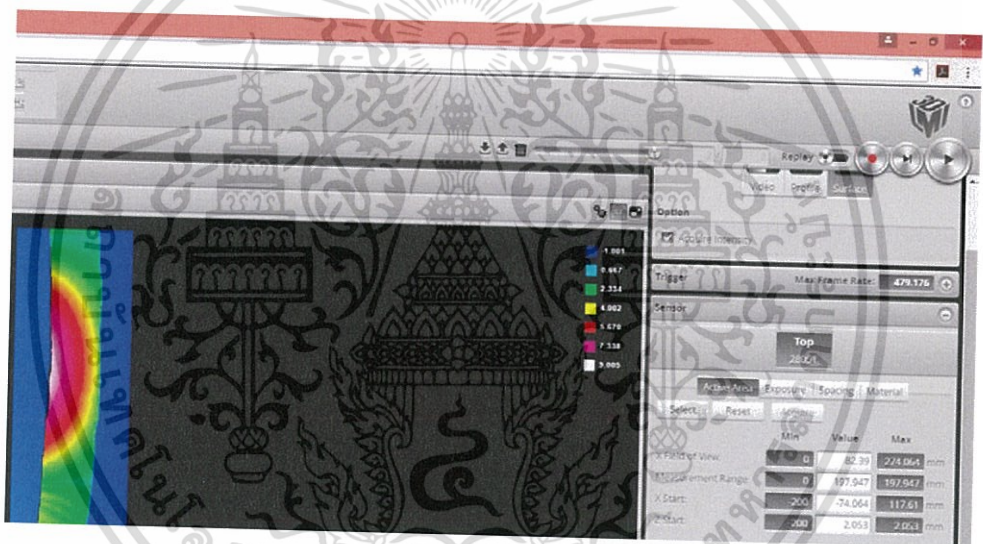
$$3.267 \text{ mm} + 0.005[(2 \times 54.822) \text{ mm} - 45.24 \text{ mm}] = 3.589 \text{ mm}$$

และทำการ Configure ช่วงระดับความสูงที่ต้องการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงการConfigureความสูงแผ่นออริฟิตที่ราบเรียบ

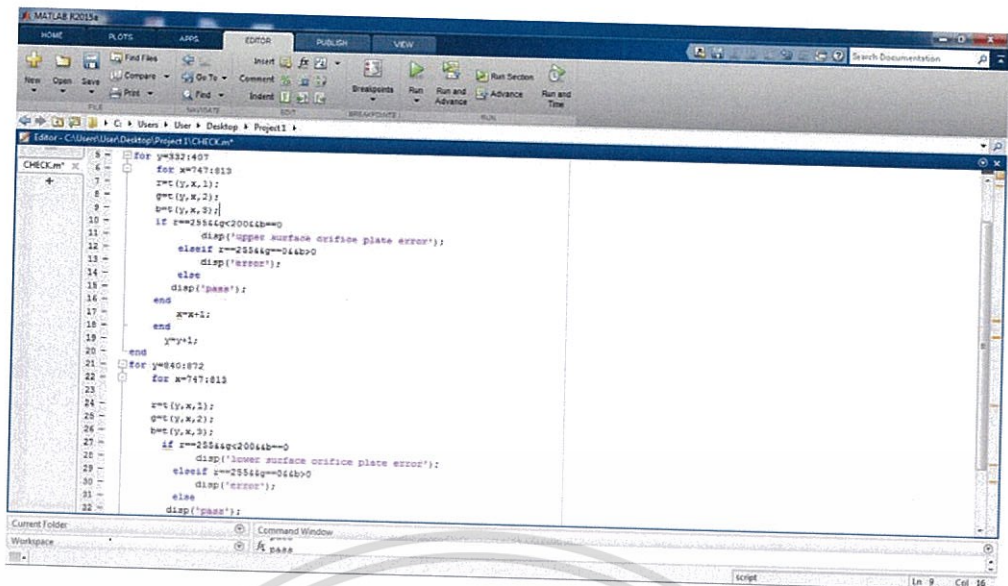


รูปที่ 4.7 แสดงการ Configure ความสูงแผ่นที่โค้งงอ

4.5 การพัฒนาโปรแกรมMATLAB เพื่อประมวลผลภาพ

ในการทดลองนี้จะใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อประมวลผลภาพในแต่ละ Pixel ว่ามีค่าความราบเรียบที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน ISO 5167 โดยตรวจสอบจากค่าความเข้มสีในแต่ละ Pixel โดยจะตรวจสอบในช่วงด้านบน และช่วงด้านล่างตาม ตามมาตรฐานความราบเรียบที่ได้ทำการศึกษาตามคำสั่งสมการที่ (2.1) ซึ่งในการทดลองนี้ค่าที่ อยู่ในช่วงที่ไม่ผ่านมาตรฐานของด้านบนและล่างรวมกัน คือค่าความเข้มสีที่ประกอบไปด้วย $r=255 \& \< 200 \& b=0$ และค่าความเข้มสีที่ไม่ผ่านมาตรฐานเลยเพียงแค่ปรากฏในด้านใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียวนั้นอยู่ในช่วง $r=255 \& g=0 \& b > 0$ ซึ่งสามารถเขียนเงื่อนไข ตรวจสอบได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

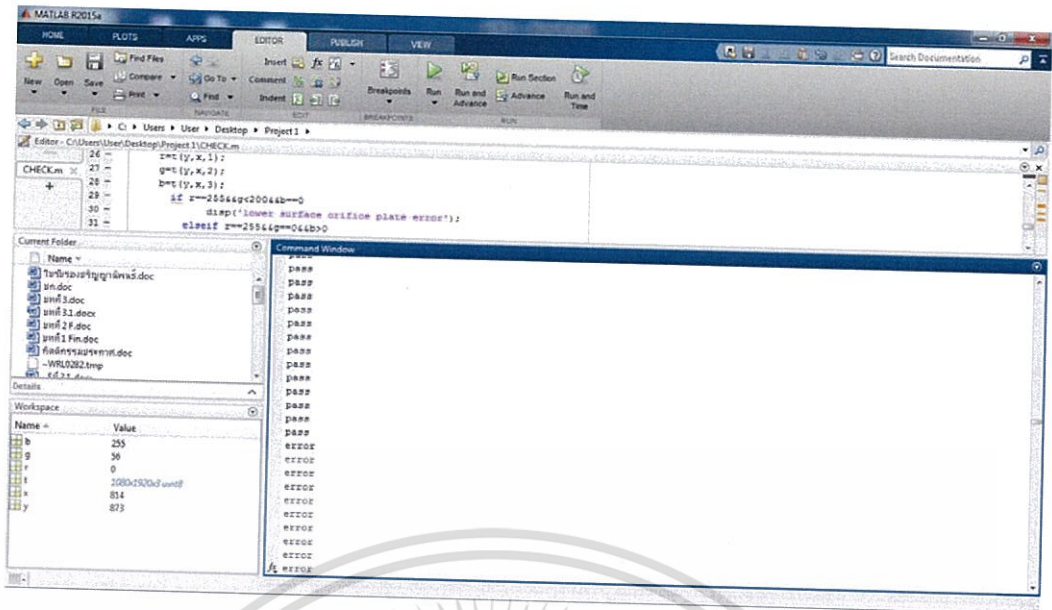


รูปที่ 4. 8 แสดงการเขียนเงื่อนไขเพื่อตรวจสอบภาพ

4.6 ผลการทดลองและวิจารณ์

ระบบการตรวจวัดค่าสามมิติของแผ่นออริฟิตโดยแสงเลเซอร์ตัดขวางวัตถุเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการหาความราบเรียบของแผ่นออริฟิต โดยการหาค่าความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิตและทำการคลี่วงกลมออกมาเป็นเส้นตรงนำมาวัดหาความสูงแบบ Straight scale เพื่อหาค่าความราบเรียบของแผ่นออริฟิตตามมาตรฐานความราบเรียบ ที่ได้ทำการศึกษาตามดั่งสมการที่ (2.1) แล้วใช้โปรแกรม MATLAB มาพัฒนาเพื่อประมวลผลภาพค่าความเข้มสีในระบบสี RGB ซึ่งแผ่นออริฟิตที่ได้ทำการทดสอบมีขนาด 4" เส้นผ่านศูนย์กลาง 111 mm ความสูง 3.2 mm

ในการทดลองแผ่นออริฟิตโดยแสงเลเซอร์ตัดขวางวัตถุ ได้ทำการวัดและประมวลผลข้อมูลในโปรแกรม Gocator เป็นจำนวนมากโดยจะได้ค่าที่วัด (Value) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งได้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $2 \times 54.822 = 109.644$ ความสูงเฉลี่ย 3.267 mm และ Orifice Diameter เฉลี่ย 45.24 mm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ทำการวัดด้วยเวอเนียร์ และนำมาคำนวณค่าความราบเรียบสูงสุดที่ยอมรับได้เท่ากับ 3.589 mm โดยจะสามารถนำมากำหนดค่าความสูงแบบ Straight scale (x, x') จากการนั้นนำข้อมูลภาพที่ได้จากการสแกนมา Configure ความสูงเพื่อระบุสีในแต่ละช่วงความสูงเพื่อนำมาประมวลผลในโปรแกรม MATLAB ที่ได้ทำการพัฒนาแล้ว



รูปที่ 4. 9 แสดงการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม MATLAB

4.7 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองในส่วนของโปรแกรม Gocator ในขั้นตอนแรกคือ Alignment ค่า Encoder ที่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ Gocator โดยการปรับ z offset นั้นเพื่อเป็นการทำให้ค่าที่วัดได้นั้นตรงกับค่าความจริงที่ได้ทำการสแกน และในส่วนของการวัดค่าความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางและค่า Orifice Diameter นั้นค่าที่ได้มีความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) และความเที่ยงตรง (Precision) ซึ่งมีผลดีกว่าการใช้เวอร์เนียร์ตรวจสอบ

ในส่วนของการพัฒนาโปรแกรม MATLAB นั้นทำได้โดยการแยกเมตริกซ์สีที่ซ้อนกันจนทำให้เกิดภาพออกมา โดยในระบบสี RGB นั้นประกอบไปด้วยเมตริกซ์ 3 สีเมตริกซ์ประกอบไปด้วยเมตริกซ์สี R, เมตริกซ์สี G และเมตริกซ์สี B และทำการตรวจค่าความเข้มของสีที่อยู่ในช่วงขอบเขตที่ไม่ผ่านมาตรฐานความราบเรียบของแผ่นออริฟิต กำหนดเงื่อนไข for เพื่อจะได้ตรวจสอบ Pixel ในแต่ละจุด (x,y) กำหนดเงื่อนไข if-else เพื่อตรวจสอบและแสดงผลค่าความเข้มสีที่อยู่ในเงื่อนไขที่ไม่ผ่านมาตรฐานความราบเรียบของแผ่นออริฟิตโดยแสดงผลในหน้าต่าง Command Window ซึ่งผลที่แสดงนั้นมีค่าที่มากเกินไปจึงต้องเลือกช่วงด้านบนและด้านล่างบางส่วนในการตรวจสอบเพื่อลดจำนวนในการแสดงผลข้อมูลออกไป

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการวัดความราบเรียบของแผ่นออริฟิตโดยใช้ลำแสงเลเซอร์ฉายลงบน แผ่นออริฟิตในลักษณะตัดขวาง และแผ่นออริฟิตนั้นถูกวางบนจานหมุนซึ่งถูกหมุนด้วยมอเตอร์ความเร็วต่ำ โดยทำการทดลองวัดค่าความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางและค่า Orifice diameter (d) เปรียบเทียบกับมาตรฐาน ISO 5167 โดยตั้งค่าที่ยอมรับได้ในการวัดและแสดงผลในหน้า Dashboard ซึ่งประกอบไปด้วยค่าที่วัด (Value) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จำนวนที่ผ่าน (Pass) และจำนวนที่ไม่ผ่าน (Fail) ซึ่งค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้จนสามารถนำมาใช้ได้โดยการวัดความราบเรียบของแผ่นออริฟิตโดยใช้ลำแสงเลเซอร์เป็นการวัดแบบไม่สัมผัส ซึ่งมีค่า Accuracy และค่า Repeatability ของการวัดโดยใช้ลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง จากนั้นนำข้อมูลภาพที่ได้จากการสแกนมา Configure ความสูงเพื่อระบุสีในแต่ละช่วงความสูงเพื่อนำมาประมวลผลในโปรแกรม MATLAB โดยการนำข้อมูลภาพจากโปรแกรม Gocator ที่บ่งบอกถึงจุดที่มีความสูงแบบ Straight scale และ สีของจุดนั้น มาพัฒนาในโปรแกรม MATLAB โดยการแยกเมตริกซ์สีที่ซ้อนกันจนทำให้เกิดภาพออกมา โดยในระบบสี RGB นั้นประกอบไปด้วยเมตริกซ์ 3 สีเมตริกซ์ประกอบไปด้วย เมตริกซ์สี R, เมตริกซ์สี G และเมตริกซ์สี B และทำการตรวจค่าความเข้มของสีที่อยู่ในช่วงขอบเขตที่ไม่ผ่านมาตรฐานความราบเรียบของแผ่นออริฟิต กำหนดเงื่อนไข for เพื่อจะได้ตรวจสอบ Pixel ในแต่ละจุด (x, y) กำหนดเงื่อนไข if-else เพื่อตรวจสอบและแสดงผลค่าความเข้มสีที่อยู่ในเงื่อนไขที่ไม่ผ่านมาตรฐานความราบเรียบของแผ่นออริฟิตโดยแสดงผล ในหน้าต่าง Command Window ซึ่งผลลัพธ์ที่แสดงนั้นบ่งบอกว่าแต่ละ Pixel ตกอยู่ในเงื่อนไขใดบ้าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวัดความราบเรียบของแผ่นออริฟิตโดยใช้ลำแสงเลเซอร์ฉายลงบนแผ่นออริฟิต ในลักษณะตัดขวางจะพบปัญหาในการ Alignment ค่า Encoder, Travel Speed และ Fixed Length ซึ่งต้องทำการจับเวลาใน 1 รอบและอาจข้อมูลที่บิดเบือนจากค่าความเป็นจริงเล็กน้อยเพราะไม่ได้กำหนดจุดเริ่มต้นของการสแกน แก้ไขได้โดยการทำการติดเทปใสหรือขีดเส้นกำหนดจุดเริ่มต้นลงบนแผ่นออริฟิตเพื่อบ่งบอกถึงจุดเริ่มต้นโดยการดูในหน้า Scan -> Surface และในส่วนของการ Configure ความสูงเพื่อระบุสีในแต่ละช่วงความสูงจะพบปัญหาในการแบ่งสีที่ไม่ได้ตามระดับความสูงสามารถแก้ไขการเลือก Configure -> Manual และทำการคำนวณระดับช่วงความสูงที่ทำการวัดแบบละเอียดเพื่อจะได้ค่าช่วงสีที่บ่งบอกระดับความสูงนั้นอย่างละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนการพัฒนาโปรแกรม MATLAB การประมวลผลในหน้าต่าง Command Window นั้นแสดงค่าที่มากเกินไปแก้ไขได้โดยการเลือกช่วงด้านบนและด้านล่างบางส่วนในการตรวจสอบ เพื่อลดจำนวนในการแสดงผลข้อมูลออกไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] ฤทัยวรรณ คาคี, ปัทมวัลลี สุวรรณฉัตร และ สุพานี แก้วมีมา, “การจำลองมาตรวัดทางกลศาสตร์โดยการคำนวณผลทางพลศาสตร์ของไทย”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน. 2559
- [2] American Petroleum Institute, “Chapter 14 Natural Gas Fuel Measurement, Section 3 Concentric Square Edged Orifice Meters, Part 2 Specification and Installation Requirement”, pp.4-9, 2000.
- [3] กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ, “พระราชบัญญัติปิโตรเลียม”, 2514
- [4] International Organization for Standardization(ISO), “ISO 5167-2 : Orifice plates”, 2003.
- [5] BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY, “Parameters for Dimensional Inspection of Orifice Plates and Roughness of the Straight Stretches of the Tubing, Verification of flatness”, pp. 5, 2006.
- [6] Omron Corporation, “Incremental 40-mm-dia. Rotary Encoder E6B2-C”, 2010.
- [7] LMI Technology, Inc., “Gocator 2300 & 2880 Series”, 2015.
- [8] Watchanan Chantapakul, “MATLAB ตอนที่ 1-โปรแกรมการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่เจ๋งมาก”, 2559.
- [9] The Mathworks, Inc., “Perform image processing, analysis, and algorithm development”, 2018.
- [10] Japanese Industrial Standard, “Steel Tape Measure”, JIS B 7512, 2005.
- [11] Japanese Industrial Standard, “Metal Rules”, JIS B 7516, 2005.