

กรณีศึกษาผลของความดันสัมผัสต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุด

A STUDY ON THE EFFECT OF CONTACT PRESSURE
ON RESISTANCE SPOT WELDING



นางสาวปาไลตา บัวแก้ว

MS. PALITA BUAKAEW

นางสาวอริญญา ทองนำ

MS. ARANYA THONGNAM

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับปริญญาโทปีการศึกษา 2563 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

A STUDY ON THE EFFECT OF CONTACT PRESSURE ON RESISTANCE SPOT WELDING



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

กรณีศึกษาผลของความดันสัมผัสต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุด
A STUDY ON THE EFFECT OF CONTACT PRESSURE ON RESISTANCE
SPOT WELDING

นักศึกษา

นางสาวปาลิตา บัวแก้ว รหัสประจำตัว 60010613

นางสาวอรัญญา ทองน้ำ รหัสประจำตัว 60011167

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์


(รศ.ดร. กรรณชัย กัลยาศิริ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์	กรณีศึกษาผลของความดันสัมผัสต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุด
นักศึกษา	นางสาวปาไลตา บัวแก้ว นางสาวอริญญา ทองนำ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2563
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.ดร. กรรณชัย กัลยาศิริ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาเกี่ยวกับผลของความดันสัมผัสต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุด ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันสัมผัสและจำนวนชั้นที่สามารถทำการเชื่อมความต้านทานแบบจุดได้ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม ซึ่งการศึกษาจำนวนชั้นที่สามารถทำการเชื่อมความต้านทานแบบจุดได้ของเหล็กกล้าไร้สนิม คาดว่าจะทำให้เวลาในการเชื่อมน้อยลง ช่วยลดต้นทุน และเวลาในการผลิตของกระบวนการเชื่อม โดยใช้แผ่นฟิล์มวัดความดันสำหรับการวัดความดันสัมผัสระหว่างชิ้นงานของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 ที่มีขนาดความยาว 40 mm ความกว้าง 25 mm และความหนา 1 mm และทำการเชื่อมความต้านทานแบบจุดเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 ที่เรียงซ้อนกันแบบต่อเกยมากกว่า 2 ชั้นขึ้นไป ด้วยแรงกด 3.3 กิโลนิวตัน กระแสไฟเชื่อม 7.5 กิโลแอมแปร์ เวลาเชื่อม 25 วินาที และเวลาคัดค่าง 50 วินาที การวัดความดันสัมผัสด้วยแผ่นฟิล์มวัดความดันสามารถวัดความดันสัมผัสของชิ้นงานได้สูงสุด 17 ชั้น ซึ่งค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่วัดได้ของชิ้นงาน 2 ถึง 17 ชั้น คือ 36.4 N/mm^2 โดยความดันสัมผัสและจำนวนชั้นของชิ้นงานมีอิทธิพลต่อขนาดรอยเชื่อม (Nugget) เมื่อเชื่อมแผ่นเหล็ก 2 ชั้นขนาดรอยเชื่อมจะมีรูปทรงเป็นวงรีสมมาตร เมื่อจำนวนชั้นของแผ่นเหล็กเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ขนาดรอยเชื่อมมีขนาดใหญ่ขึ้นตามจำนวนชั้น มีรูปทรงเปลี่ยนจากวงรีสมมาตรเป็นทรงสี่เหลี่ยม และบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 มีขนาดของเกรนโตกว่าขนาดเกรนบริเวณวัสดุพื้น และมีขนาดเกรนที่เล็กลงเรื่อย ๆ เมื่อมีการเพิ่มจำนวนชั้นของแผ่นเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use ^ก only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis Title	A Study on the Effect of Contact Pressure on Resistance Spot Welding
Student	Ms. Palita Buakaew Ms. Aranya Thongnam
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2020
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Kannachai Kanlayasiri

ABSTRACT

This research has studied the effect of contact pressure on resistance spot welding. The objectives of the research are to study the relationship between the contact pressure and the number of layers in the resistance spot welding process of austenitic stainless steel AISI304 and to study the relationship between contact pressure and microstructure of weld in austenitic stainless steel 304. A pressure-sensitive film was used to measure the contact pressure between stainless steels in dimensions of 40 mm x 25 mm, and 1 mm in thickness. After that, resistance spot welding was performed on a lap joint of two layers or more layers of stainless steel with a pressure of 3.3 kN, welding current of 7.5 kA, welding time of 25 cycles, and holding time of 50 cycles. Contact pressure measurement with pressure measuring film can measure the contact pressure of specimen up to 17 layers. The minimum contact pressure average of 2-layer specimen to 17-layer specimen was 36.4 N/mm². It was found that the contact pressure and the layer number of specimens influenced the weld nugget. When 2 layers of stainless sheet was welded, the weld nugget had a symmetrical ellipse shape but when with the increase of number of stainless steel layers the weld nugget grew up and the shape changed to a square one. The grain of heat affected zone was larger than the base metal but when we increase the layer number of stainless steels the size of grain decreased with the increase of number of layers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง “กรณีศึกษาผลของความดันสัมผัสต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุด” สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความรู้และคำแนะนำ ส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้คำแนะนำ การเสนอแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องในปัญหาที่พบระหว่างการศึกษาศึกษาปริญญานิพนธ์ ตลอดจนความเอาใจใส่อย่างดียิ่งในทุก ๆ ด้าน ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้อง และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.ประจักษ์ จิตกุล และนายกำธร สุขพิมาย ผู้ดูแลอาคารปฏิบัติการทางวิศวกรรมภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ดูแล ช่วยเหลือ และแก้ไขปัญหาที่พบในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์การทดลองและการทดสอบต่าง ๆ ระหว่างการศึกษาศึกษาปริญญานิพนธ์กระทั่งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ อันมีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เพื่อใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในขั้นต่อไป

ขอขอบพระคุณ บริษัท ฟุจิฟิล์ม ประเทศไทย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ห่มอบฟิล์มวัดความดัน (Prescale-Fujifilm) สำหรับการศึกษาศึกษาปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

นางสาวปาไลตา บัวแก้ว

นางสาวอรัญญา ทองนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^๑ only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ณ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 แผนการดำเนินงาน.....	4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเชื่อมความต้านทาน.....	5
2.1.1 หลักการทำงานของเครื่องเชื่อมแบบความต้านทาน.....	5
2.1.2 ประเภทของการเชื่อมแบบความต้านทาน.....	6
2.1.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเชื่อมความต้านทาน.....	6
2.2 หลักการเชื่อมความต้านทานแบบจุด.....	9
2.3 ความดันสัมผัส (Contact Pressure).....	12
2.4 ลักษณะของหัวอิเล็กโทรดและการใช้งาน.....	12
2.5 ข้อมูลพื้นฐานของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 304	13
2.5.1 ประเภทของสแตนเลส.....	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยสถาบันเทคโนโลยีลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
2.6 การตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา (Metallurgical Investigation).....	16
2.6.1 การศึกษาโครงสร้างมหภาค (Macrostructure).....	16
2.6.2 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค (Microstructure).....	18
2.7 หลักการทำงานของแผ่นฟิล์มวัดความดัน.....	19
2.7.1 ประเภทของฟิล์มวัดความดัน.....	19
2.7.2 หลักการเกิดสีของฟิล์มวัดความดัน.....	19
2.7.3 ชนิดของแผ่นฟิล์มวัดความดัน.....	20
2.7.4 ระบบการวิเคราะห์ภาพความดันด้วย FPD-8010E.....	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	
3.1 แผนภาพการไหลของการดำเนินงาน.....	23
3.2 การเตรียมองค์ประกอบในการวัดความดันสัมผัสและการเชื่อมชิ้นงาน.....	24
3.2.1 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	24
3.2.2 ขั้นตอนการทดลองวัดความดันสัมผัส.....	28
3.2.3 ขั้นตอนการทดลองเชื่อมความต้านทานชิ้นงาน.....	30
3.3 ขั้นตอนการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค.....	32
บทที่ 4 ผลการดำเนินการ	
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความดันสัมผัสระหว่างชั้นของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม ออสเทนนิติกเกรด AISI304.....	35
4.2 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม.....	48
4.3 ผลการวิเคราะห์ระหว่างค่าความดันสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม.....	56

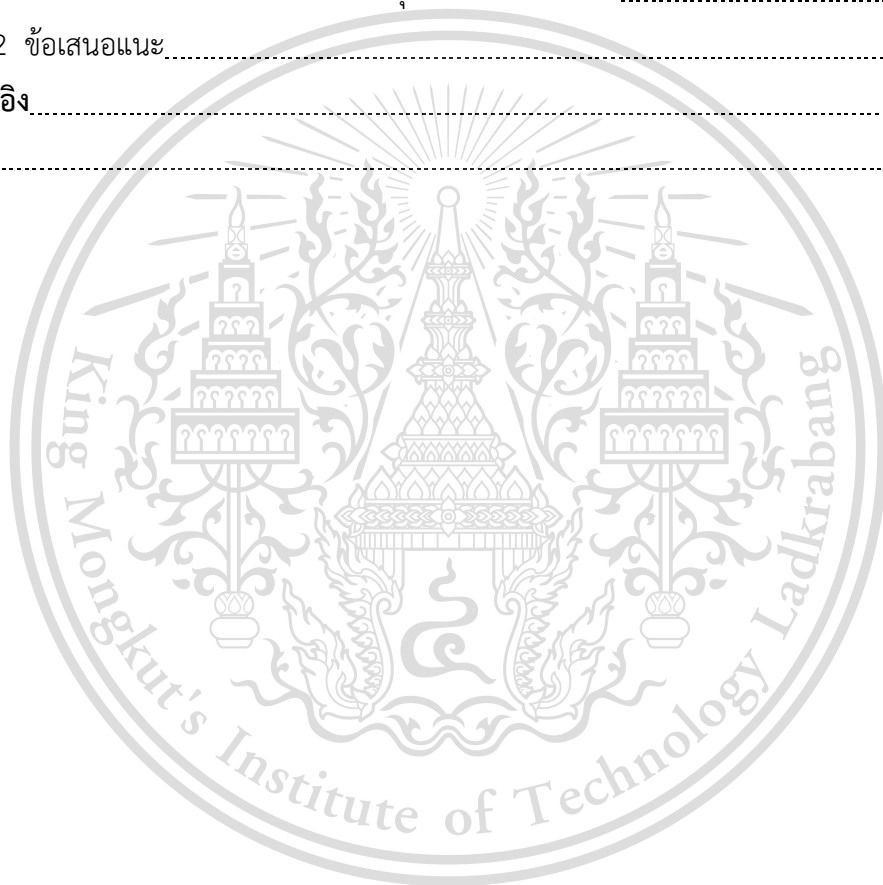
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^๑ only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	59
5.1.1 การวัดความดันสัมพันธ์.....	59
5.1.2 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม.....	59
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	60
เอกสารอ้างอิง.....	61
ภาคผนวก.....	64



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use ^๑ only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน.....	4
ตารางที่ 2.1 สแตนเลสเทียบเคียงกันในมาตรฐานต่าง ๆ.....	15
ตารางที่ 2.2 ความแตกต่างของส่วนประกอบสแตนเลส 304, 304L, 316, 316L และ 2205.....	16
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิม (Wt %) AISI304.....	24
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติกเกรด AISI304.....	25
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติกเกรด AISI304.....	25
ตารางที่ 3.4 ตัวแปรเชื่อมสำหรับการเชื่อมความต้านทานแบบจุด.....	31
ตารางที่ 4.1 ขอบเขตของข้อมูลแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น เมื่อทำการแสดกน.....	36
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลที่ได้จากการแสดกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น.....	36
ตารางที่ 4.3 ค่าความดันสัมผัส (N/mm^2) แต่ละค่าต่อพื้นที่ $0.25 mm^2$ ตามแนวความยาว แนวเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น.....	37
ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับค่าความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง ของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น.....	38
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลที่ได้จากการแสดกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 3 ชั้น.....	39
ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับค่าความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง ของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 3 ชั้น.....	38
ตารางที่ 4.7 ข้อมูลที่ได้จากการแสดกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น.....	41
ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับค่าความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง ของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 2 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น.....	41
ตารางที่ 4.9 ข้อมูลที่ได้จากการแสดกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น.....	42
ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับค่าความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง ของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 4 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น.....	43
ตารางที่ 4.11 ข้อมูลที่ได้จากการแสดกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น.....	44
ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับค่าความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง ของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 5 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น.....	45
ตารางที่ 4.13 ข้อมูลที่ได้จากการแสดกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น.....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุยอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยังพึงได้ มีมติเห็นดีแบล่งเนื้อที่ และต้องยังองเงงใจ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ระหว่างค่าความดันสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม..... 56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^๕ only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดที่ใช้ในการเชื่อมและความต้านทานของหน้าสัมผัส.....	7
รูปที่ 2.2 การเชื่อมความต้านทานแบบจุด.....	9
รูปที่ 2.3 วัฏจักรการเชื่อมความต้านทานแบบจุด.....	10
รูปที่ 2.4 การเกิดความต้านทานในการเชื่อมความต้านทานแบบจุด.....	10
รูปที่ 2.5 ลักษณะของหัวอิเล็กโทรด.....	12
รูปที่ 2.6 จุดวัดค่าด้านคุณภาพของรอยเชื่อม.....	17
รูปที่ 2.7 ประเภทของฟิล์มวัดความดัน.....	19
รูปที่ 2.8 ช่วงรองรับแรงกดของฟิล์มที่สามารถรองรับได้.....	20
รูปที่ 3.1 แผนภาพการไหลของการดำเนินงานวิจัย.....	23
รูปที่ 3.2 แผ่นฟิล์มวัดความดัน.....	24
รูปที่ 3.3 เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 ขนาด 40x25x1 mm.....	26
รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ยึดจับชิ้นงาน.....	26
รูปที่ 3.5 เครื่องตัดเหล็ก Hydraulic Shear.....	27
รูปที่ 3.6 เครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุด PANASONIC รุ่น YR-500C.....	27
รูปที่ 3.7 ชุดการทดลองแผ่นเหล็กตามจำนวนชั้น เพื่อเตรียมวัดความดันสัมผัส.....	28
รูปที่ 3.8 ชุดการทดลองแผ่นเหล็ก 2 ชั้น พร้อมกับแทรกฟิล์มวัดความดัน.....	28
รูปที่ 3.9 รูปแบบการนับลำดับแผ่นเหล็กและลำดับแผ่นฟิล์ม.....	29
รูปที่ 3.10 การนำชุดแผ่นเหล็ก 2 ชั้นใส่ในอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงาน.....	29
รูปที่ 3.11 ขั้นตอนวัดความดันด้วยเครื่องเชื่อมความต้านทาน PANASONIC.....	29
รูปที่ 3.12 แบบจำลองภายในอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงานขณะทำการวัดความดัน.....	30
รูปที่ 3.13 แผ่นฟิล์มที่ผ่านการวัดความดันสัมผัสทั้งหมด 16 ชุดการทดลอง.....	30
รูปที่ 3.14 ชุดการทดลองแผ่นเหล็ก 5 ชั้น สำหรับการเชื่อมความต้านทาน.....	31
รูปที่ 3.15 การเชื่อมความต้านทานชิ้นงาน.....	31
รูปที่ 3.16 ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมความต้านทาน.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าในแต่เพียงผู้ใด หากมีมติเห็นชอบให้เผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.19 การหล่อชิ้นงานเชื่อมด้วยเรซิน.....	33
รูปที่ 3.20 การขัดชิ้นงานด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ร่วมกับผงขัดอะลูมินา.....	34
รูปที่ 4.1 แผ่นฟิล์มระหว่างแผ่นเหล็ก 2 ชั้นที่ผ่านการวัดความดันสัมผัส.....	35
รูปที่ 4.2 ผลการแสดกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น.....	36
รูปที่ 4.3 กราฟค่าความดันสัมผัส (N/mm^2) แต่ละค่าต่อพื้นที่ $0.25 mm^2$ ของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น.....	38
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับขนาดพื้นที่ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง แผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น.....	39
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับขนาดพื้นที่ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง แผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 3 ชั้น.....	40
รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับขนาดพื้นที่ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง แผ่นฟิล์มลำดับที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น.....	42
รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับขนาดพื้นที่ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง แผ่นฟิล์มลำดับที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น.....	43
รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบความดันสัมผัสเฉลี่ย (N/mm^2) ของแผ่นฟิล์ม 9 แผ่น ในการวัดความดันสัมผัสของแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น.....	44
รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับขนาดพื้นที่ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง แผ่นฟิล์มลำดับที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น.....	45
รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบความดันสัมผัสเฉลี่ย (N/mm^2) ของแผ่นฟิล์ม 16 แผ่น ในการวัดความดันสัมผัสของแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น.....	46
รูปที่ 4.11 ภาพพื้นที่สำหรับการทำการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม AISI304	48
รูปที่ 4.12 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงาน 2 ชั้น.....	49
รูปที่ 4.13 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงาน 3 ชั้น.....	50
รูปที่ 4.14 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงาน 5 ชั้น.....	51
รูปที่ 4.15 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงาน 7 ชั้น.....	52
รูปที่ 4.16 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงาน 10 ชั้น.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 4.17 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมที่เกิดจุดบกพร่องบริเวณ FZ (a) จุดบกพร่องในชั้นงาน 5 ชั้น
(b) จุดบกพร่องในชั้นงาน 7 ชั้น และ (c) จุดบกพร่องในชั้นงาน 10 ชั้น..... 54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ เรื่องกรณีศึกษาผลของความดันสัมผัสต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุด ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. ความเป็นมาและความสำคัญ
2. วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์
3. ขอบเขตของปริญญานิพนธ์
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
5. แผนการดำเนินงาน

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การเชื่อมความต้านทานแบบจุด (Resistance Spot Welding: RSW) ถือเป็นวิธีการหนึ่งที่ยนิยมกัน ในวงการอุตสาหกรรมรถยนต์ เป็นกระบวนการที่อาศัยความร้อนที่เกิดจากการต้านทานไฟฟ้าไปยังพื้นที่เชื่อม โดยใช้ขั้วไฟฟ้าทองแดงสองอันกดแผ่นงานเข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการถ่ายทอดกระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงานเชื่อมทำให้วัสดุหลอมละลายรวมชิ้นส่วนเข้าด้วยกันที่ความเข้มข้นของความดันและกระแสไฟฟ้า ณ จุดหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิเย็นลงจุดเชื่อมของแผ่นงานเหล่านี้จะติดเข้าด้วยกัน โดยรถยนต์หนึ่งคันจะมีปริมาณรอยการเชื่อมความต้านทานแบบจุดของชิ้นส่วนระหว่างวัสดุชนิดเดียวกันและวัสดุต่างชนิดกันมากกว่า 80 % ของโครงสร้างรถยนต์หรือหลายพันจุด ทำให้มีการยึดกันของวัสดุแบบต่อเกย 2 ชั้นหรือมากกว่า 2 ชั้นขึ้นไป [1]

ปัจจุบันอุตสาหกรรมรถยนต์มีความต้องการภายในประเทศและการส่งออกที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณการผลิตและจำหน่ายมีการแข่งขันทางตลาดที่สูง ดังนั้นผู้ประกอบการและผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการปรับตัว เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงและการแข่งขันที่เพิ่มขึ้น โดยหนึ่งในนั้นคือการพัฒนาเครื่องยนต์ โดยเฉพาะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Laminated Microchannel Array ซึ่งปัจจุบันใช้วิธีการเชื่อมแผ่นประสานโลหะในสถานะสุญญากาศ (Brazing) ในการเชื่อมวัสดุแบบหลายชั้น (Multi-layer) แต่ข้อจำกัดของวิธีการนี้ คือ วิธีการมีความซับซ้อนส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูง และต้องอาศัยอุณหภูมิในการเชื่อมสูงส่งผลให้รอบการทำงานนานขึ้น [2] ทางคณะผู้จัดทำจึงต้องการศึกษาวิธีการเชื่อมความต้านทานแบบจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ห้ามการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์ทางการอื่น โปรดดูเงื่อนไขการใช้งานได้ที่เว็บไซต์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเชื่อมรอยต่อ ช่วยลดต้นทุน และลดเวลาในการผลิตของกระบวนการเชื่อม แต่การเลือกใช้ชนิดของเหล็กที่นำมาเชื่อมก็มีความสำคัญต่อคุณภาพและความแข็งแรงของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเช่นเดียวกัน นั่นคือเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 304 เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีน้ำหนักเบา สามารถใช้ได้ทั้งอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง ทนทานต่อการกัดกร่อน และมีความสามารถในการเชื่อมได้ดีกว่าเหล็กผสมสูงทั่วไป [3]

จากปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับผลของความดันสัมผัสต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุด เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันสัมผัสและจำนวนชั้นที่สามารถทำการเชื่อมความต้านทานแบบจุดได้ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 แบบต่อเกย จากตัวแปรเชื่อมความต้านทานแบบจุด คือ แรงกด กระแสไฟฟ้า เวลาเชื่อมและเวลากดค้าง อีกทั้งศึกษาความดันสัมผัสของชิ้นงานที่เรียงซ้อนกันในแต่ละชั้น โดยใช้แผ่นฟิล์มวัดความดัน (Pressure-sensitive Film) ทำให้สามารถคำนวณความดันสัมผัสที่ได้รับในแต่ละชั้นของชิ้นงานได้ และศึกษาโครงสร้างจุลภาครอยเชื่อมของชิ้นงานหลังทำการเชื่อม เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการเชื่อมโลหะให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงสุดได้

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันสัมผัสและจำนวนชั้นที่สามารถทำการเชื่อมความต้านทานแบบจุดได้ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้การเชื่อมความต้านทานแบบจุดแทนการใช้วิธีการเชื่อมแผ่นประสานของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 แบบต่อเกย เพื่อหาจำนวนชั้นสูงสุดที่สามารถทำการเชื่อมได้
2. เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 ขนาดความยาว 40 mm ความกว้าง 25 mm และความหนา 1 mm
3. วัดความดันสัมผัสระหว่างชั้นของชิ้นงานโดยใช้ฟิล์มวัดความดันยี่ห้อ Fujifilm รุ่น Prescale ประเภทฟิล์มแผ่นเดียว ชนิด High Pressure รองรับความดัน 50 ถึง 130 เมกะปาสคาล
4. การวัดความดันสัมผัสชิ้นงาน โดยเริ่มที่ชิ้นงาน 2 แผ่น และเพิ่มจำนวนชิ้นงานทีละ 1 แผ่น สำหรับการเชื่อมความต้านทานเริ่มเชื่อมที่ชิ้นงาน 2 แผ่น และเพิ่มจำนวนชิ้นงานเป็น 3, 5, 7 และ 10 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use² only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. ศึกษาความดันสัมผัสที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นของชิ้นงานจาก 2 ตัวแปรและไม่มี การปล่อยกระแสไฟ
เชื่อมระหว่างทำการทดสอบวัดความดันสัมผัส

- แรงกด 3.3 กิโลนิวตัน
- เวลากดค้าง 3 วินาที

6. ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรเชื่อมความต้านทานที่ส่งผลต่อการเชื่อมชิ้นงาน

- แรงกด 3.3 กิโลนิวตัน
- กระแสไฟเชื่อม 7.5 กิโลแอมแปร์
- เวลาเชื่อม 25 ไซเคิล
- เวลากดค้าง 50 ไซเคิล

7. ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมอสเทนนิติกเกรด AISI304 ด้วยการส่อง
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเชื่อมเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Laminated Microchannel Array โดยคาดว่าจะสามารถช่วยลดเวลาในการเชื่อมหลายชั้นและลดต้นทุนในการผลิต
2. เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องทางด้านการศึกษา เรียนรู้กระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบ จุดของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมอสเทนนิติกเกรด AISI304 และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้
3. เพื่อให้องค์กรสามารถพัฒนาองค์ความรู้พื้นฐานของการเชื่อมวัสดุในภาคอุตสาหกรรมรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use³ only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ	พ.ศ. 2563					พ.ศ. 2564				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาขั้นตอนวิธีการเชื่อมความต้านทานแบบจุด (Resistance Spot Welding)	→									
2. ศึกษาลักษณะ คุณสมบัติการใช้งาน และองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304		→								
3. ศึกษาวิธีการวัดความดันสัมผัส และการเชื่อมความต้านทานแบบจุด เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 และหาค่าที่เหมาะสมของตัวแปรเชื่อม		→								
4. ออกแบบการทดลองในการวัดความดันสัมผัสและการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม		→								
5. เตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง			→							
6. วัดความดันสัมผัสระหว่างชิ้นของชิ้นงานโดยใช้ฟิล์มวัดความดัน และทำการวิเคราะห์ผล					→					
7. เชื่อมความต้านทานแบบจุดของชิ้นงาน และทำการวิเคราะห์ผล						→				
8. ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304							→			
9. สรุปผลการทดลอง								→		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเรื่อง กรณีศึกษาผลของความดันสัมผัสต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุด ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

1. การเชื่อมความต้านทาน
2. หลักการเชื่อมความต้านทานแบบจุด
3. ความดันสัมผัส (Contact Pressure)
4. ลักษณะของหัวอิเล็กโทรด และการใช้งาน
5. ข้อมูลพื้นฐานของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304
6. การตรวจสอบโครงสร้างทางโลหวิทยา (Metallurgical Investigation)
7. หลักการทำงานของแผ่นฟิล์มวัดความดัน
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเชื่อมความต้านทาน

การเชื่อมแบบความต้านทาน (Resistance Spot Welding: RSW) เป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่นิยมในวงการอุตสาหกรรม โดยอาศัยหลักการความต้านทานการไหลทั่วไปของกระแสไฟฟ้าระหว่างรอยต่อของชิ้นงานโลหะ ทำให้เกิดความร้อนขึ้นเฉพาะจุดที่ต้องการเชื่อมต่อกันด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นจุดที่มี “ความต้านทานระหว่างผิวสัมผัส” ผ่านปลายอิเล็กโทรดที่เป็นตัวกดให้ชิ้นงานแนบชิดติดกัน ทำให้เกิดการดึงความร้อนออกจากบริเวณรอยเชื่อมที่หลอมละลาย เมื่ออุณหภูมิชิ้นงานเย็นลงบริเวณจุดเชื่อมจะก่อตัวเป็นรอยเชื่อม (Nugget) [4]

2.1.1 หลักการทำงานของ การเชื่อมแบบความต้านทาน

การเชื่อมความต้านทาน เป็นกระบวนการเชื่อมซึ่งอาศัยความร้อนที่เกิดจากความต้านทานด้วยการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงานเชื่อมที่ถูกยึดไว้ด้วยแรงกดและบริเวณนี้เป็นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าสูงไหลผ่านเพื่อให้ชิ้นงานหลอมละลายรวมกัน โดยสมการการเชื่อมความต้านทานสำหรับการสร้างความร้อน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
$$H = I^2RT \quad (2.1)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยที่ H คือ ความร้อนที่สร้างขึ้น หน่วยจูล

I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วยแอมแปร์

R คือ ความต้านทานไฟฟ้า หน่วยโอห์ม

T คือ เวลาของการไหลของกระแสไฟฟ้า หน่วยวินาที

ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ใช้ในการหลอมละลายโลหะ เพื่อสร้างรอยเชื่อมที่แข็งแรงด้วยการหลอมรวมชิ้นงาน ณ จุดเชื่อมที่สัมผัสกันด้วยแรงกดและเปลี่ยนสภาพตกผลึกเป็น “รอยเชื่อม (Nugget)” โดยกระบวนการนี้ก่อให้เกิดการเชื่อมโดยไม่ต้องใช้วัสดุฟิลเลอร์ ฟลักซ์และก๊าซป้องกันใด ๆ [5]

2.1.2 ประเภทของการเชื่อมแบบความต้านทาน

การเชื่อมความต้านทานแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับรูปทรงโลหะ ขนาด และรูปแบบของอิเล็กโทรด โดยมีการอธิบายกระบวนการพื้นฐานบางประการดังนี้

1. การเชื่อมแบบจุด (Spot Welding) การเชื่อมด้วยความต้านทานที่ทำให้เกิดรอยเชื่อมด้วยการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าระหว่างชิ้นส่วนโลหะทั้งสองในขณะที่ยึดเข้าด้วยกันระหว่างอิเล็กโทรด

2. การเชื่อมแบบตะเข็บ (Seam Welding) รูปแบบหนึ่งของการเชื่อมแบบจุด แต่การเปลี่ยนอิเล็กโทรดเชื่อมแบบจุดเป็นล้อ ซึ่งจะหมุนเมื่อชิ้นส่วนถูกป้อนระหว่างกัน กระบวนการนี้ทำให้เกิดรอยต่อที่ต่อเนื่องกันมากกว่าจุดเดียว

3. การเชื่อมแบบโพรเจกชัน (Projection Welding) การเชื่อมด้วยความต้านทานที่กระแสไฟฟ้า แรง และเวลาในการเชื่อมมีความเข้มข้น ใช้สำหรับเชื่อมวัสดุที่หนากว่าชิ้นงานโลหะ

4. การเชื่อมแบบต่อชน (Butt Welding) การเชื่อมต่อส่วนประกอบของหน้าตัดที่คล้ายกันในการครั้งเดียวด้วยความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าเชื่อมผ่านชิ้นงาน ทำให้เกิดความร้อนสูงชิ้นงานหลอมรวมตัวกันและทำให้รอยต่อสมบูรณ์

5. การเชื่อมวาบ (Flash Butt Welding) กระบวนการเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อส่วนประกอบซึ่งการถ่ายเทพลังงานส่วนใหญ่จากความต้านทานความร้อนจากชิ้นส่วนนั้นเอง ส่วนประกอบอยู่ในตำแหน่ง end-to-end ทั่วพื้นที่รอยต่อทั้งหมด [4]

2.1.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเชื่อมความต้านทาน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเชื่อมความต้านทานแบ่งออกเป็น 8 ประเภทต่อไปนี้

1. กระแสไฟฟ้าเชื่อม (Welding Current) เป็นตัวแปรสำคัญของการเชื่อมความต้านทานที่ส่งผลต่อความร้อนมากที่สุด ขนาดของรอยเชื่อม (Nugget) จะขยายตัวอย่างรวดเร็วจากการเพิ่มค่ากระแสไฟฟ้า แต่กระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปจะส่งผลให้ชิ้นงานเกิดการระเบิดและหัวอิเล็กโทรดเกิดความเสียหาย โดยกระแสไฟฟ้า

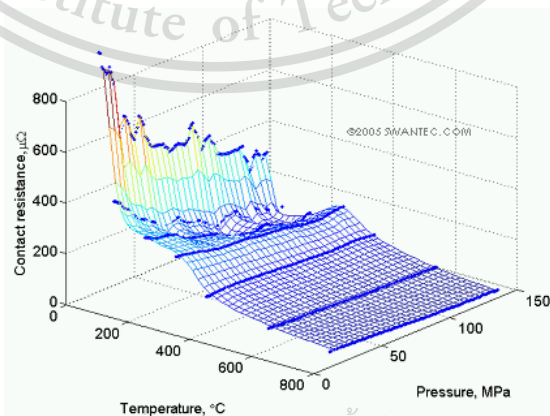
จะมีทั้งกระแสตรง (AC) และกระแสสลับ (DC) ขึ้นอยู่กับสเปคของเครื่องเชื่อม

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เวลาเชื่อม (Welding Time) เวลาที่ใช้ในการเชื่อมเป็นส่วนที่ส่งผลโดยตรงต่อการกำเนิดความร้อนในงานเชื่อม เนื่องจากความร้อนที่ถ่ายออกมาจากบริเวณรอยเชื่อมถึงชิ้นงานและหัวอิเล็กโทรด ตลอดจนการสูญเสียความร้อนจากพื้นผิววัสดุโดยรอบ ค่าต่ำสุดของกระแสไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการเชื่อมเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึง เพราะถ้าหากกระแสไฟฟ้าต่ำเกินไปจะไม่สามารถทำให้วัสดุเชื่อมติดกันได้แม้จะเพิ่มเวลาในการเชื่อมก็ตาม เมื่อกระแสไฟฟ้าสูงและเวลาที่ใช้ในการเชื่อมเพิ่มขึ้น ขนาดของรอยเชื่อมจะขยายใหญ่ขึ้นจนใกล้เคียงกับจุดปลายอิเล็กโทรดที่สัมผัสกับชิ้นงาน ถ้าหากยังคงเชื่อมต่อไปเรื่อย ๆ ชิ้นงานอาจจะระเบิดและทำให้หัวอิเล็กโทรดหลอมติดกับชิ้นงาน

3. แรงกดเชื่อม (Welding Force) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเชื่อมความต้านทาน โดยส่งผลต่อความต้านทานของหน้าสัมผัส และพื้นที่สัมผัสที่จะส่งผลต่อการเสีรูปของวัสดุ ซึ่งชิ้นงานเชื่อมจะต้องถูกกดด้วยแรงที่เหมาะสมเพื่อให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านชิ้นงานได้ ถ้าหากความดันในการเชื่อมน้อยเกินไป อาจเกิดการระเบิดของชิ้นงานทันทีหลังจากเริ่มกระบวนการ เนื่องจากความต้านทานของหน้าสัมผัสที่สูงเกินไปส่งผลให้เกิดความร้อนที่รวดเร็ว ในทางกลับกันหากความดันในการเชื่อมสูงเกินไปหน้าสัมผัสจะกว้างขึ้น ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ง่าย ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าและความต้านทานของหน้าสัมผัสน้อยลงจะทำให้เกิดความร้อนและขนาดของรอยเชื่อมลดลงด้วย

4. Contact Resistance บริเวณหน้าสัมผัสของการเชื่อมเป็นปัจจัยที่สำคัญและมีความสัมพันธ์กับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการเชื่อม ปัจจัยนี้มีปฏิกิริยาต่อกระบวนการสูงที่ขึ้นอยู่กับความดันที่ใช้ในการเชื่อม โดยความต้านทานของหน้าสัมผัสกับความดันในการเชื่อมจะมีความสัมพันธ์กัน ถ้าหากความดันสูง ความต้านทานของหน้าสัมผัสจะลดลง กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านได้ง่ายทำให้ความร้อนลดลง ในทางตรงกันข้ามหากความดันน้อย ความต้านทานของหน้าสัมผัสจะสูงขึ้น กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลำบากเป็นจุดสะสมความร้อนที่ทำให้ความร้อนในงานเชื่อมสูงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดที่ใช้ในการเชื่อมและความต้านทานของหน้าสัมผัส [6]
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะ และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

5. คุณสมบัติของวัสดุ (Materials Properties) วัสดุหลายชนิดคุณสมบัติจะเปลี่ยนเมื่ออุณหภูมิของวัสดุเหล่านั้นเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมีผลต่อค่าความต้านทานในกระบวนการเชื่อม ค่าความต้านทานจำเพาะของวัสดุจะส่งผลต่อการเกิดความร้อน ค่าความสามารถในการนำความร้อนและค่าความจุความร้อนมีอิทธิพลต่อการถ่ายโอนความร้อนในวัสดุที่เป็นโลหะเงินและทองแดง เพราะมีค่าความต้านทานจำเพาะที่ต่ำแต่มีความสามารถในการนำความร้อนที่สูง จุดความร้อนเล็ก ๆ เกิดขึ้นแม้ค่ากระแสไฟฟ้าจะสูงแต่ก็ถูกถ่ายโอนไปอย่างรวดเร็ว การเชื่อมต้านทานวัสดุเหล่านี้จะทำได้ยาก แต่อีกนัยหนึ่งวัสดุจำพวกนี้จะสามารถนำมาเป็นอิเล็กโทรดเชื่อมได้ เมื่อเชื่อมโลหะที่ต่างชนิดกันความร้อนจะเกิดในโลหะที่มีค่าความต้านทานจำเพาะสูง ความแข็งแรงของวัสดุจะส่งผลต่อความต้านทานของหน้าสัมผัส กล่าวคือหากวัสดุมีความแข็งแรงมากความต้านทานของหน้าสัมผัสจะสูง เนื่องจากผิวที่หยาบของวัสดุจะทำให้เกิดการเสีรูปได้ยากกว่าวัสดุผิวเรียบ

6. การเคลือบผิววัสดุ (Surface Coatings) ช่วยในการป้องกันการกัดกร่อนหรือเป็นสารตั้งต้นในการทำ Surface Treatment การเคลือบผิววัสดุเหล่านี้มักจะใช้ในกระบวนการเชื่อมมีข้อข้อ ปัจจุบันนี้จะต้องเป็นไปตามลักษณะเฉพาะของประเภทการเคลือบวัสดุ การเคลือบผิววัสดุบางอย่างใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการเชื่อมวัสดุที่เชื่อมได้ยาก เป็นการสร้างสมดุลความร้อนที่ผิวงานเชื่อม โดยสารที่ใช้ในการเคลือบผิวหลาย ๆ ชนิดจะถูกพ่นระหว่างกระบวนการเชื่อม แต่บางชนิดจะถูกนำไปใช้เป็นโลหะประสาน

7. ขนาดและรูปร่าง (Geometry and Dimensions) ขนาดและรูปร่างของอิเล็กโทรดและชิ้นงานนั้น เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างมาก เพราะปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลโดยตรงต่อความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าและค่าความต้านทานขณะเชื่อม รูปร่างของอิเล็กโทรดในการเชื่อมแบบจุดจะควบคุมความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าและขนาดของรอยเชื่อม ความหนาที่แตกต่างกันของแผ่นโลหะจะต้องการกระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับปัจจัยอื่น ๆ

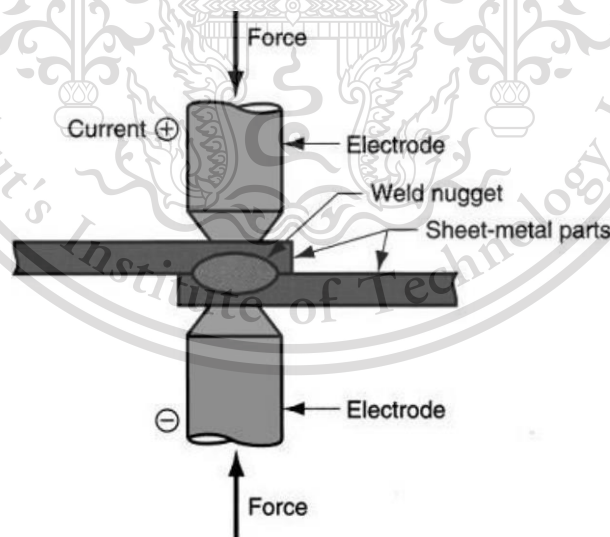
8. ลักษณะเฉพาะของเครื่องจักร (Welding Machine Characteristics) ประเภทและลักษณะทางกลของเครื่องเชื่อมเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการเชื่อมความต้านทาน ประเภทของไฟฟ้า เวลาในการตอบสนองต่อการปล่อยกระแสไฟฟ้า และค่าการสูญเสียความร้อนแม่เหล็กเนื่องจากการเชื่อม ซึ่งเวลาที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของเครื่องเชื่อมสามารถทำให้งานเชื่อมขนาดเล็กเกิดความเสียหายได้ เนื่องจากใช้เวลาในการเชื่อมน้อยมาก ๆ ค่าการสูญเสียแม่เหล็กในการเชื่อมความต้านทานเป็นสิ่งที่จะต้องควบคุม ลักษณะทางกลของเครื่องนั้น คือ ความเร็ว ความแรงของหัวอิเล็กโทรด ความตรงของโครงสร้าง ถ้าทำการถอนหัวอิเล็กโทรดเข้าเกินไป ชิ้นงานอาจเกิดความเสียหายอันเนื่องจากการระเบิดได้ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการเชื่อมความต้านทานแบบจุด

หลักการเชื่อมความต้านทานแบบจุด เป็นกระบวนการเชื่อมชิ้นงานเข้าด้วยกันโดยอาศัยความร้อนที่เกิดขึ้น อันเนื่องมาจากความต้านทานการไหลของกระแสเชื่อม ณ บริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นงานสองชิ้น เมื่อเกิดกระแสเชื่อมเข้มข้นจะทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น โดยวงจรทางไฟฟ้าจะทำให้ความต่างศักย์มีค่าต่างและกระแสเชื่อมจะมีค่าสูงในช่วงพัลส์ช่วงสั้น ๆ เพื่อที่จะทำให้เกิดการหลอมละลายของโลหะเชื่อม เมื่อกระแสเชื่อมเกิดการไหล แรงกดจากหัวอิเล็กโทรดจะกดกึ่งจนบริเวณที่หลอมละลายเย็นตัวและแข็งตัวจากการระบายความร้อนด้วยน้ำด้วยอัตราการเย็นตัวที่สูงระดับ 1,000 ถึง 10,000 องศาเซลเซียสต่อวินาที [20] และจะปล่อยแรงกดออกเมื่อแนวเชื่อมมีความสมบูรณ์ซึ่งใช้เวลาค่อนข้างสั้น การหลอมละลายของเนื้อโลหะจะเกิดรอยเชื่อมที่เป็นเนื้อเดียวกันเรียกว่า “Weld Nugget” [7,8] วัฏจักรการเชื่อมความต้านทานแบบจุด มีลำดับขั้นตอน 4 ขั้นตอนตามรูปที่ 2.2 และ 2.3

1. ช่วงเวลาการกด (Squeeze Time) เป็นช่วงเวลาที่หัวอิเล็กโทรดมาสัมผัสกับชิ้นงานมีแรงกดเป็นแรงกระทำที่เพียงพอที่จะยึดหัวอิเล็กโทรดไว้กับชิ้นงานก่อนที่จะทำการเชื่อม
2. ช่วงเวลาเชื่อม (Welding Time) เป็นช่วงเวลาที่เริ่มปล่อยกระแสเชื่อมไปยังชิ้นงานที่ติดกันผ่านหัวอิเล็กโทรด ซึ่งผลจากความต้านทานที่เกิดขึ้นระหว่างชิ้นงาน 2 ชิ้นงานจะเกิดความร้อนแล้วโลหะบริเวณที่ถูกกดจะหลอมละลาย

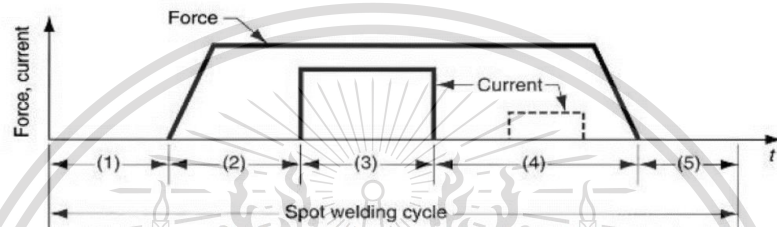
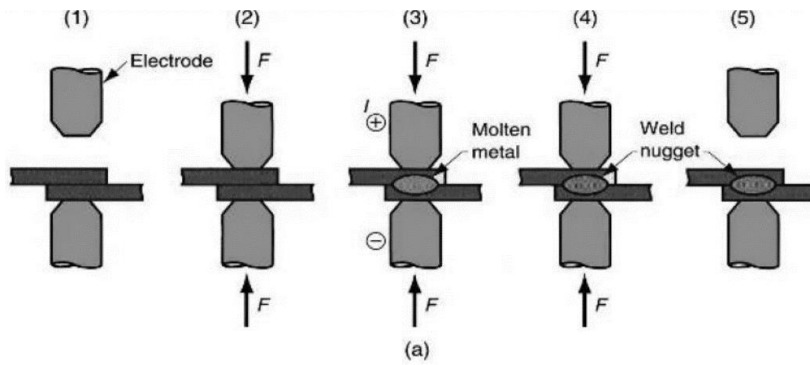


รูปที่ 2.2 การเชื่อมความต้านทานแบบจุด [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use⁹ only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

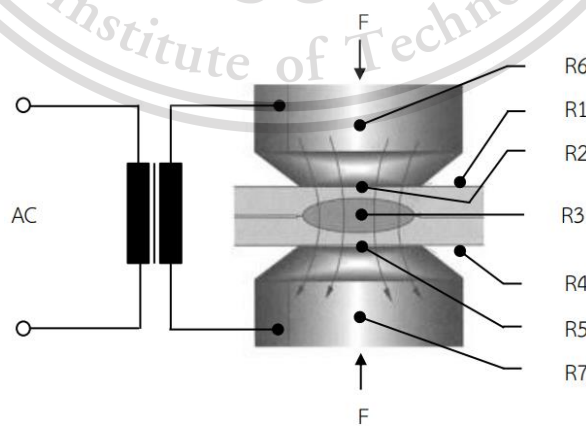


รูปที่ 2.3 วัฏจักรการเชื่อมความต้านทานแบบจุด [8]

3. ช่วงเวลาดค้าง (Hold Time) เป็นช่วงเวลาที่ทำให้รอยเชื่อมเกิดการเย็นตัวภายใต้แรงกดคงที่ เพื่อให้รอยเชื่อมมีเวลาในการแข็งตัวมากพอที่จะเกิดการก่อตัวของรอยเชื่อมอย่างสมบูรณ์และสร้างความแข็งแรงให้กับรอยเชื่อม

4. ช่วงเวลาปิด (Off Time) เป็นช่วงเวลาที่ใช้สำหรับเคลื่อนที่หัวอิเล็กโทรดจะเคลื่อนที่จากกันไปยังตำแหน่งพร้อมเชื่อม เพื่อการเชื่อมครั้งต่อไป

ค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุดของชิ้นงานมีทั้งหมด 7 จุดดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เฉพาะในวงจำกัดเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.4 การเกิดความต้านทานในการเชื่อมความต้านทานแบบจุด [7]
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ค่าความต้านทาน R_1 คือ ความต้านทานของพื้นผิวชั้นทดสอบด้านบน
 2. ค่าความต้านทาน R_2 คือ ความต้านทานระหว่างพื้นผิวของชั้นทดสอบด้านบน และพื้นผิวของอิเล็กโทรดด้านบน
 3. ค่าความต้านทาน R_3 คือ ความต้านทานระหว่างพื้นผิวของชั้นทดสอบด้านบน และพื้นผิวของชั้นทดสอบด้านล่าง
 4. ค่าความต้านทาน R_4 คือ ความต้านทานของพื้นผิวชั้นทดสอบด้านล่าง
 5. ค่าความต้านทาน R_5 คือ ความต้านทานระหว่างพื้นผิวของชั้นทดสอบด้านล่าง และพื้นผิวของอิเล็กโทรดด้านล่าง
 6. ค่าความต้านทาน R_6 คือ ความต้านทานของอิเล็กโทรดด้านบน
 7. ค่าความต้านทาน R_7 คือ ความต้านทานของอิเล็กโทรดด้านล่าง
- ดังนั้นผลรวมค่าความต้านทาน (RT) ของการเชื่อมความต้านทานแบบจุดสามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 2.2

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 \quad (2.2)$$

เมื่อค่าความต้านทานประกอบด้วยสองส่วน คือ ความต้านทานของวัสดุ (R_2, R_4, R_6 และ R_7) และความต้านทานที่ผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงานกับอิเล็กโทรด (R_1 และ R_5) ความต้านทานของวัสดุขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพของชิ้นงาน (R_2 และ R_4) และอิเล็กโทรด (R_6 และ R_7) ค่าต่าง ๆ เหล่านี้ไม่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงขณะทำการเชื่อม ขณะเดียวกันค่าความต้านทานที่จุดสัมผัสนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับสถานะของปลายอิเล็กโทรด ค่าความต้านทานที่ทำให้เกิดแนวเชื่อมเกิดขึ้นจากค่าความต้านทาน R_3 ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้เกิดความร้อนสูงสุดในรอยต่อ ค่าความร้อนที่มีค่าสูงนี้ขึ้นอยู่กับสถานะพื้นผิวของของโลหะที่ใช้เชื่อม แรงกด กระแสไฟฟ้าเชื่อม และเวลาเชื่อม [9]

นอกจากนั้นหากพิจารณาค่าความร้อนที่เกิดขึ้นแล้ว ค่าความต้านทานโดยรวมขึ้นอยู่กับความดันที่ผิวสัมผัสค่า R_1, R_3 และ R_5 ที่อินเทอร์เฟซระหว่างชิ้นงาน การให้ความร้อนพื้นที่สัมผัส R_1 และ R_5 ที่ถูกต้องต้องมีการชดเชยค่าอุณหภูมิและรักษาอุณหภูมิของอิเล็กโทรดให้มีค่าต่ำ ตัวแปรสำคัญที่ทำให้ได้ค่าความร้อนที่ถูกต้อง คือ อิเล็กโทรดต้องมีสมบัติการนำความร้อนที่ดี มีผิวที่ละเอียดและสะอาดปราศจากสิ่งปนเปื้อน เช่น คราบน้ำมันหรือจาระบี

การเชื่อมต้านทานแบบจุดนี้ นิยมในการนำไปทำการเชื่อมประกอบโลหะแผ่นบาง เช่น โครงสร้างรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์ สิ่งก่อสร้าง ชิ้นส่วนเครื่องบิน เป็นต้น ข้อดีของการเชื่อมต้านทานแบบจุดที่เห็นได้เด่นชัด คือ ความเร็วในการเชื่อมมีค่าสูง และมีความเหมาะสมสำหรับการผลิตแบบอัตโนมัติ

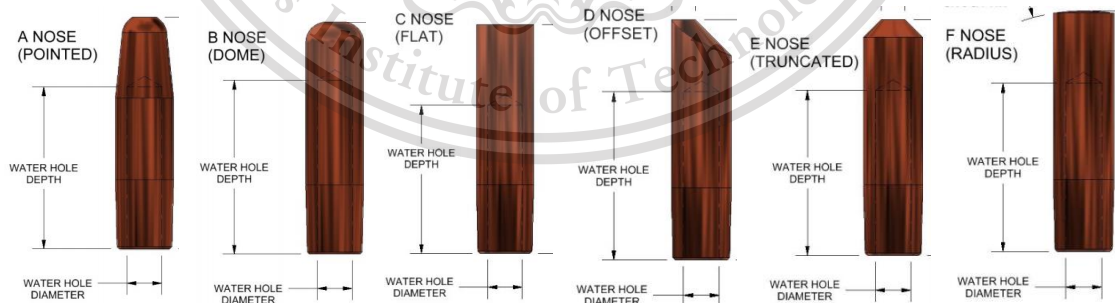
สามารถนำเข้าไปร่วมในการผลิตแบบอัตโนมัติในสายการผลิตร่วมกับเครื่องจักรต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ทำให้เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการหาช่างฝีมือในการปฏิบัติการได้อย่างดีเยี่ยม [7,8,10]

2.3 ความดันสัมผัส (Contact Pressure)

ความดันสัมผัสเกิดจากพื้นผิวของวัตถุสองชิ้นสัมผัสกัน โดยพื้นผิวสัมผัสของทั้งสองวัตถุจะเกิดการก่อตัวของแรงบนระนาบ โดยแรงบนระนาบพื้นผิวนี้อาจส่งผลให้เกิดความดันสัมผัส ซึ่งวัดเป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งความดันสัมผัสค่อนข้างยากที่จะวัดได้โดยตรง [11]

2.4 ลักษณะของหัวอิเล็กโทรดและการใช้งาน

หัวอิเล็กโทรดเป็นส่วนที่สัมผัสกับชิ้นงานเชื่อมโดยตรง โดยทำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านกระแสเชื่อมไปยังบริเวณที่มีแรงกดกระทำเพื่อให้เกิดความต้านทาน ความร้อน การหลอมละลาย และเป็นทางลำเลียงน้ำเพื่อระบายความร้อนในกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุดให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม วัสดุทองแดงเป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการทำหัวอิเล็กโทรด การแบ่งกลุ่มของหัวอิเล็กโทรดจากสมาคมผู้ผลิตเครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุด สามารถแบ่งประเภทของหัวอิเล็กโทรดออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่ม A เป็นวัสดุกลุ่มทองแดงผสม และแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็น 5 กลุ่มย่อยตามเลขอักษรโรมัน โดยกลุ่มย่อยแรกจะมีความบริสุทธิ์ของทองแดงมากที่สุดและรองลงไปตามลำดับ กลุ่ม B เป็นกลุ่มที่เป็นวัสดุทนความร้อนสูงโดยจะทำจากโลหะผงอัดขึ้นรูป เช่น ทองแดงผสมไททาเนียม วัสดุในกลุ่มนี้จะออกแบบมาเพื่อทนต่อการสึกหรอและทนต่อแรงกดอัดที่อุณหภูมิสูง โดยลักษณะของหัวอิเล็กโทรดหากแบ่งตามลักษณะการใช้งานสามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภทตามรูปที่ 2.5 [8,12]



รูปที่ 2.5 ลักษณะของหัวอิเล็กโทรด [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเลือกที่เหมาะสมของการออกแบบหน้าอเล็กโทรดจะขึ้นอยู่กับการใช้งานของวัสดุที่กำลังเชื่อม และกระบวนการเชื่อมด้วยความต้านทาน A, B, D และ E ล้วนมีหน้าเชื่อมเหมือนกัน C เป็นอเล็กโทรดหน้าแบน และ F เป็นอเล็กโทรดรัศมีขนาดใหญ่เกือบคล้าย C

Type “A” Pointed หัวอเล็กโทรดปลายแคบ เหมาะสำหรับงานเชื่อมเฉพาะจุดส่วนใหญ่

Type “B” Dome หัวอเล็กโทรดปลายโค้งมนนิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากการออกแบบรองรับปัญหาการจัดแนวที่ไม่ตรงเล็กน้อย เนื่องจากสามารถสัมผัสกับรัศมีได้ในระหว่างการเชื่อม

Type “C” Flat หัวอเล็กโทรดแบน ใช้สำหรับการเชื่อมส่วนของเครื่องสำอางและการปรับสมดุลความร้อนจะช่วยลดการเยื้องของรอยเชื่อม โดยจะเกิดการกระจายแรงและกระแสไฟฟ้าออกไปบนพื้นที่ผิวขนาดใหญ่

Type “D” Offset หัวอเล็กโทรดที่ออกแบบมาเพื่อให้สามารถเชื่อมเฉพาะจุดในที่ที่แน่นหนาได้ อาจเป็นหน้าแปลนขนาดเล็กหรือในมุมแคบ

Type “E” Truncated หัวอเล็กโทรดหัวตัด ใช้กับงานที่ต้องการปรับปรุงพื้นผิวงานเชื่อมที่เรียบ โดยองศาของหัวตัดมีผลต่อความร้อนในการเชื่อม

Type “F” Radius หัวอเล็กโทรดหน้ารัศมีกว้างและมักใช้ในการเชื่อมอลูมิเนียม รัศมีขนาดใหญ่จะให้จุดสัมผัสที่ดีในการเชื่อมผ่านอลูมิเนียม และยังคงมีพื้นที่ผิวเพียงพอในการควบคุมรอยเชื่อมระหว่างการเชื่อม [14]

2.5 ข้อมูลพื้นฐานของเหล็กกล้าไร้สนิมอสเทนนิติกเกรด AISI304

2.5.1 ประเภทของสแตนเลส

เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steels) หรือที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า สแตนเลส หมายถึงเหล็กที่ผสมธาตุโครเมียมอย่างน้อยร้อยละ 10.5 โดยน้ำหนัก จึงทำให้เหล็กชนิดนี้มีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อน เหล็กกล้าไร้สนิมจะสร้างเป็นแผ่นฟิล์มของธาตุโครเมียมออกไซด์ที่บางมาก ๆ และติดแน่นที่ผิวเหล็กกล้า ซึ่งจะปกป้องจากบรรยากาศภายนอก เหล็กกล้าไร้สนิมที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต โดยส่วนใหญ่จะเน้นในเรื่องคุณสมบัติของความทนทานต่อการกัดกร่อน และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากการรวมตัวของออกซิเจนกับสารอื่น อันเนื่องมาจากการใช้งานหรือสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ลักษณะเด่นของเหล็กกล้าไร้สนิม คือ มีความต้านทานการกัดกร่อนสูง ผิวเงางาม ทนความร้อนได้ดีขึ้น รูปร่างดี และเชื่อมได้ง่าย ประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิมโดยทั่วไปสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างของเนื้อเหล็กได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

โดยทั่วไปสแตนเลสแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มตามโครงสร้างคือ Austenitic, Ferritic, Martensitic, Duplex และเพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก ซึ่งประมาณ 70 % ของการผลิตสแตนเลสในโลกเป็นสแตนเลสตระกูล Austenitic หรือที่รู้จักกันใน “Series 300”

1. เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก (Ferritic Grade) ที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก เหล็กกล้าไร้สนิมประเภทนี้มีธาตุโครเมียม (Chromium) เป็นส่วนผสมหลัก คือ มีส่วนผสมประมาณ 13 ถึง 17 % [15] และมีคาร์บอนต่ำกว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลประการอื่น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Carbon) กับนิกเกิล (Nickel) ในปริมาณต่ำมีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับประเภทที่สอง การใช้งานของ เหล็กกล้าไร้สนิมประเภทนี้ได้แก่ เครื่องครัว จาน ช้อน ชาม กระทะ หม้อขึ้นส่วนเครื่องซักผ้า ขึ้นส่วนระบบท่อ ไอเสียรถยนต์ เป็นต้น เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมตระกูลธาตุโครเมียมระดับกลาง เป็นการ พัฒนาคุณสมบัติให้ทนต่อการกัดกร่อนในสภาพการใช้งานที่อุณหภูมิสูง (Corrosion Resistant) และมีการ พัฒนาปรับปรุงค่า Tensile Stress และ Elongation เพื่อรักษาคุณสมบัติของวัสดุขณะขึ้นรูป (Formability) การพัฒนาดังกล่าวเพื่อใช้จะผลิตเป็นชิ้นส่วนรถยนต์ที่เรียกว่า ท่อรวมไอเสีย (Exhaust Manifold) [15]

2. เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก (Austenitic Grade) มีคุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็ก ธาตุประกอบที่สำคัญของเหล็กกล้าไร้สนิมประเภทนี้ประกอบด้วย 3 ธาตุ คือ คาร์บอน (Carbon) โครเมียม (Chromium) ประมาณ 18 ถึง 25 % และนิกเกิล (Nickel) ประมาณ 1 ถึง 20 % [15] จะมีคุณสมบัติทนทานต่อการกัดกร่อนดีกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมประเภทอื่น ๆ กลุ่มอุตสาหกรรมที่นิยมใช้เหล็กกล้าไร้สนิมประเภทนี้ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมการผลิตยาและเวชภัณฑ์อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและอุตสาหกรรมน้ำตาล เป็นต้น

3. เหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก (Martensitic Grade) เป็นประเภทที่มีส่วนผสมของธาตุโครเมียม (Chromium) ประมาณ 12 % [15] โมลิบดีนัม (Molybdenum) และคาร์บอน (Carbon) แต่ไม่มีนิกเกิล (Nickel) เป็นส่วนผสม ดังนั้นเหล็กกล้าไร้สนิมประเภทนี้จึงมีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนที่ค่อนข้างต่ำ แต่มีคุณสมบัติในส่วนของความแข็งแรงและทนทาน เนื่องจากมีคาร์บอน (Carbon) เป็นตัวที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัตินี้ อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อเสีย คือ ยิ่งแข็งมากขึ้นก็เปราะและแตกหักง่ายได้เช่นกัน เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มนี้มีถูกใช้งานที่ต้องการความแข็งแรง เช่น ใช้ทำเครื่องมือตัดชิ้นส่วน มีด เป็นต้น

4. เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (Duplex Grade) เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีโครงสร้างของเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกผสมกับเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกมีธาตุโครเมียมผสมประมาณ 18 ถึง 28 % ธาตุนิกเกิล ประมาณ 4.5 ถึง 8 % [15] และธาตุโมลิบดีนัมสูงกว่า 5 % จะมีความต้านทานแรงดึงที่จุดครากสูงและค่าความยืดสูงจึงเรียกได้ว่ามีทั้งความแข็งแรงและความเหนียว ใช้งานมากในที่ที่มีคลอไรด์สูง

5. เหล็กกล้าไร้สนิมอบชุบแข็งด้วยการตกผลึก (Precipitation-hardening Grade) เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมประเภทที่มีสูตรผสมง่าย ๆ คือ ธาตุโครเมียม (Chromium) ประมาณ 17 % [15] มีธาตุนิกเกิล ทองแดง และไนโอเบียม มีคุณสมบัติของการต้านทานการกัดกร่อนและความแข็งแรงทนทานได้ดี เหล็กกล้ากลุ่มนี้สามารถทำการอบชุบแข็งได้จึงเหมาะสำหรับทำแก๊นบีม หัววาล์ว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 มาตรฐานสแตนเลส AISI กับ ASTM

1. American Iron and Steel Institute (AISI) เป็นมาตรฐานของสถาบันเหล็กในสหรัฐอเมริกา กำหนดชื่อเรียกเป็นตัวเลข 3 ตำแหน่ง เช่น 304 หรือ 316 ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ตัวอักษรพิเศษต่อท้ายใช้กำหนดส่วนผสมตัวแปรเฉพาะที่ต้องการพิเศษ เช่น 304L, 316LN หรือ 310S

2. American Society for Testing and Materials (ASTM) เป็นมาตรฐานของสมาคมวิชาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำหนดมาตรฐานซึ่งเป็นที่นิยมใช้ และเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก สมาคม ASTM จัดตั้งในสหรัฐอเมริกาสำหรับการเรียกสแตนเลสเกรดต่าง ๆ เช่น A240, A554, A270 เป็นต้น [16] หลายองค์กรมีระบบของตนเองและระบบเหล่านี้ใช้มาตรฐานที่ไม่ค่อยเหมือนกันทำให้เกิดความสับสนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น ในสแตนเลสชิ้นหนึ่งอาจจะมีเกรด SAE หนึ่ง และเลข UNS หนึ่ง แต่สแตนเลสอีกชิ้นหนึ่ง ซึ่งมีเกรด SAE เหมือนกันอาจมีเลข UNS ต่างออกไปเพราะมีความต่างที่ละเอียดลงไปอีก ตัวอย่างของสแตนเลสซึ่งเทียบเคียงกันได้ในมาตรฐานต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.1 [17]

ตารางที่ 2.1 สแตนเลสเทียบเคียงกันในมาตรฐานต่าง ๆ

Stainless Steel	Country							
	Great Britain			Sweden	Germany	USA		Japan
	Standard							
	UNS	BS	EN	SS	AISI/SAE	W.nr.	DIN	JIS
304	S30400	304S15	58E	2332	304	1.4301	X5CrNi189	SUS304
316	S31600	316S16	58J	2347	316	1.4401	X5CrNiMo1810	SUS316

2.5.3 ส่วนประกอบของสแตนเลส

สแตนเลส มีการเติมธาตุลงไปเพื่อให้มีคุณสมบัติเฉพาะ Chromium (Cr) เติมลงไปเพื่อให้ผิวหน้าของสแตนเลสมีความต้านทานต่อการกัดกร่อน (Oxidation) และแรงดึง (Tensile Strength) Manganese (Mn) 2 % ช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการใช้งาน (Working Strength) ที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่มากกว่า 2 % จะเพิ่มความต้านทานต่อแรงดึง และ Silicon (Si) ให้ความแข็งแรงและความต้านทานต่อการกัดกร่อน กรดซัลฟูริก (Sulfuric Acid) และ Nickel (Ni) ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อสภาวะสิ่งแวดล้อมที่ร้อนและชื้น คุณสมบัติเหล่านี้ช่วยทำให้สแตนเลสมีความแข็งแรงและคงทน สแตนเลส 316 มีความสามารถต้านทานการกัดกร่อนแบบทั่วผิว (General Corrosion) และการกัดกร่อนแบบรูเข็ม (Pitting Corrosion) ได้ดีกว่าเกรด 304 เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Molybdenum ที่มีอยู่ในเกรด 316 ช่วยป้องกันการกัดกร่อนในสภาวะที่มี Chloride สูง ซึ่งความแตกต่างของส่วนประกอบสแตนเลส 304, 304L, 316 และ 316L และ 2205 แสดงดังตารางที่ 2.2 [18,19]

ตารางที่ 2.2 ความแตกต่างของส่วนประกอบสแตนเลส 304, 304L, 316 และ 316L และ 2205

SS Type	Stainless Steel Ingredients (%)								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	N
304	0.08	2.0	0.75	0.045	0.03	18-20	8.0-10.5	-	-
304 L	0.03	2.0	0.75	0.045	0.03	18-20	9.0-13.0	-	-
316	0.08	2.0	1.0	0.045	0.03	16-18	10.0-14.0	2.0-3.0	0.1
316L	0.03	2.0	1.0	0.045	0.03	16-18	12.0-15.0	2.0-3.0	0.1
2205	0.03	2.0	1.0	0.03	0.02	22-23	4.5-6.5	3.0-3.5	0.14-0.20

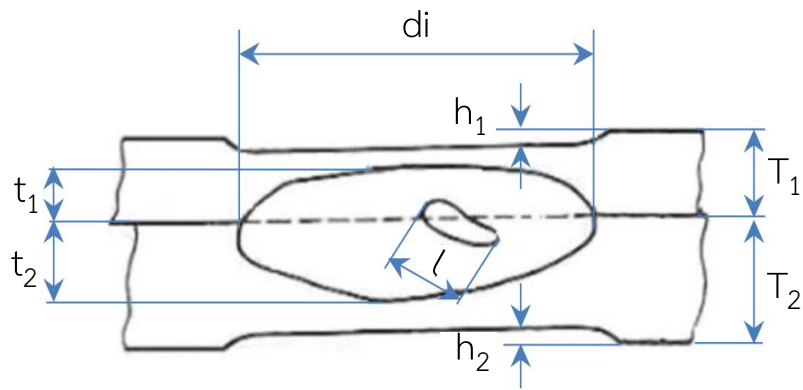
2.6 การตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา (Metallurgical Investigation)

การตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา เป็นการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและขนาดของเกรนที่เกิดจากการปรับปรุงสมบัติเชิงกลด้วยกระบวนการทางความร้อน (Heat Treatment) ซึ่งการตรวจสอบดังกล่าวจะทำการร่วมกับการตรวจสอบทางสายตาโดยจะดูทั้งโครงสร้างมหภาคและโครงสร้างจุลภาค

2.6.1 การศึกษาโครงสร้างมหภาค (Macrostructure)

การตรวจสอบโครงสร้างของโลหะที่ผ่านการเตรียมชิ้นงานด้วยการขัดกระดาษทราย ผ่านการกัดกรดและถ่ายภาพที่กำลังขยายต่ำไม่เกิน 50 เท่า การวิเคราะห์และตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคเป็นการตรวจสอบโครงสร้างด้วยการมองด้วยตาเปล่าทำให้เห็นลักษณะภาพโดยรวมชิ้นงาน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคบ่งบอกลักษณะของความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) และใช้ในการวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนวิศวกรรมต่าง ๆ ตัวอย่างการวิเคราะห์และทดสอบโครงสร้างจุลภาค เช่น การตรวจสอบคุณภาพของรอยเชื่อม เช่น T-joint Lap-joint ใช้ตรวจสอบความสมบูรณ์ที่เกิดขึ้นบริเวณจุดเชื่อม การแทรกตัวของวัสดุ รูพรุนในรอยเชื่อม การเตรียมชิ้นงานทดสอบโดยใช้ชิ้นงานที่ไม่ได้ผ่านการทดสอบแรงดึงมาทำการตัดแบ่งตรงบริเวณจุดเชื่อมเป็นสองส่วนเพื่อนำมาทำการตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพของรอยเชื่อมได้แก่ ระยะการซึมลึก (Penetration: t_1 และ t_2) ระยะการกดลึก (Indentation Depth: h_1 และ h_2) และขนาดรอยเชื่อม (Nugget Diameter: d_i) อ้างอิงมาตรฐาน JIS Z 3139 [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 จุดวัดค่าด้านคุณภาพของรอยเชื่อม [20]

จากรูปที่ 2.6 สามารถหาอัตราการระงับการซึมลึกของจุดเชื่อม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อมได้ดังนี้

$$\text{อัตราการระงับการซึมลึกของจุดเชื่อมในแผ่นชิ้นงาน } T_1 = (t_1/T_1) \times 100 \% \quad (2.3)$$

$$\text{อัตราการระงับการซึมลึกของจุดเชื่อมในแผ่นชิ้นงาน } T_2 = (t_2/T_2) \times 100 \% \quad (2.4)$$

- เมื่อ d_i คือ ขนาดของรอยเชื่อม (Nugget Diameter)
- T_1 และ T_2 คือ ระยะการซึมลึกของรอยเชื่อม (Depth of Penetration)
- t_1 และ t_2 คือ ค่าความหนาของแผ่นชิ้นงาน (Plate Thickness)
- h_1 และ h_2 คือ ระยะการกดลึกของรอยเชื่อม (Depth of Indentation)
- l คือ ขนาดของหลุมและโพรง (Length of Pit and Blowhole)

การพิจารณาคูณลักษณะทางคุณภาพตามมาตรฐาน JIS Z 3139 คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางรอยเชื่อมสำหรับคุณภาพระดับคลาส B ต้องมากกว่า $4\sqrt{t}$ หรือมีขนาดของรอยเชื่อมมากกว่า 5.0 mm [29] เมื่อ t ความหนาของวัสดุที่บางสุดในการเชื่อม อัตราการระงับการซึมลึกต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 20 % และต้องไม่มากกว่า 80 % ของความหนาของวัสดุที่บางสุดในการเชื่อม หรือต้องมีระยะการซึมลึกระหว่าง 0.3 ถึง 1.2 mm อัตราการกดลึกต้องไม่มากกว่า 30 % ของความหนาของวัสดุที่บางสุดในการเชื่อม หรือมีค่าการกดลึกไม่มากกว่า 0.45 mm หลุมหรือโพรงในรอยเชื่อมต้องมีค่าน้อยกว่า 1.5 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค (Microstructure)

เป็นการตรวจสอบโครงสร้างของโลหะที่ผ่านการเตรียมชิ้นงานด้วยการขัดกระดาษทราย การขัดละเอียดด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์และผงอะลูมินา ผ่านการกัดกรดหรือกัดผิวชิ้นงานด้วยไอออนแล้วถ่ายภาพที่กำลังขยายสูง ทำให้เห็นถึงลักษณะชนิดของโครงสร้างภายในเนื้อโลหะซึ่งสามารถทำนายโครงสร้างทางโลหะวิทยาได้ชัดเจนและแม่นยำมากขึ้น ข้อควรระวังในการกัดกรดต้องเลือกชนิดของกรดและโลหะให้เหมาะสมกับประเภทของชิ้นงานทดสอบ และเวลาในการแช่กรดไม่ควรแช่นานเกินไปเพราะจะทำให้ผิวงานดำทึบ มองเห็นโครงสร้างได้ยาก แต่ก็ไม่ควรใช้เวลาสั้นเกินไปเพราะจะทำให้มองไม่เห็นโครงสร้าง โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 5 ถึง 10 วินาที แล้วแต่ชนิดของโลหะและกรดที่ใช้ ส่วนการกัดผิวชิ้นงานด้วยไอออนต้องตั้งค่าปัจจัยของเครื่องกัดผิวชิ้นงานด้วยไอออนให้เหมาะสม

โดยการตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยาสามารถตรวจสอบโครงสร้างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscope: OM) การตรวจสอบโครงสร้างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงนั้น ชิ้นงานที่ใช้ตรวจสอบจะต้องเตรียมโดยการกัดผิวชิ้นงานให้เรียบ จากนั้นนำชิ้นงานไปขัดกับกระดาษทรายน้ำเบอร์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ ตามด้วยการกัดกับผ้าสักหลาดด้วยผงอะลูมินาแล้วจึงใช้สารละลายเจือจาง Keller's reagent กัดผิวชิ้นงาน หลังจากนั้นนำไปล้างทำความสะอาดและใช้ดิเรปเปอร์ให้ชิ้นงานแห้งก่อนนำชิ้นงานไปตรวจสอบโครงสร้าง

2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) การตรวจสอบโครงสร้างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจะต้องเตรียมชิ้นงานก่อนการตรวจสอบโครงสร้างโดยนำชิ้นงานไปผ่านการกัดผิวให้เรียบแล้วจึงนำชิ้นงานไปตรวจสอบ

3. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทรานสมิสชัน (Transmission Electron Microscopy: TEM) การตรวจสอบโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทรานสมิสชันจะต้องเตรียมชิ้นงานให้อยู่ในรูปฟิล์มบางในระดับไมโครเมตร (ประมาณ 50 ถึง 100 μm) เพื่อให้สัญญาณอิเล็กตรอนจาก primary beam สามารถทะลุผ่านและเดินทางเข้าสู่ดีเทคเตอร์ที่อยู่ด้านล่างได้ ดังนั้นในกรณีนี้จึงจำเป็นต้องเพิ่มขั้นตอนการตัดหรือฉีกชิ้นงานออกมาเป็นฟิล์มบาง ๆ ด้วยเทคนิคที่เรียกว่า Microtoming หรือ Sectioning โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Microtome ในการตัดชิ้นงาน

จุดประสงค์ของการตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยาเพื่อดูพฤติกรรมและการเปลี่ยนแปลงของเนื้อโลหะหลังจากผ่านกระบวนการทางความร้อน โดยดูลักษณะการกระจายตัวของธาตุต่าง ๆ และลักษณะของเกรนที่เปลี่ยนแปลงไป โดยในงานวิจัยครั้งนี้จะตรวจสอบโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์ 2 ชนิด คือ กล้องจุลทรรศน์ OM และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน SEM [21,22]

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

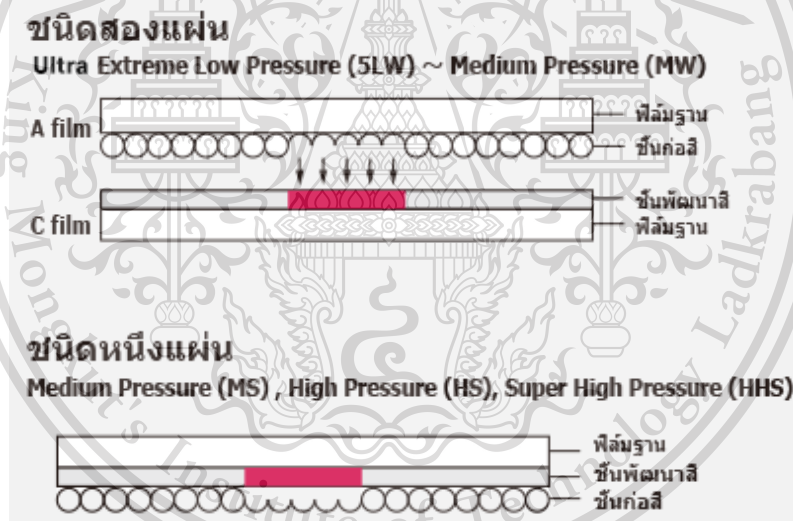
2.7 หลักการทำงานของแผ่นฟิล์มวัดความดัน

2.7.1 ประเภทของฟิล์มวัดความดัน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความดันระหว่างพื้นผิวสัมผัสของชิ้นงานเชื่อม เป็นเครื่องมือในการวัดความดันที่เรียกว่า ฟิล์มวัดความดัน (Fuji Prescale Sheets or Pressure-sensitive Film) ซึ่งฟิล์มวัดความดันแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทสองแผ่นและประเภทแผ่นเดียว

ประเภทสองแผ่น ประกอบไปด้วยฟิล์มสองแผ่นที่เคลือบด้วยวัสดุสร้างสีและพัฒนาสี ประเภทนี้ใช้งานโดยการวางด้านที่เคลือบสารเคมีตัวนำทับกัน

ประเภทฟิล์มแผ่นเดียว เป็นฟิล์มฐานเดี่ยวที่เคลือบด้วยวัสดุสร้างสีและพัฒนาสี ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งลักษณะการทำงานของแผ่นฟิล์มจะประกอบด้วย ชั้นกอลิ (Micro-encapsulated Layer: A-Film) ทำปฏิกิริยากับชั้นพัฒนาสี (Color-developing Material: C-Film)



รูปที่ 2.7 ประเภทของฟิล์มวัดความดัน [23]

2.7.2 หลักการเกิดสีของฟิล์มวัดความดัน

เมื่อมีแรงกดทับบนแผ่นฟิล์มจะแสดงความเข้มสีซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงขนาดแรงกดของแผ่นฟิล์ม หากมีความเข้มสีน้อยจะแสดงถึงการมีแรงกดทับที่น้อย โดยวิธีวัดแรงกดสามารถวัดด้วยการแทรกฟิล์มไว้ระหว่างชิ้นงานของแต่ละชั้น จากนั้นไมโครแคปซูลในชั้นกอลิจะแตกออกโดยแรงกดสีย้อม โดยสีที่มีอยู่จะถูกดูดซึมเข้าสู่ตัวกอลิให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีในการสร้างสีแดง ซึ่งไมโครแคปซูลที่มีส่วนผสมของสีจะถูกปรับตาม

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดและความเข้มที่แตกต่างกัน และมีการเคลือบสีสม่ำเสมอทำให้มีความหนาแน่นของสีที่สอดคล้องกับความดัน

2.7.3 ชนิดของแผ่นฟิล์มวัดความดัน

แผ่นฟิล์มวัดความดันแต่ละชนิดสามารถวัดความสมดุล การกระจายตัว และขนาดของแรงกดได้ ถูกสร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงด้วยการเคลือบบาง ๆ บนผิวฟิล์ม และฟิล์มนี้สามารถใช้เป็นเซ็นเซอร์วัดแรงกดได้ด้วยการแสดงรูปแบบของแรงกดบนพื้นผิวฟิล์มตั้งแต่การสัมผัสครั้งแรก สีของฟิล์มจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อมีแรงกดเกิดขึ้น และความหนาแน่นของสีบนฟิล์มจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของแรงกดที่ปรากฏ โดยมีทั้งหมด 8 ชนิดและ 9 รุ่นเพื่อให้รองรับช่วงของแรงกดได้ทั่วถึง (0.006 ถึง 300 เมกะปาสคาล) โดยความเที่ยงตรงอยู่ที่ $\pm 10\%$ หรือน้อยกว่า (วัดโดยเครื่องวัดความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 23°C , 65% RH) อุณหภูมิที่แนะนำตั้งแต่ 20°C ถึง 35°C และความชื้นที่แนะนำตั้งแต่ RH 35% ถึง 80% RH

ชนิด	ช่วงแรงกดที่วัดได้ [MPa] $1\text{MPa} \approx 10.2\text{kgf/cm}^2$									Prescale	Prescale Sheets	การจัดหมวดหมู่
	0.006	0.05	0.2	0.5	0.6	2.5	10	50	130			
Ultra Extreme Low Pressure (5LW)										ขนาดผลิตภัณฑ์ กว้าง(mm)×ยาว(m) 320 x 2	—	ชนิดสองแผ่น
Extreme Low Pressure (4LW)										320 x 3	—	ชนิดสองแผ่น
Ultra Super Low Pressure (1LLW)										270 x 5	270×200 (5แผ่น)	ชนิดสองแผ่น
Super Low Pressure (LLW)										270 x 6	270×200 (5แผ่น)	ชนิดสองแผ่น
Low Pressure (LW)										270 x 10	270×200 (5แผ่น)	ชนิดสองแผ่น
Medium Pressure (MW)										270 x 10	—	ชนิดสองแผ่น
Medium Pressure (MS)										270 x 10	270×200 (5แผ่น)	ชนิดหนึ่งแผ่น
High Pressure (HS)										270 x 10	270×200 (5แผ่น)	ชนิดหนึ่งแผ่น
Super High Pressure (HHS)										270 x 10	270×200 (5แผ่น)	ชนิดหนึ่งแผ่น

รูปที่ 2.8 ช่วงรองรับแรงกดของฟิล์มที่สามารถรองรับได้ [23]

2.7.4 ระบบการวิเคราะห์ภาพความดันด้วย FPD-8010E

การวิเคราะห์ความดันบนแผ่นฟิล์มที่แสดงผลแบบแม่นยำด้วยคอมพิวเตอร์หรือ FPD-8010E ที่สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อใช้ระบบวางตำแหน่งเพื่อรองรับการกระจายแรงกด โดยที่โปรแกรม FPD-8010E จะทำการเก็บตัวอย่างของสีบน Prescale หรือแผ่นวัดความดันที่สัมผัสกับความดันนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการที่หลากหลายและแม่นยำร่วมกับการวิเคราะห์บนคอมพิวเตอร์ ทำให้ได้การทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงมาก [23]

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของสถาบันฯ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุดมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลายประเภท เช่น การศึกษาการเชื่อมเฉพาะจุดของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกประเภท 304 การเติบโตของรอยเชื่อม ปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของรอยเชื่อม ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอธิบายได้ดังนี้

Shamsul et al. [3] ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเชื่อมความต้านทานแบบจุดของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด AISI304 แบบต่อเกย 2 แผ่น ด้วยกระแสเชื่อม 4 ค่า คือ 2.50, 3.75, 5.00 และ 6.25 kA ที่ส่งผลต่อขนาดของรอยเชื่อม พบว่ารอยเชื่อมจะเพิ่มขึ้นตามกระแสเชื่อม โดยกระแสเชื่อม 6.25 kA มีเส้นผ่านศูนย์กลางรอยเชื่อมกว้างที่สุด มีผลมาจากกระแสเชื่อมที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยเชื่อมสั้นลงหรือลดลงอันเป็นผลมาจากการหลอมโลหะที่มากเกินไปและการกระเด็นของโลหะชั้นใน ซึ่งช่วงแรกไม่สามารถสังเกตการลดลงของเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยเชื่อมได้ เนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงกระแสเชื่อมสุดท้ายที่ใช้ หมายความว่าควรเพิ่มกระแสเชื่อมเกิน 6.25 kA เพื่อแสดงการลดลงของเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยเชื่อมสำหรับระยะเวลาการเชื่อมคงที่

Nachimani et al. [24] ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบการเติบโตของรอยเชื่อมต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุดแผ่นสแตนเลส 304 (2 mm) เพื่อวิเคราะห์เฉพาะผลกระทบของการเติบโตของรอยเชื่อม เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของกระแสและเวลาในการเชื่อมด้วยแรงกดคงที่และปลายอิเล็กโทรดที่ไม่เปลี่ยนแปลง มีการทดสอบแรงดึงการทดสอบความแข็งและการทดสอบทางโลหะวิทยาเพื่อระบุลักษณะการก่อตัวของรอยเชื่อม จากการศึกษาพบว่า การเติบโตของรอยเชื่อมแสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของฟิวชันโซน (FZ) โซนที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (HAZ) การเยื้องอิเล็กโทรด (IE) และมุมมองโครงสร้างขนาดเล็กของหลังจากการแข็งตัว มีจุดแข็งเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของเส้นผ่านศูนย์กลาง แต่ความแข็งที่เพิ่มขึ้นเกิดขึ้นเนื่องจากการแข็งตัว ตัวอย่างเช่น เมื่อเวลาในการเชื่อมเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 15 และจาก 15 เป็น 20 รอบ พื้นที่รอยเชื่อมได้รับเวลาที่เพียงพอในการหลอมละลาย ดังนั้นเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยเชื่อมจึงเพิ่มขึ้น (จาก 4.669 mm เป็น 5.757 mm และจาก 5.757 mm เป็น 6.301 mm) เช่นเดียวกันเมื่อกระแสเพิ่มขึ้นจาก 7 เป็น 8 และจาก 8 เป็น 9 kA ดังนั้นพื้นที่เชื่อมจึงได้รับกระแสไฟฟ้าผ่านมากขึ้นและส่งผลให้เกิดความร้อนมากขึ้น นี่คือวิธีที่เส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่อกระแสเชื่อมเพิ่มขึ้น

Nachimani [25] ได้ทำการศึกษาการเติบโตของรอยเชื่อมบนเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก 304L ด้วยการเชื่อมความต้านทานแบบจุดที่ความหนาไม่เท่ากันและเท่ากัน และวิเคราะห์ความต้านทานแรงเฉือนแรงดึงการเปลี่ยนแปลงความแข็งและมุมมองมหภาค ซึ่งกระแสเชื่อมและเวลาความแตกต่างกันสำหรับความหนาที่เท่ากันและไม่เท่ากัน พบว่าการเติบโตของรอยเชื่อมหลังจากกระบวนการแข็งตัวเสร็จสมบูรณ์ บริเวณโลหะหลอมละลาย (FZ) ที่ผ่านการหลอมทั้งหมดในระหว่างกระบวนการเชื่อม การแข็งตัวด้วยกระแสเชื่อม และเวลาในการเชื่อมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความกว้างของรอยเชื่อมเพิ่มขึ้น แต่ความสูงของรอยเชื่อมจะลดลงใน

เวลาเดียวกันโดยไม่คำนึงถึงความหนา สังเกตเห็นการเพิ่มขึ้นของความต้านทานแรงดึงเนื่องจากการขยายตัวของพื้นที่เชื่อมภายในบริเวณรอยเชื่อม โหมดความล้มเหลวของตัวอย่างที่ทดสอบแรงดึงพบว่าเป็นเรื่องปกติ เหมือนกับความล้มเหลวของวัสดุอื่น ๆ ยกเว้นรอยเชื่อมที่มีความหนาไม่เท่ากัน โหมดความล้มเหลวทั่วไปสาม โหมดถูกมองว่าเป็นรอยเชื่อมที่ไม่ดีทำให้เกิดการแตกหักแบบเชื่อมต่อ (IF) รอยเชื่อมขนาดกลางก่อให้เกิดรูปแบบการฉีกขาดด้านหนึ่ง (PF) และการเชื่อมที่ดีจะทำให้เกิดปมดิ่งหรือฉีกขาดจากทั้งสองด้าน (TF) การจำลองและการทดลองรูปลูกบิดเชื่อมเกือบจะเหมือนกันยกเว้นเส้นที่ตัดกันในรอยเชื่อม

Ding Min et al. [26] ศึกษาการประเมินความแข็งแรงและอินฟราเรดของการเชื่อมแบบจุดบนแผ่นเหล็กเฟอร์ไรต์ เกี่ยวกับผลกระทบของพารามิเตอร์ที่มีต่อโครงสร้างจุลภาคและคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กเฟอร์ไรต์เชื่อมแบบจุด พบว่าเกรนเดนไดรติกและเกรนตามแนวแกนเท่ากันที่เกิดขึ้นในโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานเชื่อมที่เชื่อมต่อกับกระแสเชื่อมและแรงอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มีแนวโน้มที่จะเติบโตไปในทิศทางนั้น แนวแกนเริ่มต้นในบริเวณกึ่งกลางจะเติบโตตามความยาวของรอยเชื่อมโดยปิดกั้นเกรนที่เติบโตจากอินเทอร์เฟซ ค่าความแข็งแรงสูงสุดเป็นของรอยเชื่อมและตามด้วย HAZ และโลหะพื้นฐาน ถือได้ว่าการหลอมละลายและการระบายความร้อนอย่างรวดเร็วของรอยเชื่อมทำให้ได้ค่าความแข็งแรงสูงสุด สมบัติการรับแรงดึงของชิ้นงานเชื่อมแบบจุดสามารถสัมพันธ์กับโครงสร้างจุลภาค เกรนละเอียดให้ความแข็งแรงและเกรนหยาบช่วยเพิ่มการยึดตัวที่สม่ำเสมอ ในระหว่างการทดสอบแรงดึงเทอร์โมกราฟฟีให้ข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนพื้นผิวของชิ้นงานทดสอบ สังเกตเห็นความผิดปกติของพลาสติกเริ่มต้นที่ขอบของรอยเชื่อม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสามารถสังเกตได้ง่ายกว่าในโหมด IF มากกว่าในโหมด PF ระหว่างการทดสอบแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

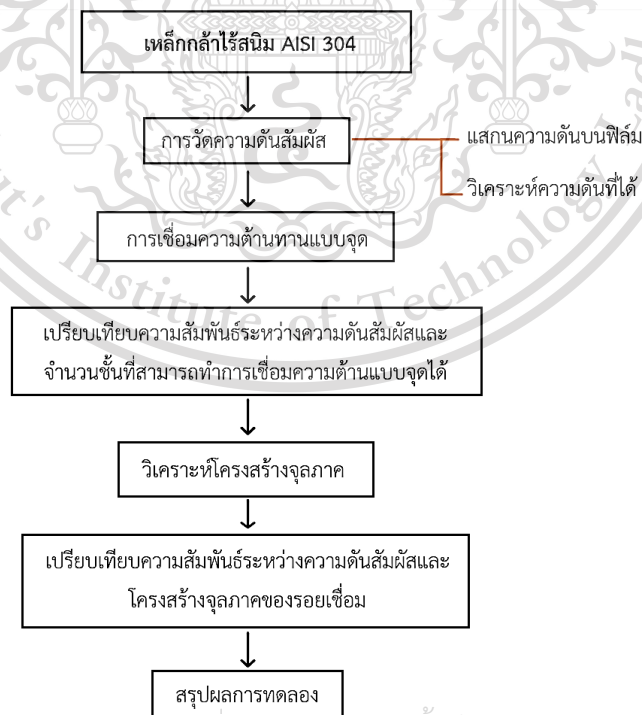
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการและขั้นตอนต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัยเรื่อง กรณีศึกษาผลของความดันสัมผัสต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุด ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. แผนภาพการไหลของการดำเนินงาน
2. การออกแบบการทดลองและเครื่องมือ
3. ขั้นตอนการทดลองวัดความดันสัมผัส

3.1 แผนภาพการไหลของการดำเนินงาน

เพื่อการดำเนินงานวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้จัดทำจึงได้วางแผนและกำหนดเวลาการดำเนินงานวิจัย โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 3.1 ดังนี้

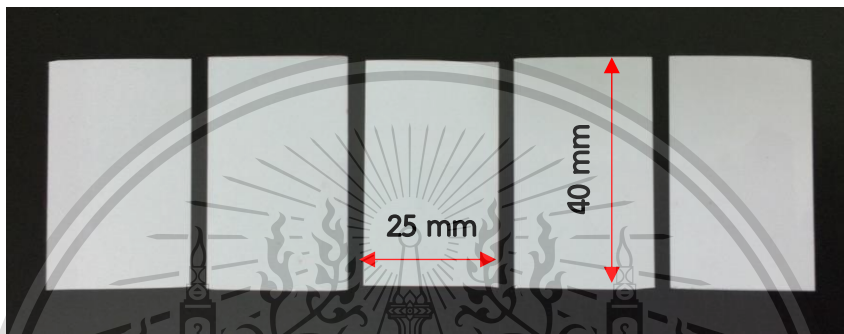


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.1 แผนภาพการไหลของการดำเนินงานวิจัย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียมองค์ประกอบในการวัดความดันสัมผัสและการเชื่อมชิ้นงาน

3.2.1 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. แผ่นฟิล์มวัดความดัน (Pressure-sensitive Film) เป็นแผ่นฟิล์มวัดความดันเครื่องหมายการค้า Fujifilm รุ่น Prescale ประเภทฟิล์มแผ่นเดียว ชนิด High Pressure สามารถรองรับความดัน 50 ถึง 130 เมกะปาสคาล ซึ่งขนาดแผ่นฟิล์มที่ใช้วัดความดันสัมผัสมีความยาว 40 mm และความกว้าง 25 mm



รูปที่ 3.2 แผ่นฟิล์มวัดความดัน

2. ชิ้นงานทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI304 เป็นสแตนเลสในกลุ่มออสเทนิติกมีส่วนผสมของโครเมียมอยู่ 18 % คาร์บอนไม่เกิน 0.08 % และธาตุนิกเกิลอย่างน้อย 8 % ขนาดความยาว 40 mm ความกว้าง 25 mm และความหนา 1 mm ดังรูปที่ 3.3 ส่วนประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI304 แสดงตามตารางที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ [16,27]

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิม (Wt %) AISI304

ส่วนประกอบ	Wt %
C	<0.08
Mn	<2.0
Si	<0.75
P	<0.045
S	<0.03
Cr	18-20
Ni	8.0-10.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304

คุณสมบัติทางกล	AISI304
Tensile Strength (MPa)	515 Min
Yield Strength 0.2 % Proof (MPa)	205 Min
Elongation (% in 50 mm)	40 Min
Hardness	
Rockwell B (HR B)	92 Max
Brinell (HB)	201 Max

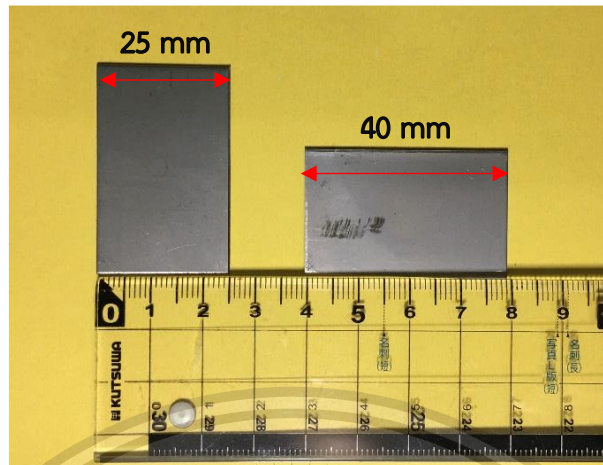
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304

คุณสมบัติทางฟิสิกส์	AISI304
Density (kg/m ³)	8,000
Elastic Modulus (GPa)	193
Mean Coefficient of Thermal Expansion (µm/m/°C)	
0-100°C	17.2
0-315°C	17.8
0-538°C	18.4
Thermal Conductivity (W/m.K)	
At 100°C	16.2
At 500°C	21.5
Specific Heat 0-100°C (J/kg.K)	500
Electrical Resistivity (nΩ.m)	720

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.3 เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 ขนาด 40x25x1 mm

3. อุปกรณ์ยึดจับชิ้นงานขณะเชื่อม (Fixture) เลือกใช้วัสดุ MC Nylon ที่ใช้งานในความร้อนสูงได้และทนแรงกระแทกได้ดี ในการวัดความดันสัมผัสและการเชื่อมชิ้นงานแบบต่อเกย ชิ้นงานจะต้องถูกวางอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ขณะที่ทำการเชื่อมชิ้นงานต้องมีการยึดจับชิ้นงานให้แน่นสนิท ต้องไม่แยกออกจากกันและไม่มีการเอียงศูนย์ของชิ้นงาน ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบอุปกรณ์ยึดจับสำหรับการทดลองดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ยึดจับชิ้นงาน

4. เครื่องตัดเหล็ก Hydraulic Shear เครื่องหมายการค้า TENNSMITH ขนาดเครื่อง 52 นิ้ว แรงเฉือน 16 Ga เป็นเครื่องจักรชนิดตัดตรงแบบใช้เท้าเหยียบ จากนั้นพลังงานไฟฟ้าจะไปขับเคลื่อนระบบไฮดรอลิค เอกสารนี้เป็รยู่ที่ห้องผลิตแผ่นเหล็ก สามารถปรับตำแหน่งของแผ่นเหล็กเพื่อให้ได้ขนาดตามที่ต้องการได้ [29] ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 เครื่องตัดเหล็ก Hydraulic Shear

5. เครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุด (Spot Welding Machine) เป็นเครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุดยี่ห้อ PANASONIC รุ่น YR500-CM2 ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 50 Hz Rate Capacity 50 KVA มีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำอัตราการไหล 10 ลิตรต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิน้ำขาเข้าที่ 23 องศาเซลเซียส กัดชิ้นงานด้วยระบบลม เครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุดจะมีชุดควบคุมการเชื่อม PANASONIC รุ่น YF-021Z5 ชุดควบคุมนี้เป็นตัวกำหนดปัจจัยการเชื่อมต่าง ๆ ในรอบเวลาของการเชื่อม เช่น เวลากัดชิ้นงานสองชั้นให้ติดกัน (Squeeze Time) กระแสเชื่อม (Weld Current) เวลาเชื่อม (Welding Time) และเวลาในการกดค้ำ (Hold Time) เป็นต้น



รูปที่ 3.6 เครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุด PANASONIC รุ่น YR-500C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หัวอิเล็กทรอนิกส์ในการทดลอง ชนิดทองแดงแบบแบนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm ทำงานโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าปริมาณสูงเข้าสู่ชิ้นงานที่วางซ้อนกัน กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านผิวสัมผัสของชิ้นงานทำให้เกิดความร้อนสูงจากความต้านทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของชิ้นงาน ทำให้เกิดการหลอมละลายเฉพาะจุด ขณะเดียวกันจะมีการใช้แรงกดเพื่อให้ผิวสัมผัสที่หลอมละลายนั้นหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน [30]

3.2.2 ขั้นตอนการทดลองวัดความดันสัมผัส

1. นำแผ่นฟิล์มวัดความดันแทรกไว้ระหว่างชั้นของชิ้นงานยาว 40 mm กว้าง 25 mm และหนา 1 mm โดยจัดเตรียมไว้เป็นชุดสำหรับการทดลอง แต่ละชุดการทดลองจะเกิดจากการเพิ่มจำนวนชั้นของแผ่นเหล็กทีละ 1 ชั้น ดังรูปที่ 3.7 และ 3.8

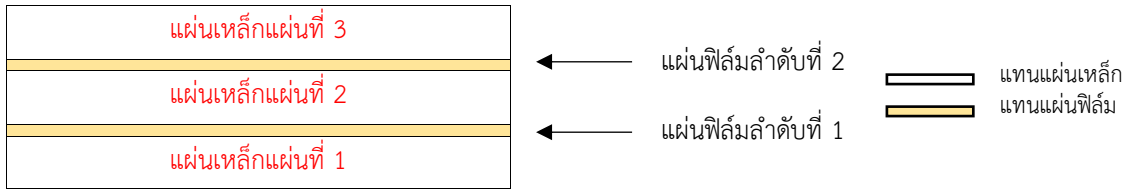


รูปที่ 3.7 ชุดการทดลองแผ่นเหล็กตามจำนวนชั้น เพื่อเตรียมวัดความดันสัมผัส



รูปที่ 3.8 ชุดการทดลองแผ่นเหล็ก 2 ชั้น พร้อมกับแทรกฟิล์มวัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 รูปแบบการนับลำดับแผ่นเหล็กและลำดับแผ่นฟิล์ม

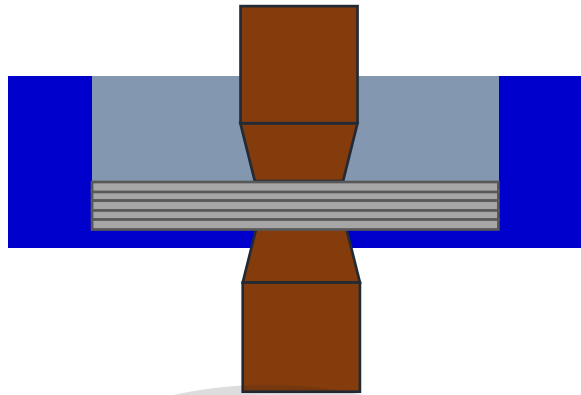
2. นำชุดการทดลองใส่ในอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงาน จากนั้นทำการวัดความดันสัมผัส โดยวิธีการคือ ให้หัวอิเล็กทรอนิกส์ทรดกลมแบนเป็นตัวช่วยออกแรงกด 3.3 กิโลนิวตัน ให้กับชิ้นงานที่มีลักษณะแบนเรียบทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน กดค้างเป็นเวลา 3 วินาที โดยไม่มีกรปล่อยกระแสไฟเชื่อมจากเครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุด PANASONIC รุ่น YR500-CM2



รูปที่ 3.10 การนำชุดแผ่นเหล็ก 2 ชั้นใส่ในอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.11 ขั้นตอนวัดความดันด้วยเครื่องเชื่อมความต้านทาน PANASONIC
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แบบจำลองภายในอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงานขณะทำการวัดความดันสัมผัส

3. แผ่นฟิล์มที่ผ่านการวัดความดันสัมผัสแล้วจะปรากฏสีบนฟิล์มตามความเข้มของความดันที่ได้รับ จากนั้นแสกนด้วยระบบการวิเคราะห์ภาพ FPD-8010E เพื่อหาความดันสัมผัสที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นของชิ้นงาน อย่างแม่นยำ จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลของข้อมูลที่ได้



รูปที่ 3.13 แผ่นฟิล์มที่ผ่านการวัดความดันสัมผัสทั้งหมด 16 ชุดการทดลอง

3.2.3 ขั้นตอนการทดลองเชื่อมความต้านทานชิ้นงาน

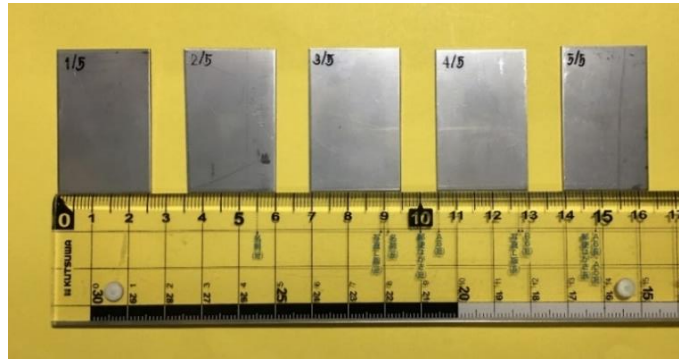
การเชื่อมชิ้นงานทำได้โดยการเชื่อมด้วยเครื่องเชื่อมความต้านทาน PANASONIC รุ่น YR500-CM2 ด้วยตัวแปรเชื่อมที่กำหนดไว้ เพื่อลดความผิดพลาดจากการเชื่อมในทุกครั้ง ขั้นตอนการเชื่อมมีดังต่อไปนี้

1. นำแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 ขนาด 40x25x1 mm ใส่ในอุปกรณ์ยึดจับ

เอกสารนี้ เป็นเอกสารที่เผยแพร่ได้ภายใต้เงื่อนไขการใช้งานที่กำหนดไว้ ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ชิ้นงาน โดยเริ่มที่แผ่นเหล็ก 2 ชั้น จากนั้นทำซ้ำโดยเพิ่มจำนวนแผ่นเหล็กทีละ 1 แผ่น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ชุดการทดลองแผ่นเหล็ก 5 ชั้น สำหรับการเชื่อมด้านทาน

2. การเชื่อมความต้านทานขึ้นงาน จำเป็นต้องกำหนดตัวแปรเชื่อมเพื่อให้การเชื่อมมีความแม่นยำ คือ แรงกด 3.3 kN กระแสไฟเชื่อม 7.5 kA เวลาเชื่อม 25 Cycles เวลากดขึ้นงานก่อนเชื่อม 45 Cycles และเวลา กดค้าง 50 Cycles การเชื่อมความต้านทานเริ่มเชื่อมที่ขึ้นงาน 2 ชั้น และเพิ่มจำนวนชั้นของขึ้นงานเป็น 3, 5, 7 และ 10 ชั้น

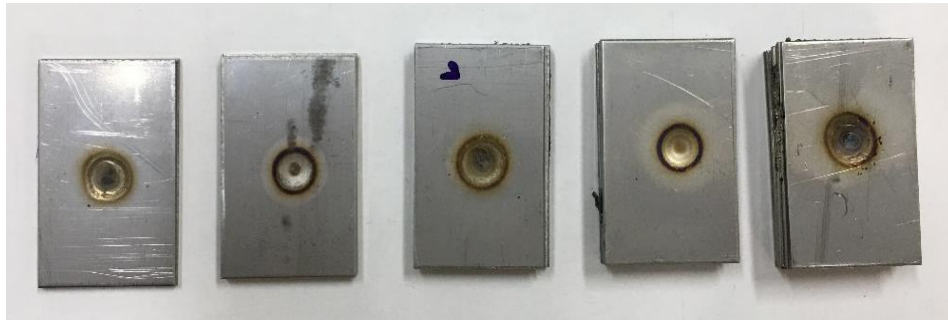
ตารางที่ 3.4 ตัวแปรเชื่อมสำหรับการเชื่อมความต้านทานแบบจุด

Electrode Force (kN)	Weld Current (kA)	Welding Time (Cycles/s)	Squeez Time (Cycles/s)	Holding Time (Cycles/s)
3.3	7.5	25/0.5	45/0.9	50/1.0



รูปที่ 3.15 การเชื่อมความต้านทานขึ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

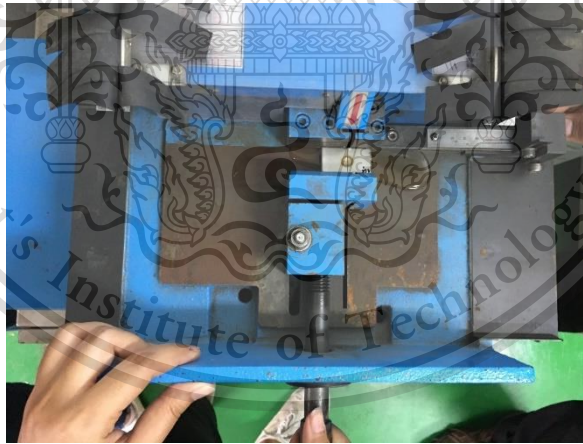


รูปที่ 3.16 ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมความต้านทาน

3.3 ขั้นตอนการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

การตรวจสอบลักษณะโครงสร้างจุลภาคภาคจะต้องมีการเตรียมชิ้นงานก่อน เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถมองเห็นโครงสร้างของรอยเชื่อมขณะตรวจสอบได้อย่างชัดเจน โดยต้องอาศัยอุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็นดังต่อไปนี้

1. ชิ้นงานเมื่อผ่านการเชื่อมแล้วจะถูกตัดด้วยเครื่องตัดละเอียด (Fine Cut) เครื่องหมายการค้า HEIWA TWCHNICA ตัดชิ้นงานบริเวณกลางรอยเชื่อมเพื่อให้สามารถตรวจสอบรอยเชื่อมภายในรอยเชื่อมได้

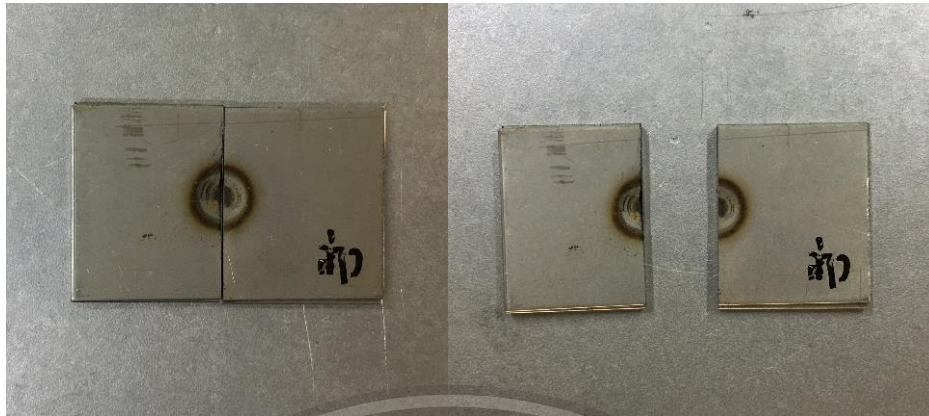


รูปที่ 3.17 ชิ้นงานเชื่อมขณะตัดด้วยเครื่องตัดละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use³² only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.18 ชิ้นงานเชื่อมถูกตัดด้วยเครื่องตัดละเอียด

2. ชิ้นงานเชื่อมที่ถูกตัดบริเวณกลางรอยเชื่อม จะถูกหล่อด้วยเรซิน 60 % และตัวเร่งปฏิกิริยา 40 % เพื่อให้ขั้นตอนการขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทรายเป็นไปได้ง่าย เทหล่อเรซินลงในแม่พิมพ์ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 inch ความสูง 20 mm พ้นด้วยพลาสติกห่อหุ้มยืดหยุ่น จากนั้นทิ้งไว้กระทั่งเรซินแข็งตัวแล้วนำชิ้นงานไปกัดผิวให้เรียบด้วยเครื่องกัดแนวตั้ง



รูปที่ 3.19 การหล่อชิ้นงานเชื่อมด้วยเรซิน

3. นำชิ้นงานที่ผ่านการกัดผิวให้เรียบขัดด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 400 โดยจะต้องขัดชิ้นงานไปในทิศทางเดียวกันจนกระทั่งรอยขีดข่วนและรอยขีดหมดไป จากนั้นหมุนชิ้นงานเป็นมุมฉากและขัดชิ้นงานอีกครั้งจนกระทั่งรอยขีดที่มีอยู่เดิมหายไป ทำซ้ำแบบเดิมโดยเพิ่มความละเอียดของกระดาษทรายเป็น 600, 800, 1,000, 2,000 และ 4,000 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายน้ำมาขัดด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ร่วมกับผงเพชร โดยขัดให้รอยขีดข่วนของชิ้นงานหายไป และขัดด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ร่วมกับอะลูมินาขนาด $0.3\ \mu\text{m}$ จากนั้นล้างชิ้นงานด้วยน้ำสะอาดแล้วเป่าให้แห้งก่อนการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.20 การขัดชิ้นงานด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ร่วมกับผงขัดอะลูมินา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use³⁴ only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

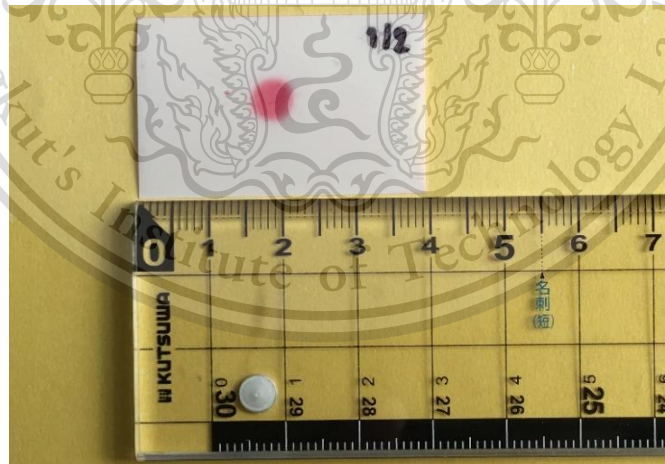
ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินการหลังจากทำการทดลองวัดความดันสัมผัสและเชื่อมความต้านทาน ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ค่าความดันสัมผัสระหว่างชั้นของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304
2. ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม
3. ผลการวิเคราะห์ระหว่างค่าความดันสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความดันสัมผัสระหว่างชั้นของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304

การวิเคราะห์ข้อมูลค่าความดันสัมผัสระหว่างชั้นของชิ้นงานนั้นจำเป็นต้องนำแผ่นฟิล์มที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยการสแกน FPD-8010E เพื่อหาค่าความดันที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม ซึ่งข้อมูลภาพและตัวเลขจะปรากฏตามความเข้มชั้นความดันที่เกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์ม โดยค่าความแม่นยำการวัดความดันสัมผัสอยู่ที่ $\pm 10\%$



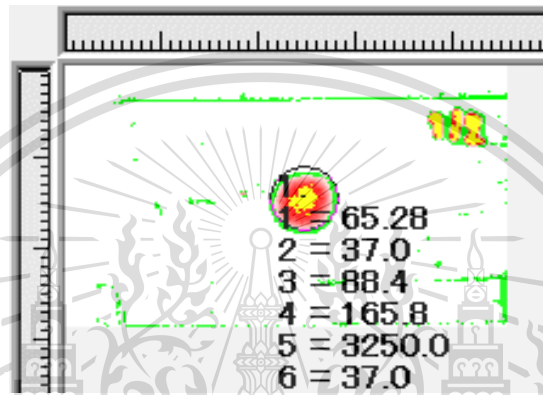
รูปที่ 4.1 แผ่นฟิล์มระหว่างแผ่นเหล็ก 2 ชั้นที่ผ่านการวัดความดันสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากการทดลองการวัดความดันสัมผัสด้วยแผ่นฟิล์มวัดความดันชนิด High Pressure สามารถรองรับความดันได้ 50 ถึง 130 MPa พบว่าสามารถวัดได้ที่จำนวนชั้นแผ่นเหล็กมากที่สุด 17 ชั้น จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความดันบนฟิล์มด้วยการสแกน FPD-8010E แบบระบุตำแหน่งที่ต้องการสแกนเป็นลักษณะวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 mm ตามสีที่ปรากฏบนภาพสแกน ซึ่งข้อมูลจากการวิเคราะห์ค่าความดันสัมผัสของแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น [23] แสดงดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 และตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3



รูปที่ 4.2 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น

ตารางที่ 4.1 ขอบเขตของข้อมูลแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้นเมื่อทำการสแกน

Memo Information	Side Pixel Several	Length Pixel Several	Definition (mm)
2 level-1.2	14	14	0.5

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (N/mm ²)	Max Pressure (N/mm ²)	Load (kN)	Measured Area (mm ²)
1/2	Ellipse	37	106.16	148.6875	3.250	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

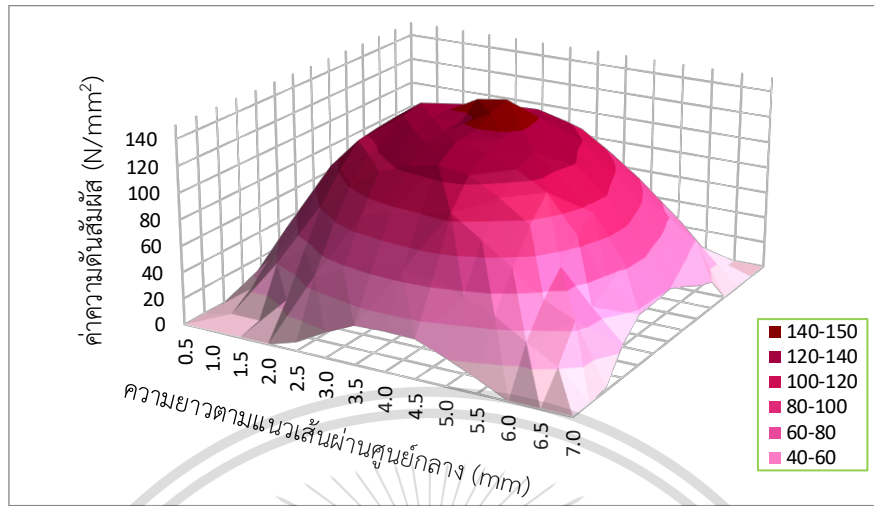
จากตารางที่ 4.1 แสดงขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการสแกน FPD-8010E แบบระบุตำแหน่งของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นหลักจำนวน 2 ชั้น โดย Side Pixel Several และ Length Pixel Several เป็นขอบเขตของการจัดเก็บข้อมูลลงในโปรแกรม Excel 14 ข้อมูลแนวนอน 14 ข้อมูลแนวตั้ง Definition บอกถึงขอบเขตการสแกนข้อมูล 1 ค่า ซึ่งอ้างอิงจากการสแกนแบบระบุตำแหน่งลักษณะวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 mm ภายในพื้นที่ 0.5 x 0.5 mm หรือ 0.25 mm² สามารถระบุค่าความดันสัมผัสได้ 1 ค่าในหน่วย N/mm²

จากตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1/2 หมายถึงแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ของชิ้นงานเชื่อม 2 ชั้น โดย Pressed Area คือ พื้นที่ของข้อมูลที่แผ่นฟิล์มได้รับความดันสัมผัส 37 mm² ของพื้นที่ทั้งหมด 49 mm² Ave Pressure คือ ค่าความดันสัมผัสเฉลี่ย Max Pressure คือ ค่าความดันสัมผัสสูงสุด Load คือ แรงกดจากหัวอิเล็กทรอนิกส์ที่แผ่นฟิล์มได้รับ และ Measured Area พื้นที่ของแผ่นฟิล์มที่สามารถวัดความดันสัมผัสได้ 37 mm² ของพื้นที่ทั้งหมด 49 mm²

ตารางที่ 4.3 ค่าความดันสัมผัส (N/mm²) แต่ละค่าต่อพื้นที่ 0.25 mm² ตามแนวความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นหลักจำนวน 2 ชั้น

				6.78	19.01	29.25	30.06	29.62	20.84	11.05				
	4.55	4.39	24.98	47.78	57.44	64.11	66.91	65.08	56.83	47.49	33.76	21.17		
	15.48	40.30	55.41	76.54	89.94	96.36	99.61	104.81	89.90	73.82	56.02	45.62	2.19	
	30.14	57.65	82.96	101.48	115.38	123.26	128.38	124.80	112.78	97.46	71.78	47.13	24.94	
	8.94	48.06	77.11	101.89	116.88	125.49	132.88	138.45	134.06	126.38	113.67	86.21	54.97	37.7
	23.60	57.97	93.28	116.76	123.46	131.87	135.65	138.86	137.92	131.79	113.99	95.55	63.33	38.27
	37.94	68.45	97.70	118.99	132.80	135.61	135.81	145.80	142.92	131.71	118.22	97.78	64.68	40.06
	39.45	65.12	96.04	120.53	136.26	134.43	146.53	148.69	141.58	125.94	111.11	89.66	59.19	33.35
	42.05	61.30	94.94	115.62	122.69	132.56	136.70	129.31	126.95	120.86	103.76	81.53	53.46	25.72
	23.24	54.19	84.54	110.58	120.29	126.75	125.82	129.47	123.83	109.69	93.68	71.78	45.46	20.11
	4.43	41.48	65.89	92.10	110.30	114.16	117.33	116.51	111.48	97.05	80.72	57.28	39.41	
	0.00	16.29	46.07	64.72	83.32	93.03	102.62	96.00	90.31	77.27	60.82	43.10	20.56	
			20.80	42.74	53.18	62.20	66.79	66.91	63.90	52.65	41.64	17.96		
				6.62	20.72	33.56	40.02	40.38	39.37	30.02	4.55			
ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)														
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

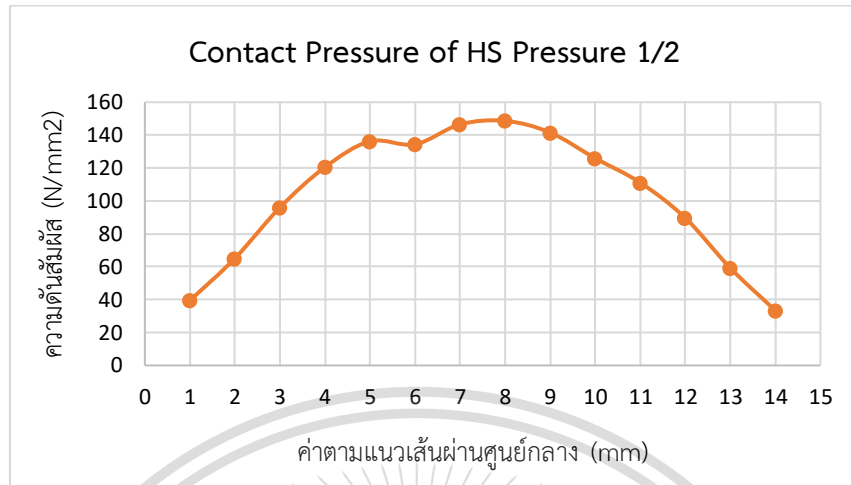


รูปที่ 4.3 กราฟค่าความดันสัมผัส (N/mm^2) แต่ละค่าต่อพื้นที่ 0.25 mm^2 ของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นหลักจำนวน 2 ชั้น

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับค่าความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นหลักจำนวน 2 ชั้น

แกน Y ความดันสัมผัส (N/mm^2)	แกน X ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
39.4469	0.5
65.1219	1.0
96.0375	1.5
120.5344	2.0
136.2563	2.5
134.4281	3.0
146.5344	3.5
148.6875	4.0
141.5781	4.5
125.9375	5.0
111.1094	5.5
89.6594	6.0
59.1906	6.5
33.3531	7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับขนาดพื้นที่ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง
แผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น

จากตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลของค่าความดันสัมผัสที่ทำการสแกนจากแผ่นฟิล์มวัดความดัน ลักษณะข้อมูลเป็นวงรี จัดเก็บข้อมูลเป็นตารางในโปรแกรม Excel เมื่อนำค่าความดันสัมผัสมาพล็อตกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 โดยลักษณะกราฟคล้ายทรงระฆังคว่ำ สังเกตได้ว่าค่าความดันสัมผัสสูงสุดอยู่บริเวณจุดศูนย์กลางสูงสุดของกราฟ และมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จากจุดศูนย์กลาง

จากตารางที่ 4.4 แสดงค่าความดันสัมผัสตามแนวความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่าที่จุดศูนย์กลางมีค่าความความดันสัมผัสสูงสุด 148.6875 N/mm² และมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จากจุดศูนย์กลางของแผ่นฟิล์ม

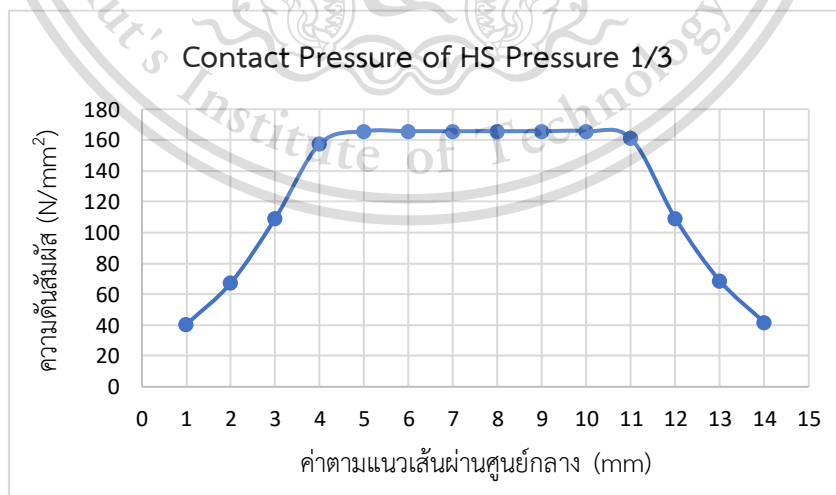
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 3 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (N/mm ²)	Max Pressure (N/mm ²)	Load (kN)	Measured Area (mm ²)
1/3	Ellipse	37	101.0	165.7500	3.311	37
2/3	Ellipse	37	107.9	165.7500	3.384	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับค่าความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง
ของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 3 ชั้น

แกน Y ความดันสัมผัส (N/mm ²)	แกน X ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
40.4625	0.5
67.3969	1.0
109.2000	1.5
157.4625	2.0
165.7500	2.5
165.7500	3.0
165.7500	3.5
165.7500	4.0
165.7500	4.5
165.7500	5.0
161.0781	5.5
109.1188	6.0
68.7375	6.5
41.7625	7.0



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับขนาดพื้นที่ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีพิมพ์เผยแพร่ข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
แผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 3 ชั้น

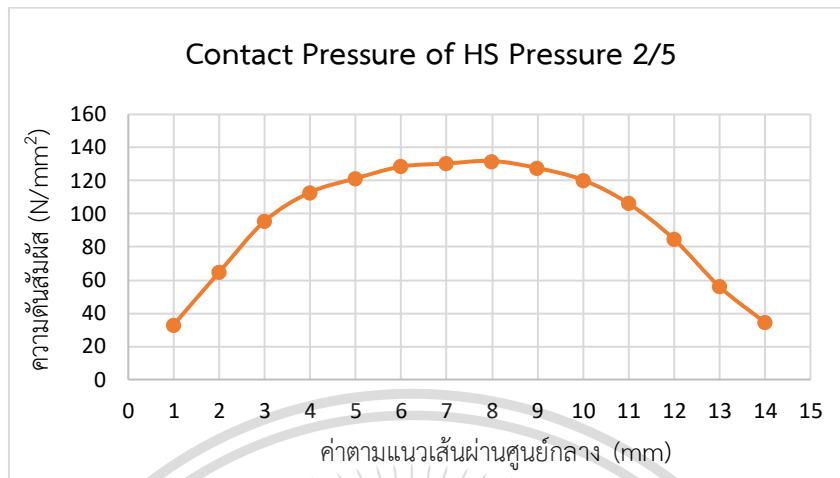
ตารางที่ 4.7 ข้อมูลที่ได้จากการแสกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (N/mm ²)	Max Pressure (N/mm ²)	Load (kN)	Measured Area (mm ²)
1/5	Ellipse	37	90.1	138.9594	3.358	37
2/5	Ellipse	37	85.8	131.8969	3.188	37
3/5	Ellipse	37	88.0	133.1094	3.381	37
4/5	Ellipse	37	93.0	140.4406	3.454	37

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับค่าความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 2 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น

แกน Y ความดันสัมผัส (N/mm ²)	แกน X ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
33.10313	0.5
64.81563	1.0
95.56875	1.5
112.9969	2.0
121.3656	2.5
128.5156	3.0
130.3438	3.5
131.8969	4.0
127.5813	4.5
120.3906	5.0
106.2125	5.5
84.68125	6.0
56.04063	6.5
34.42813	7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับขนาดพื้นที่ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง
แผ่นฟิล์มลำดับที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น

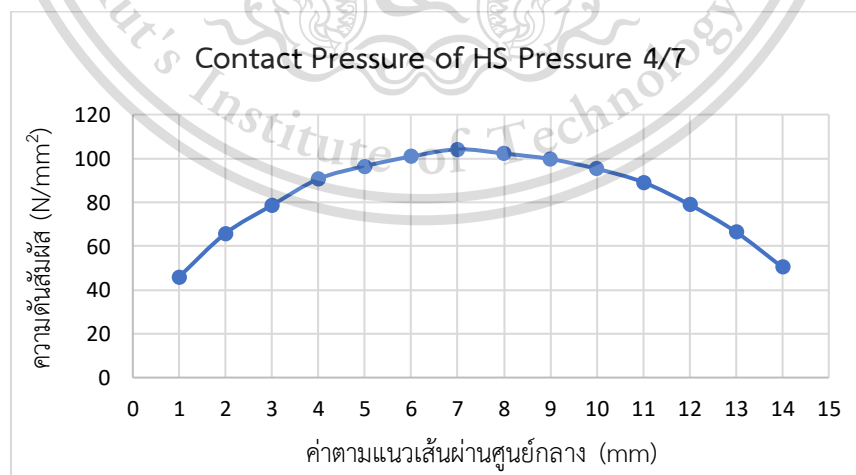
ตารางที่ 4.9 ข้อมูลที่ได้จากการแสกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (N/mm ²)	Max Pressure (N/mm ²)	Load (kN)	Measured Area (mm ²)
1/7	Ellipse	37	78.7	101.8875	2.920	37
2/7	Ellipse	37	72.2	102.9031	2.781	37
3/7	Ellipse	37	72.2	107.9813	2.681	37
4/7	Ellipse	37	70.8	104.1625	2.633	37
5/7	Ellipse	37	76.0	110.6219	2.826	37
6/7	Ellipse	37	89.7	122.3625	3.333	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับค่าความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง
ของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 4 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น

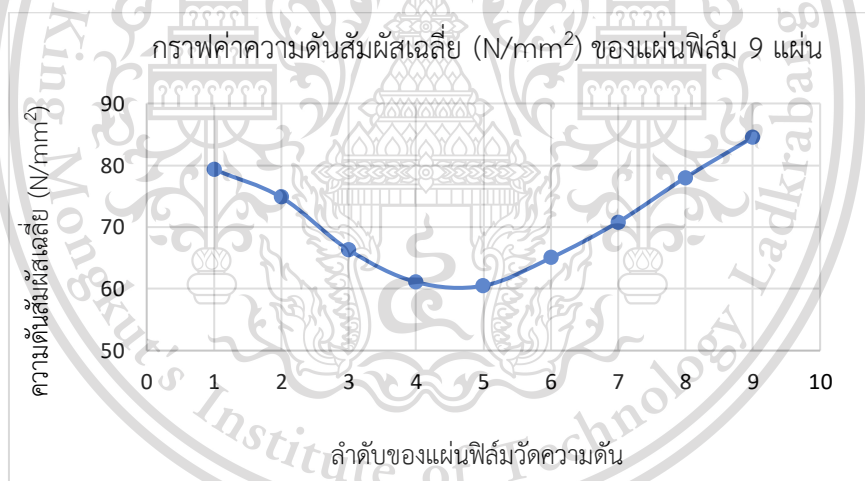
แกน Y ความดันสัมผัส (N/mm ²)	แกน X ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
46.0000	0.5
65.8125	1.0
78.6500	1.5
90.6344	2.0
96.4844	2.5
100.8719	3.0
104.1625	3.5
102.2375	4.0
99.7031	4.5
95.2531	5.0
89.1375	5.5
78.9344	6.0
66.4625	6.5
50.3719	7.0



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับขนาดพื้นที่ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่
แผ่นฟิล์มลำดับที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลที่ได้จากการแสกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (N/mm ²)	Max Pressure (N/mm ²)	Load (kN)	Measured Area (mm ²)
1/10	Ellipse	37	79.3	94.4531	2.945	37
2/10	Ellipse	37	74.8	106.3563	2.777	37
3/10	Ellipse	37	66.3	96.8094	2.463	37
4/10	Ellipse	37	61.1	89.5375	2.270	37
5/10	Ellipse	37	60.5	88.0344	2.246	37
6/10	Ellipse	37	65.0	101.6438	2.415	37
7/10	Ellipse	37	70.8	103.7969	2.633	37
8/10	Ellipse	37	78.0	111.5563	2.898	37
9/10	Ellipse	37	84.5	106.5594	3.140	37

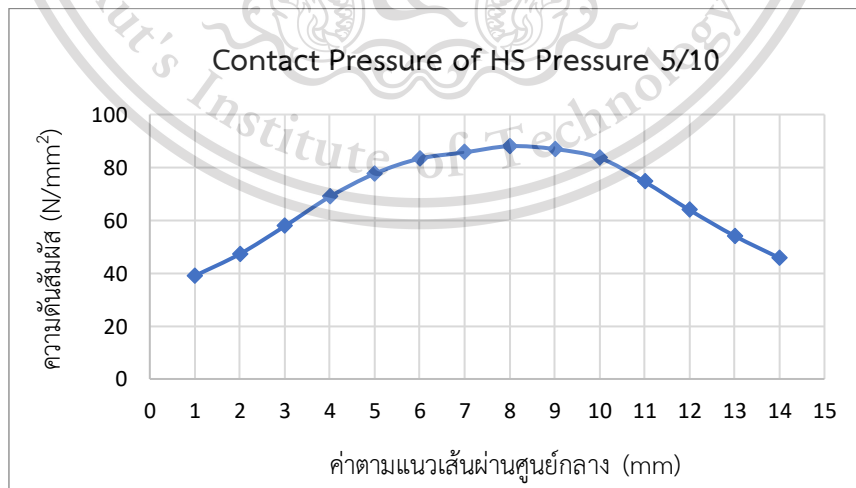


รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบความดันสัมผัสเฉลี่ย (N/mm²) ของแผ่นฟิล์ม 9 แผ่น ในการวัดความดันสัมผัสของแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสกับค่าความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง
ของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 5 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

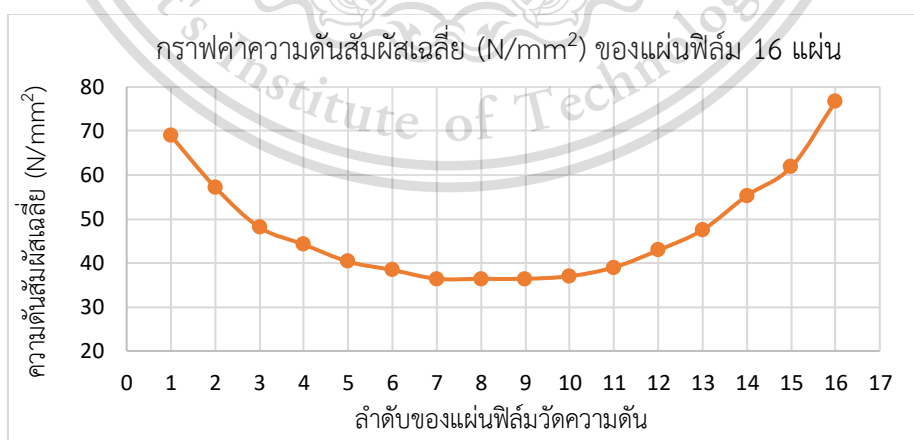
แกน Y ความดันสัมผัส (N/mm ²)	แกน X ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
39.0000	0.5
47.2469	1.0
57.7688	1.5
68.9000	2.0
77.6344	2.5
83.3219	3.0
85.6781	3.5
88.0344	4.0
86.9375	4.5
83.6063	5.0
74.5875	5.5
63.9031	6.0
54.1125	6.5
45.7438	7.0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดเบี่ยงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (N/mm ²)	Max Pressure (N/mm ²)	Load (kN)	Measured Area (mm ²)
1/17	Ellipse	37	68.9	83.6469	2.560	37
2/17	Ellipse	37	57.2	76.3750	2.125	37
3/17	Ellipse	37	48.1	66.0563	1.771	37
4/17	Ellipse	37	44.2	56.5906	1.642	37
5/17	Ellipse	37	40.3	49.4812	1.492	37
6/17	Ellipse	37	38.4	45.5812	1.309	37
7/17	Ellipse	37	36.8	39.2437	0.605	37
8/17	Ellipse	37	36.5	49.6437	0.854	37
9/17	Ellipse	37	36.4	39.6906	0.873	37
10/17	Ellipse	37	37.0	42.2094	1.135	37
11/17	Ellipse	37	39.0	48.1406	1.384	37
12/17	Ellipse	37	42.9	59.8406	1.583	37
13/17	Ellipse	37	47.5	68.2500	1.723	37
14/17	Ellipse	37	55.3	83.4031	2.047	37
15/17	Ellipse	37	61.8	83.1187	2.294	37
16/17	Ellipse	37	76.7	90.8781	2.850	37



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบความดันสัมพัทธ์เฉลี่ย (N/mm²) ของแผ่นฟิล์ม 16 แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ในการวัดความดันสัมพัทธ์ของแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 ค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1/2 มีค่าเท่ากับ 106.16 N/mm^2 ค่าความดันสัมผัสสูงสุดของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1/2 มีค่าเท่ากับ 148.6875 N/mm^2 เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.4 พบว่าค่าความดันสัมผัสจะมีค่าสูงสุดที่ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0 mm มีค่าเท่ากับ 148.6875 N/mm^2 และมีค่าลดลงเรื่อยๆ จากจุดสูงสุด ดังรูปที่ 4.4

จากตารางที่ 4.5 ค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1/3 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 101.0 N/mm^2 ค่าความดันสัมผัสสูงสุดของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1/3 และ 2/3 มีค่าเท่ากับ 165.7500 N/mm^2 เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.6 พบว่าค่าความดันสัมผัสของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1/3 มีค่าสูงสุดที่ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ถึง 5.0 mm มีค่าเท่ากับ 165.7500 N/mm^2 และมีค่าลดลงเรื่อยๆ จากจุดสูงสุด ดังรูปที่ 4.5

จากตารางที่ 4.7 ค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 2/5 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 85.8 N/mm^2 ค่าความดันสัมผัสสูงสุดของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 2/5 มีค่าเท่ากับ 131.8969 N/mm^2 เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.8 พบว่าค่าความดันสัมผัสของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 2/5 จะมีค่าสูงสุดที่ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0 mm มีค่าเท่ากับ 131.8969 N/mm^2 และมีค่าลดลงเรื่อยๆ จากจุดสูงสุด ดังรูปที่ 4.6

จากตารางที่ 4.9 ค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 4/7 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 70.8 N/mm^2 ค่าความดันสัมผัสสูงสุดของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 4/7 มีค่าเท่ากับ 104.1625 N/mm^2 เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.10 พบว่าค่าความดันสัมผัสของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 4/7 จะมีค่าสูงสุดที่ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 mm มีค่าเท่ากับ 104.1625 N/mm^2 และมีค่าลดลงเรื่อยๆ จากจุดสูงสุด ดังรูปที่ 4.7

จากตารางที่ 4.11 ค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 5/10 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 60.5 N/mm^2 โดยค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มแต่ละชั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.8 ค่าความดันสัมผัสสูงสุดของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 5/10 มีค่าเท่ากับ 88.0344 N/mm^2 เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.12 พบว่าค่าความดันสัมผัสของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 5/10 จะมีค่าสูงสุดที่ความยาวตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0 mm มีค่าเท่ากับ 88.0344 N/mm^2 และมีค่าลดลงเรื่อยๆ จากจุดสูงสุด ดังรูปที่ 4.9

จากตารางที่ 4.13 ค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 9/17 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 36.4 N/mm^2 และค่าความดันสัมผัสสูงสุดของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 9/17 มีค่าเท่ากับ 39.6906 N/mm^2 ซึ่งค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มแต่ละชั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.10

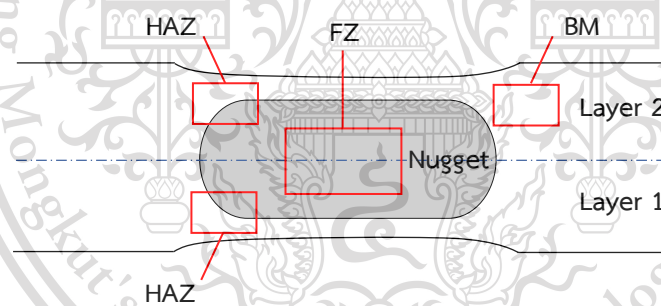
จากตารางที่ 4.2 ถึง 4.13 เมื่อเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มแต่ละชั้นของชิ้นงาน 2, 3, 5, 7, 10 และ 17 ตามลำดับ พบว่าแผ่นฟิล์มที่อยู่ใกล้บริเวณพื้นที่ผิวสัมผัส หรือ บริเวณที่ได้รับแรงกดจากหัวอิเล็กโทรดโดยตรงนั้น มีค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยสูงกว่าแผ่นฟิล์มบริเวณกลางชิ้นงาน เนื่องจากการกระจายความดันสัมผัสของบริเวณที่ได้รับแรงกดจากหัวอิเล็กโทรดโดยตรงไปยังบริเวณโดยรอบที่ได้รับอิทธิพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นหากมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสสูงสุดของแผ่นฟิล์มแต่ละแผ่น พบว่าบริเวณจุดศูนย์กลางของแผ่นฟิล์มมีค่าความดันสัมผัสสูงสุด และมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จากจุดศูนย์กลาง เนื่องจากกระจายความดันสัมผัสไปยังบริเวณรอบจุดศูนย์กลางที่ได้รับอิทธิพลจากแรงกดหัวอิเล็กโทรด

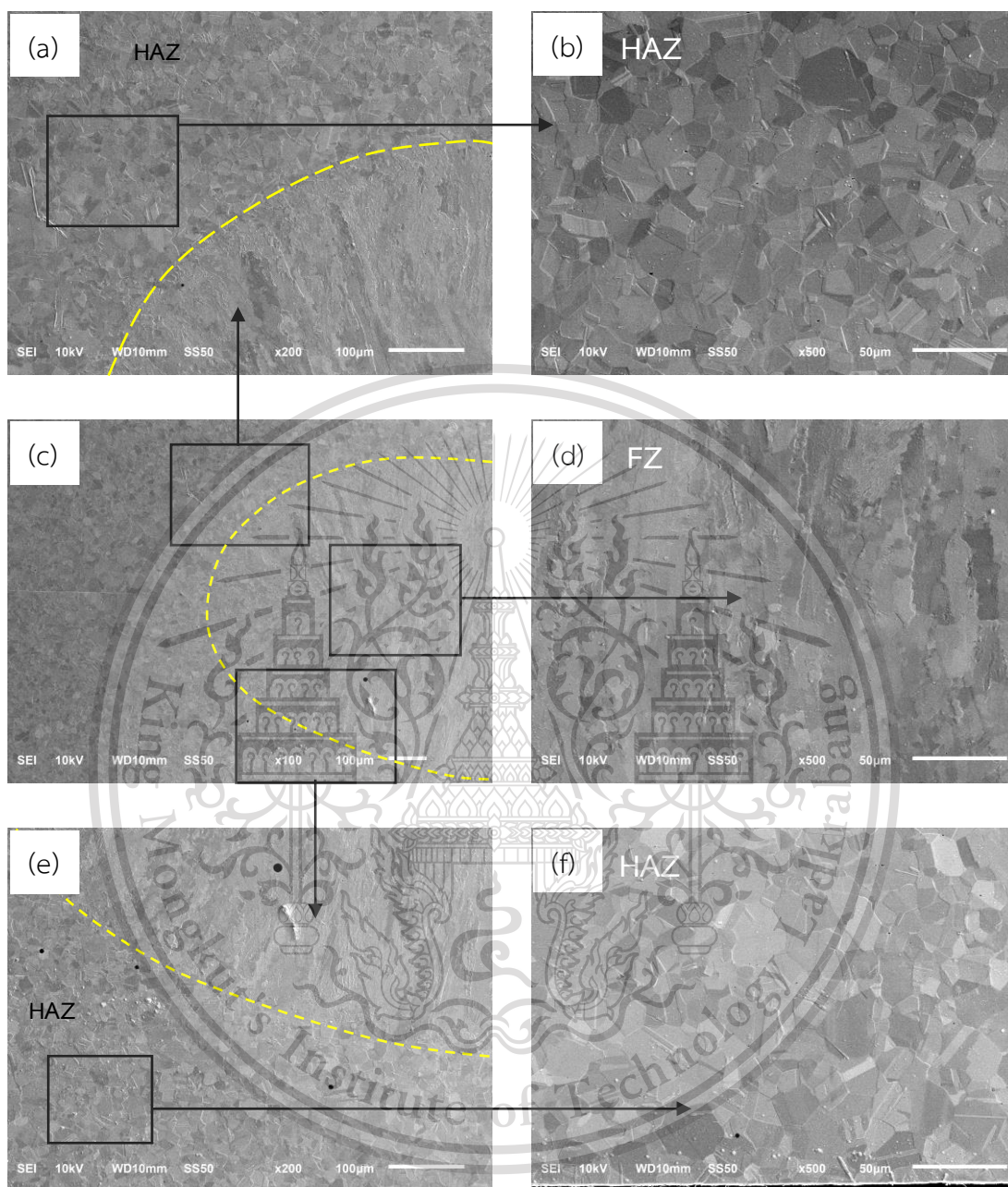
4.2 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม

การเชื่อมความต้านทานแบบจุด เมื่อชิ้นงานได้รับแรงกดจากหัวอิเล็กโทรดจะทำให้บริเวณนั้นเกิดความร้อนสูงส่งผลให้โลหะเกิดการหลอมละลายรวมกัน เรียกว่า บริเวณรอยเชื่อมหรือบริเวณที่เกิดการหลอมละลาย (Fusion Zone: FZ) เมื่อรอยเชื่อมเกิดการแข็งตัวจะมีการเติบโตของเกรนในทุกทิศทางในระหว่างเนื้อรอยเชื่อมกับโลหะงาน บริเวณได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affect Zone: HAZ) จะมีขนาดใหญ่กว่าวัสดุพื้น สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงของเกรนหยาบ โครงสร้างจะมีลักษณะเกรนหยาบส่งผลให้เกิดรอยฉีกขาดบริเวณตำแหน่งนี้เป็นจุดแรก ช่วงของเกรนละเอียด และช่วงของเกรนที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่สมบูรณ์จะอยู่ใกล้บริเวณโลหะงาน (Base Metal: BM) ซึ่งโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 สามารถเห็นได้ด้วย SEM ดังรูปที่ 4.11 ถึง 4.16



รูปที่ 4.11 ภาพพื้นที่สำหรับการศึกษาคูโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม AISI304

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

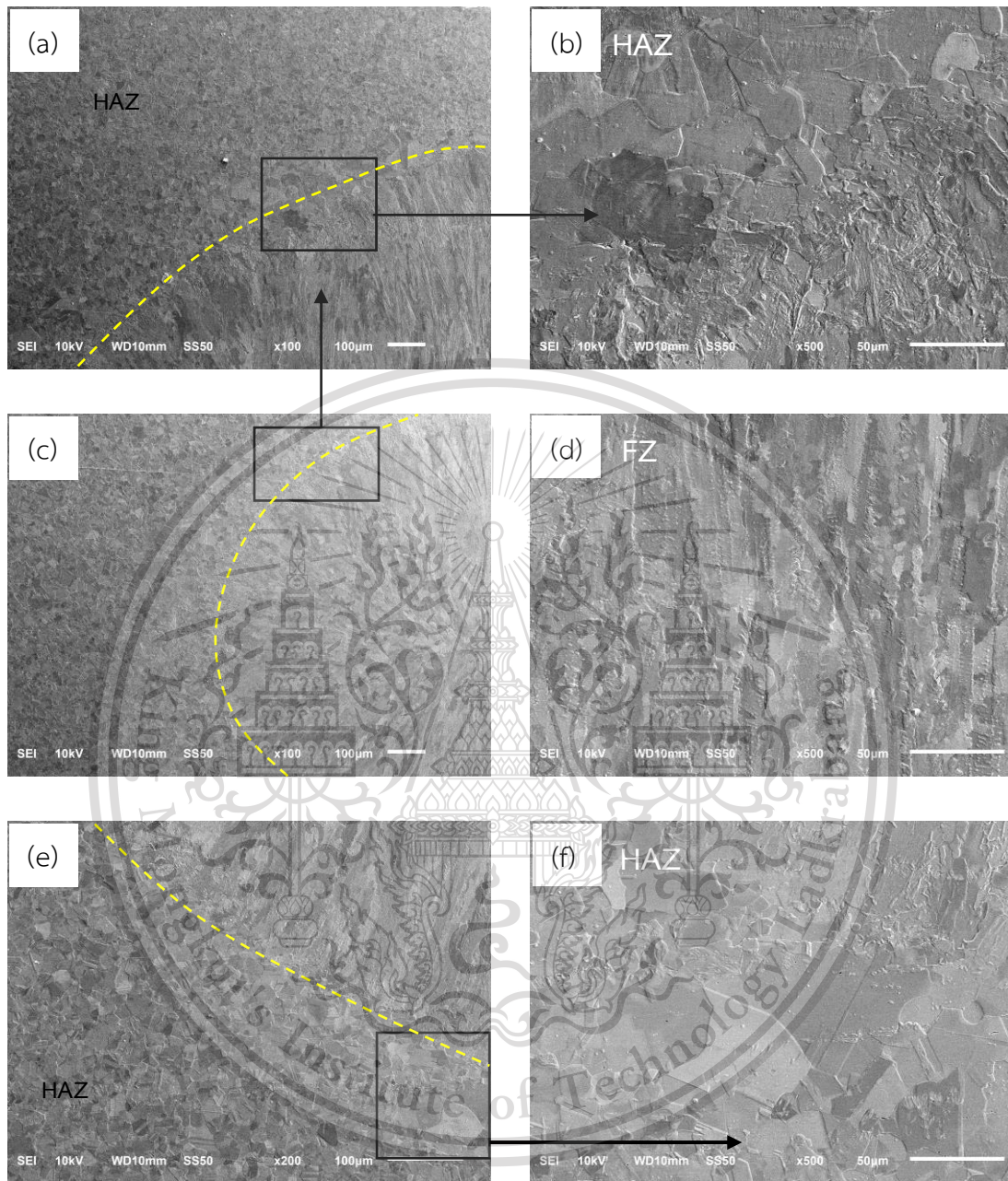


รูปที่ 4.12 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงาน 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

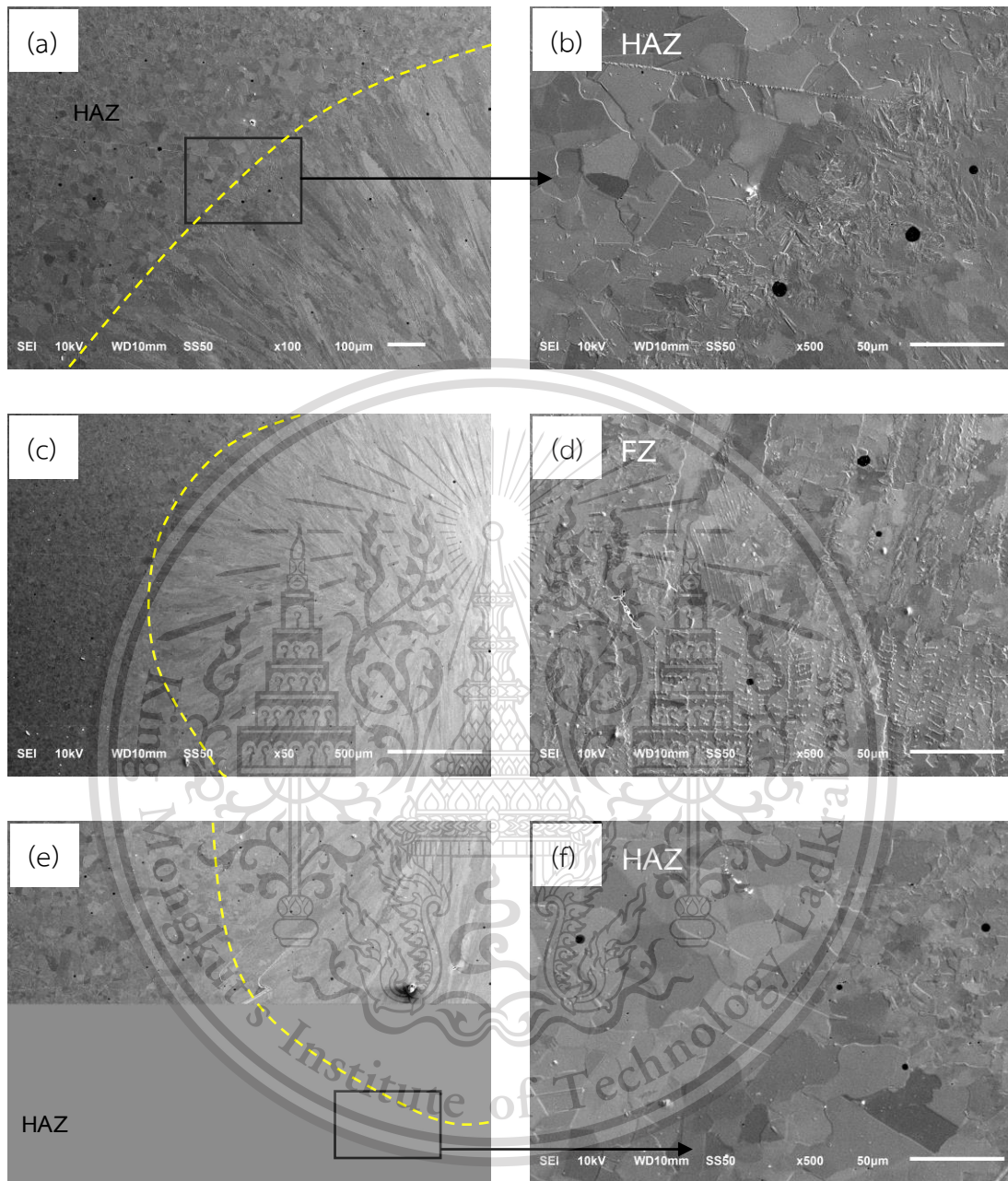


รูปที่ 4.13 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงาน 3 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use ⁵⁰ only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

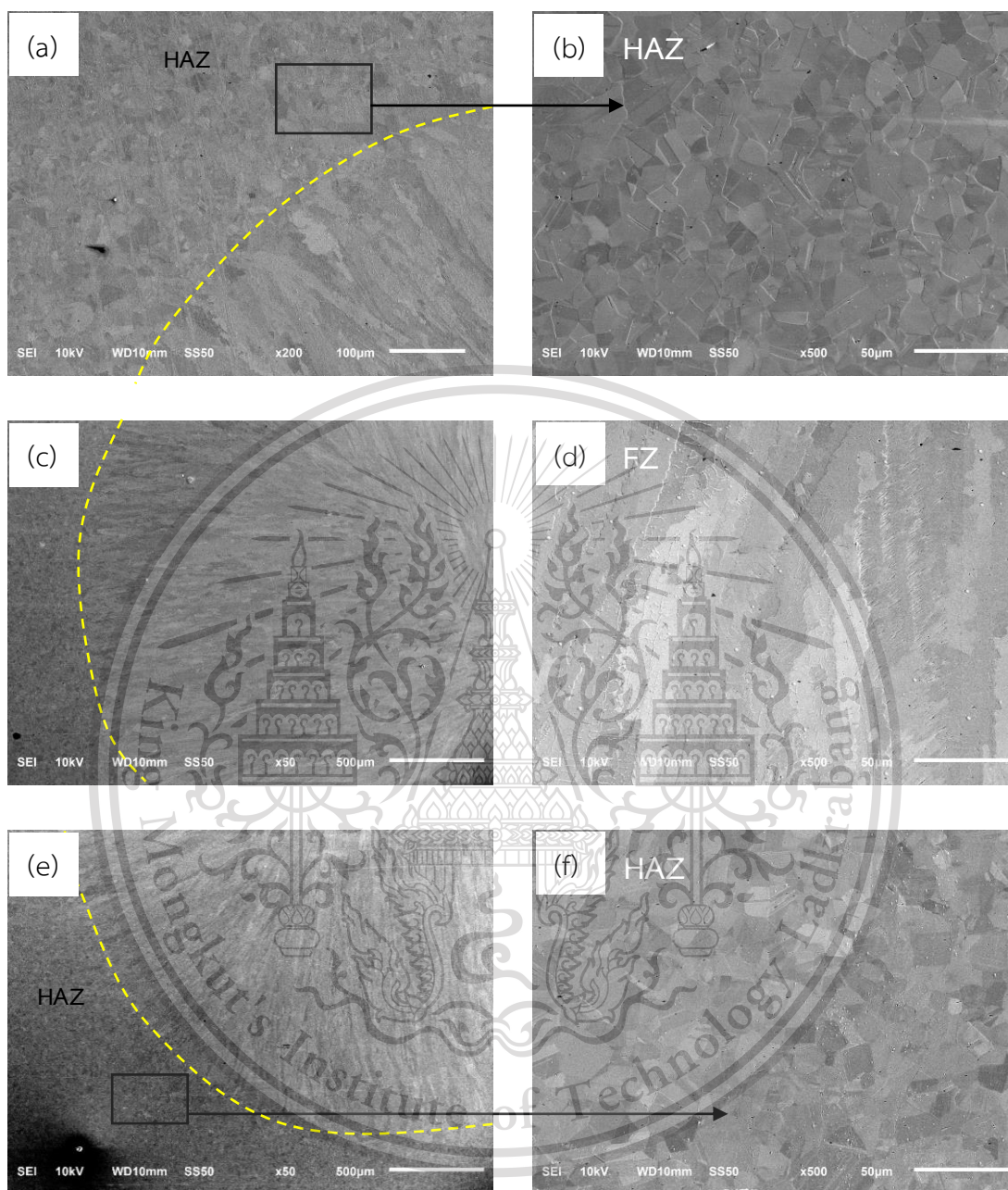


รูปที่ 4.14 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงาน 5 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

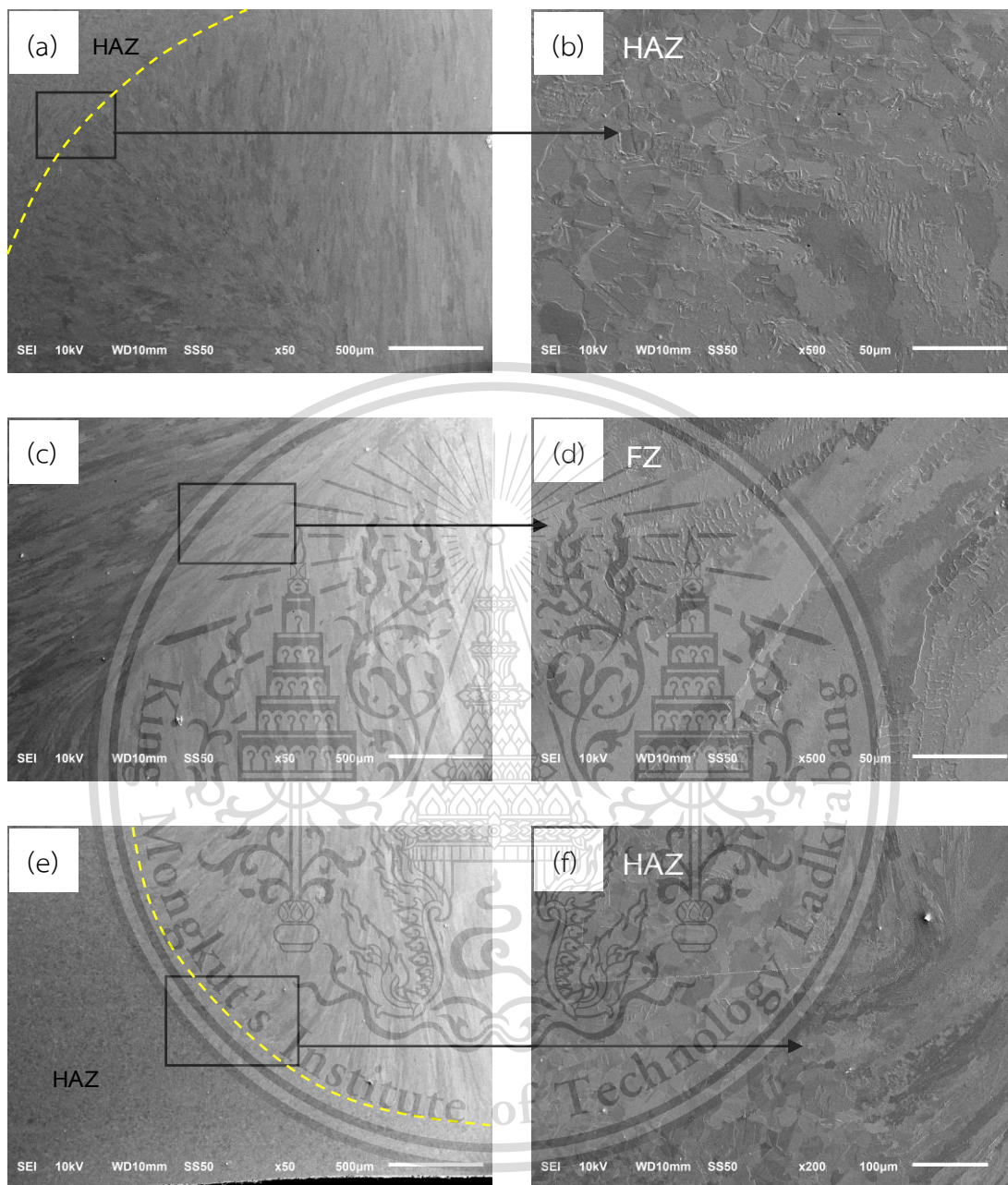


รูปที่ 4.15 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงาน 7 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use ⁵² only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

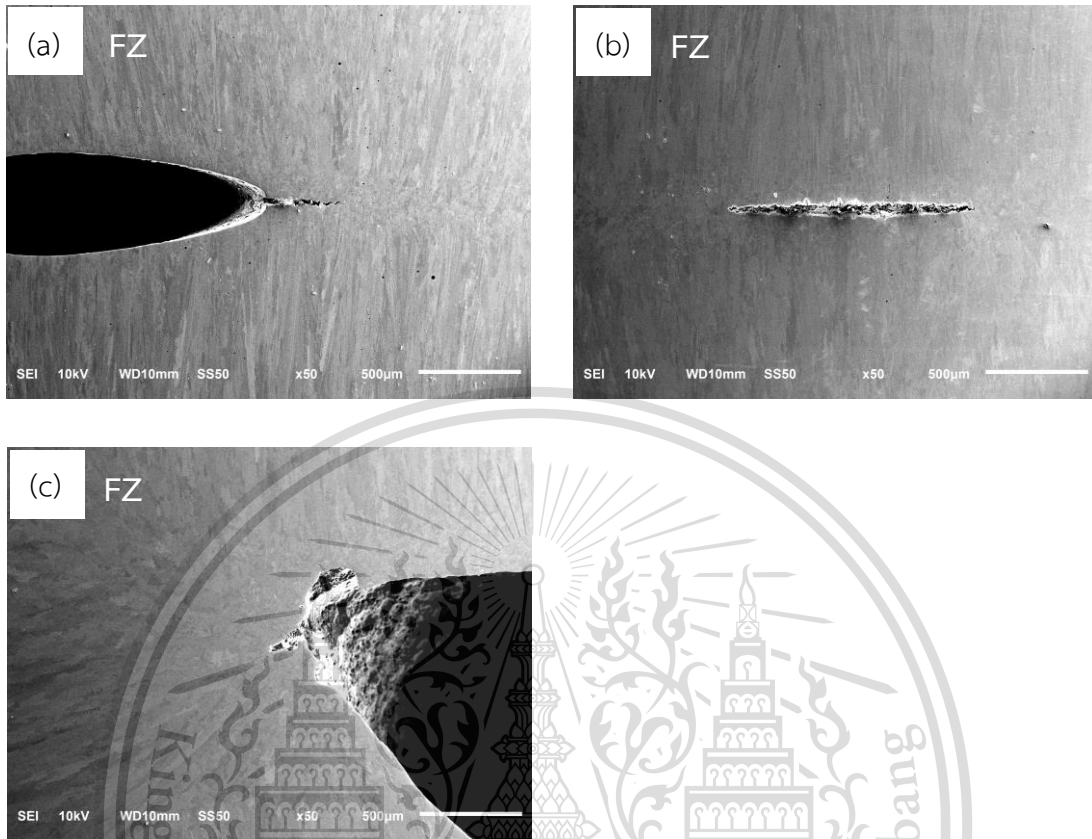


รูปที่ 4.16 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมชิ้นงาน 10 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.17 ภาพโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมที่เกิดจุดบกพร่องบริเวณ FZ (a) จุดบกพร่องในชิ้นงาน 5 ชั้น (b) จุดบกพร่องในชิ้นงาน 7 ชั้น และ (c) จุดบกพร่องในชิ้นงาน 10 ชั้น

จากรูปที่ 4.12 ถึงรูปที่ 4.16 แสดงรูปย่อยของโครงสร้างจุลภาคที่ได้ทำการศึกษา โดยรูปย่อย (a) และ (b) แสดงภาพบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (HAZ) ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 แผ่นบนสุดของชิ้นงาน รูปย่อย (c) และ (d) แสดงภาพบริเวณโลหะเกิดการหลอมละลาย (FZ) รูปย่อย (e) และ (f) แสดงภาพบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (HAZ) ของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 แผ่นล่างสุดของชิ้นงาน

จากรูปที่ 4.12 เมื่อพิจารณาแผ่นเหล็กชิ้นงานเชื่อม 2 ชั้น รูปย่อยที่ (a), (b), (e) และ (f) แสดงภาพบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (HAZ) โดยเกรนมีขนาดใหญ่และหยาบบริเวณด้านในสุดและจะมีขนาดเล็กลงในบริเวณวัสดุพื้น มีทิศทางการเติบโตของเกรนในทุกทิศทาง รูปย่อย (c) และ (d) แสดงบริเวณรอยเชื่อม (FZ) ซึ่งรอยเชื่อมมีความสมมาตรโดยไม่มีจุดบกพร่องใด ๆ และมีอัตราการเย็นตัวที่เร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.13 เมื่อพิจารณาแผ่นเหล็กชิ้นงานเชื่อม 3 ชั้น รูปย่อยที่ (a), (b), (e) และ (f) แสดงภาพบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (HAZ) พบว่าเกรนมีขนาดใหญ่และหยาบบริเวณด้านในสุดและจะมีขนาดเล็กลงในบริเวณวัสดุพื้น ซึ่งขนาดเกรนหยาบน้อยกว่าเกรนชิ้นงานเชื่อม 2 ชั้น และมีทิศทางการเติบโตของเกรนในทุกทิศทาง รูปย่อย (c) และ (d) แสดงบริเวณรอยเชื่อม (FZ) ซึ่งรอยเชื่อมมีความสมมาตรโดยไม่มีจุดบกพร่องใด ๆ

จากรูปที่ 4.14 เมื่อพิจารณาแผ่นเหล็กชิ้นงานเชื่อม 5 ชั้น รูปย่อยที่ (a), (b), (e) และ (f) แสดงภาพบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (HAZ) พบว่าเกรนมีขนาดใหญ่และหยาบบริเวณด้านในสุดและจะมีขนาดเล็กลงในบริเวณวัสดุพื้น แต่ขนาดเกรนหยาบน้อยกว่าเกรนชิ้นงานเชื่อม 2 และ 3 ชั้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงของเกรนไม่สมบูรณ์อย่างเห็นได้ชัด รูปย่อย (c) และ (d) แสดงบริเวณรอยเชื่อม (FZ) ซึ่งรอยเชื่อมมีขนาดใหญ่และสมมาตร พบจุดบกพร่องขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 4.17 (a) มีลักษณะเป็นวงรีบริเวณรอยเชื่อมของแผ่นเหล็กชั้นที่ 3 และพบจุดบกพร่องขนาดเล็กหลายแห่งกระจายตัวอยู่ทั่วชิ้นงาน ซึ่งอาจจะเกิดจากการระบายความร้อนไม่เพียงพอ [31]

จากรูปที่ 4.15 เมื่อพิจารณาแผ่นเหล็กชิ้นงานเชื่อม 7 ชั้น รูปย่อยที่ (a), (b), (e) และ (f) แสดงภาพบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (HAZ) พบว่าเกรนมีขนาดใหญ่และหยาบบริเวณด้านในสุดและจะมีขนาดเล็กลงในบริเวณวัสดุพื้น แต่ขนาดเกรนหยาบน้อยกว่าเกรนชิ้นงานเชื่อม 2, 3 และ 5 ชั้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงของเกรนไม่สมบูรณ์อย่างเห็นได้ชัด รูปย่อย (c) และ (d) แสดงบริเวณรอยเชื่อม (FZ) ซึ่งรอยเชื่อมมีขนาดใหญ่และสมมาตร เกิดรอย Crack บริเวณตรงกลางรอยเชื่อมชั้นที่ 4 ดังรูปที่ 4.17 (b) และพบจุดบกพร่องขนาดเล็กหลายแห่งกระจายตัวอยู่ทั่วชิ้นงานที่อาจเกิดจากการระบายความร้อนไม่เพียงพอ [28]

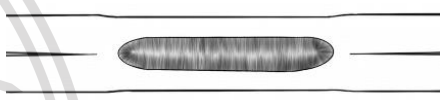

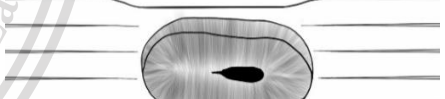
จากรูปที่ 4.16 เมื่อพิจารณาแผ่นเหล็กชิ้นงานเชื่อม 10 ชั้น รูปย่อยที่ (a), (b), (e) และ (f) แสดงภาพบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (HAZ) พบว่าเกรนมีขนาดใหญ่และหยาบบริเวณด้านในสุดและจะมีขนาดเล็กลงในบริเวณวัสดุพื้น แต่ขนาดเกรนหยาบน้อยกว่าเกรนชิ้นงานเชื่อม 2, 3, 5 และ 7 ชั้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงของเกรนไม่สมบูรณ์อย่างเห็นได้ชัด รูปย่อย (c) และ (d) แสดงบริเวณรอยเชื่อม (FZ) ซึ่งรอยเชื่อมมีลักษณะสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่และสมมาตร พบว่าเกิดโพรงขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 4.17 (c) มีลักษณะเป็นวงกลมบริเวณตรงกลางรอยเชื่อมของแผ่นเหล็กชั้นที่ 4, 5 และ 6 นอกจากนี้ยังมีจุดบกพร่องขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วชิ้นงาน ซึ่งอาจจะเกิดจากการระบายความร้อนไม่เพียงพอ [31]

จากรูปที่ 4.12 ถึง 4.16 พบว่าขนาดของเกรนที่บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนโตกว่าขนาดเกรนบริเวณวัสดุพื้น และมีขนาดเกรนที่เล็กลงเรื่อย ๆ เมื่อมีการเพิ่มจำนวนชั้นของแผ่นเหล็ก เนื่องจากจำนวนชั้นที่มากขึ้นการสูญเสียความร้อนจะเกิดขึ้นเร็วส่งผลให้เกรนมีขนาดเล็กลง ซึ่งเกรนที่มีขนาดเล็กจะมีความแข็งแรงมากกว่าเกรนหยาบ [26]

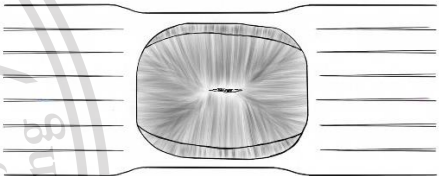
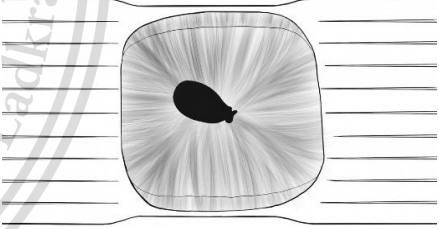
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์ระหว่างค่าความดันสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ระหว่างค่าความดันสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม

จำนวนชั้นของงานเชื่อม	ลำดับของแผ่นฟิล์ม	ค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์ม	ลักษณะบริเวณรอยเชื่อม	รูปรอยเชื่อม
2	1/2	106.16 N/mm ²	รอยเชื่อมเป็นรูปทรงวงรี มีทิศทางการเติบโตของเกรนในทุกทิศทางบริเวณจุดหลอมละลาย (Fusion Zone: FZ) รอยเชื่อมมีความสมมาตรโดยไม่มีจุดบกพร่องใดๆ	
3	1/3	101.0 N/mm ²	รอยเชื่อมเป็นรูปทรงวงรี เมื่อเปรียบเทียบกับผลการเชื่อม 2 ชั้นแล้วการเชื่อม 3 ชั้นจะมีขนาดเกรนที่เล็กกว่าและรอยเชื่อมมีความสมมาตรโดยไม่มีจุดบกพร่องใดๆ	
	2/3	107.9 N/mm ²		
5	1/5	90.1 N/mm ²	รอยเชื่อมเป็นรูปทรงวงรี พบจุดบกพร่องขนาดใหญ่ตรงกลางรอยเชื่อม และพบจุดบกพร่องขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วชิ้นงาน เมื่อเปรียบเทียบขนาดเกรนพบว่า ชิ้นงานเชื่อม 5 ชั้นเกรนจะเล็กกว่าชิ้นงาน 2 และ 3 ชั้น	
	2/5	85.8 N/mm ²		
	4/5	93.0 N/mm ²		

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ระหว่างค่าความดันสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม (ต่อ)

จำนวนชั้นของชั้นงานเชื่อม	ลำดับของแผ่นฟิล์ม	ค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์ม	ลักษณะบริเวณรอยเชื่อม	รูปรอยเชื่อม
7	1/7	78.7 N/mm ²	รอยเชื่อมเป็นรูปทรงวงรีค่อนข้างสี่เหลี่ยม พบว่าเกิดรอย Crack บริเวณตรงกลางรอยเชื่อมชั้นที่ 4 และพบจุดบกพร่องขนาดเล็กหลายแห่งกระจายตัวอยู่ทั่วชั้นงาน เมื่อเปรียบเทียบขนาดเกรนพบว่า ชั้นงานเชื่อม 2, 3 และ 5 มีขนาดเกรนที่เล็กกว่าชั้นงานเชื่อม 7 ชั้น	
	4/7	70.8 N/mm ²		
	6/7	89.7 N/mm ²		
10	1/10	79.3 N/mm ²	รอยเชื่อมเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมวงรี ชั้นงานพบจุดบกพร่องขนาดใหญ่ตรงกลางรอยเชื่อมและพบรอยเชื่อมอีกหนึ่งรอยขนาดเล็กซ่อนทับอยู่ ซึ่งอาจจะเกิดจากการฟอร์มตัวเป็นผลึกของรอยเชื่อมไม่สมบูรณ์ และเมื่อเปรียบเทียบขนาดเกรนกับชั้นงานอื่น ๆ แล้ว พบว่าชั้นงานเชื่อม 10 ชั้นมีขนาดเกรนเล็กที่สุด	
	5/10	60.5 N/mm ²		
	9/10	84.5 N/mm ²		

จากตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ค่าความดันสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดของแผ่นฟิล์มในแต่ละชั้นพบว่าค่าความดันเฉลี่ยจะลดลงเรื่อย ๆ จากการเชื่อม 2 ชั้น โดยค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 106.16 N/mm^2 การเชื่อม 3 ชั้น มีค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 101.0 N/mm^2 การเชื่อม 5 ชั้น มีค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 85.8 N/mm^2 การเชื่อม 7 ชั้น มีค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 70.8 N/mm^2 และการเชื่อม 10 ชั้น มีค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 60.5 N/mm^2 และพบว่าค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มในแต่ละชั้นจะมีค่าต่ำสุดที่ลำดับแผ่นฟิล์มตรงกลางในแต่ละชั้น เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของรอยเชื่อมในแต่ละชั้นพบว่า มีลักษณะที่ต่างกันอย่างสิ้นเชิง โดยลักษณะรอยเชื่อมที่การเชื่อม 2 ชั้นมีลักษณะเป็นวงรี และขยายไปเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมเรื่อย ๆ ในชั้นต่อ ๆ ไป จนเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมที่เห็นได้ชัดในจำนวนการเชื่อม 10 ชั้น และพบว่าเมื่อทำการเพิ่มจำนวนชั้นในการเชื่อมไปเรื่อย ๆ รูปแบบลักษณะการเกิดรอยเชื่อมมีความไม่สมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเกิดจุดบกพร่องขนาดใหญ่บริเวณตรงกลางในการเชื่อมจำนวนชั้น 5, 7 และ 10 ชั้น และการเกิดจุดบกพร่องขนาดเล็กบริเวณทิวผิวชั้นงานในการเชื่อมจำนวนชั้น 5, 7 และ 10 ชั้นเช่นกัน ซึ่งอาจเกิดการระบายความร้อนที่ไม่เพียงพอในแต่ละชั้น อีกทั้งยังพบการซ้อนทับกันของรอยเชื่อม พบในการเชื่อมจำนวนชั้น 5, 7 และ 10 ชั้น ซึ่งคาดว่าค่าพื้นที่ของการเกิดรอยเชื่อมมีพื้นที่น้อย และเวลาที่ใช้ในการเชื่อมน้อย จึงส่งผลให้การฟอร์มตัวเป็นผลึกของรอยเชื่อมไม่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลและอภิปรายผลของงานวิจัยเรื่อง กรณีศึกษาผลของความดันสัมผัสต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุด ซึ่งเป็นการสรุปผลการดำเนินการที่ได้จากการทดลองในสองส่วนด้วยกัน ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การวัดความดันสัมผัส

การวัดความดันสัมผัสด้วยแผ่นฟิล์มวัดความดันสามารถวัดความดันสัมผัสของชิ้นงานได้สูงสุด 17 ชั้น ซึ่งค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่วัดได้ คือ 36.4 N/mm^2

ความดันสัมผัสเฉลี่ยแต่ละชั้นของชิ้นงานเชื่อม 2 ถึง 17 ชั้น ที่บริเวณชั้นกลางมีค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยต่ำสุด เนื่องจากเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากแรงกดหัวอิเล็กโทรดน้อยที่สุด เมื่อจำนวนชั้นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความดันสัมผัสเฉลี่ยของแต่ละชั้นมีค่าน้อยลง

ความดันสัมผัสสูงสุดแต่ละชั้นของชิ้นงานเชื่อม 2 ถึง 17 ชั้น พบว่าบริเวณจุดศูนย์กลางของชิ้นงานที่ได้รับอิทธิพลจากแรงกดหัวอิเล็กโทรดจะมีค่าความดันสัมผัสสูงสุด จากนั้นจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จากจุดศูนย์กลาง เนื่องจากการกระจายความดันสัมผัสของบริเวณที่ได้รับแรงกดจากหัวอิเล็กโทรดโดยตรงไปยังบริเวณโดยรอบที่ได้รับอิทธิพลจากความดันสัมผัส

5.1.2 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม

การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด AISI304 จากภาพถ่าย SEM ชิ้นงานเชื่อม 2, 3, 5, 7 และ 10 ชั้น แบ่งเป็นสองส่วน คือ โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยเชื่อม พบว่าขนาดรอยเชื่อม (Nugget) ขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของแผ่นเหล็ก เมื่อเชื่อมแผ่นเหล็ก 2 ชั้นขนาดรอยเชื่อมจะมีรูปทรงเป็นวงรีสมมาตร เมื่อจำนวนชั้นของแผ่นเหล็กเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ขนาดรอยเชื่อมมีขนาดใหญ่ขึ้นตามเอกสารนี้จำนวนชั้น มีรูปทรงเปลี่ยนจากวงรีสมมาตรเป็นทรงสี่เหลี่ยม และบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนของ รศำ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กกล้าไร้สนิมอสเทนนิติกเกรด AISI304 มีขนาดของเกรนโตกว่าขนาดเกรนบริเวณวัสดุพื้น และมีขนาดเกรนที่เล็กลงเรื่อย ๆ เมื่อมีการเพิ่มจำนวนชั้นของแผ่นเหล็กเนื่องจากจำนวนชั้นที่มากขึ้นการสูญเสียความร้อนจะเกิดขึ้นเร็วส่งผลให้เกรนมีขนาดเล็กลง ซึ่งเกรนที่มีขนาดเล็กจะมีความแข็งแรงมากกว่าเกรนหยาบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อการพัฒนาการเชื่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมอสเทนนิติกเกรด AISI304 ด้วยเครื่องเชื่อมความดันแบบจุดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. แผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสระหว่างชิ้นงานใช้ชนิด High Pressure ที่สามารถรองรับความดันได้ 50-130 เมกะปาสคาล เพื่อให้เหมาะสมกับการทดลองการวัดความดันสัมผัสของเหล็กกล้าไร้สนิมอสเทนนิติกเกรด AISI304 ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับแผ่นฟิล์มวัดความดันชนิดอื่น ๆ ได้

2. การเชื่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมอสเทนนิติกเกรด AISI304 แบบต่อเกลียดด้วยเครื่องเชื่อมความดันแบบจุด โดยใช้หัวอิเล็กโทรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 20 mm ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับการใช้หัวอิเล็กโทรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกอื่น ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Vural, A. Akkuş and B. Eryürek, Effect of welding nugget diameter on the fatigue strength of the resistance spot welded joints of different steel sheets, *Journal of Materials Processing Technology* 176(1-3) (2006) 127-132.
- [2] N. Sharma, B. Paul and T. Doolen, Application of Surface Mount processes for Economical Production of High-aspect-ratio microchannel arrays, *Journal of Manufacturing Processes* 7(2) (2005) 174-181.
- [3] J. Shamsul and M. Hisyam, Study of spot welding of austenitic stainless-steel type 304, *Journal of Applied Sciences Research* 3(11) (2007) 1494-1499.
- [4] TWI Ltd. What is Resistance Welding. (2019). [online]. Available: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-resistance-welding>
- [5] Electronics project focus. Resistance Welding Working Principle. (2013). [online]. Available: <https://www.elprocus.com/resistance-welding-working-principle-types-and/>
- [6] Ravida Software Metal Inc. Parameters in Resistance Welding. (2018). [online]. Available: www.ravida.net/parameters.html
- [7] โยธิน จันทร์ทอง. (2555). การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการเชื่อมความต้านทานแบบจุดที่มีต่อการรับแรงดึงเฉือนสำหรับเหล็กกล้าชนิดแผ่นเคลือบโลหะผสมสังกะสีแบบจุ่มร้อนและอบ SGCD1 (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง).
- [8] ศักดิ์ชัย จันทศรี, ไพบุลย์ แยมเผื่อนและกิตติพงษ์ กิมะพงศ์. (2555). การศึกษาสมบัติรอยเชื่อมต้านทานแบบจุดระหว่างอลูมิเนียม AA1100 และเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD (โครงการวิจัยงบประมาณประจำปี 2555 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- [9] Y. Luo, W. Rui, X. Xie and Y. Zhu, Study on the nugget growth in single-phase AC resistance spot welding based on the calculation of dynamic resistance, *Journal of Materials Processing Technology* 229 (2016) 492–500.
- [10] H. Zhang and J. Senkara. (2011). *Resistance Welding Fundamentals and Applications* (2nd Edition). Engineering & Technology Physical Sciences: Taylor & Francis Group, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] A. Rennie, Measurement and Modeling of Sliding Friction on Soft Curved Surfaces, *Journal of Undergraduate Research* 5(8) (2004).
- [12] Millerweld. Guidelines for Resistance Spot Welding. (2018). [online]. Available: <https://www.millerwelds.com/-/media/miller-electric/files/pdf/resources/resistance.pdf>
- [13] Cadi Company Inc. Manufacturer and distributor of high conductivity copper alloys and resistance welding products. (2019). [online]. Available: <https://www.cadicompany.com/pdf/Cadi%20Catalog.pdf>
- [14] Resistance Welding Manufacturers Alliance. What electrode face design is best for my application? (2020). [online]. Available: <https://www.howtoresistanceweld.info/spot-welding/what-face-design-is-best-for-my-application.html>
- [15] รัชนีภาณุ ประยูรมหิธร. (2553). การออกแบบการทดลองสำหรับตัวแปรของการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าบน เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 410 (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).
- [16] สมาคมพัฒนาสแตนเลสไทย. ข้อมูลสแตนเลส. 2017. [online] Available: <https://www.ulbrich.com/alloys/304-stainless-steel-wire-uns-s30400/>
- [17] T. Miller, Stain steel in GXP processing: Use maintenance and compliance consideration *Engineering for non-engineers, Journal of GXP compliance* 13(1) (2009) 10-22.
- [18] A. Choudhary. Different types of stainless steel for pharmaceuticals. (2015). [online]. Available: <https://www.pharmaguideline.com/2015/02/different-types-of-stainless-steels-in-pharma.html>
- [19] J. Fritz. (2011). The use of 2205 duplex stainless steel for pharmaceutical and biotechnology applications (1st Edition). The International Molybdenum Association (IMOA). pp 1-7.
- [20] Japanese Industrial Standard. (1997). Method of Macro Test for Section of Spot Welded Joint. JIS Z3139 (1978). Tokyo: Japanese Standards Association.
- [21] M. Bina, M. Jamali, M. Shamanian and H. Sabet, Effect of Welding Time in the Resistance Spot Welded Dissimilar Stainless Steels, *Transactions of the Indian Institute of Metals* 68(2) (2015) 247–255.
- [22] D. Kianersi, A. Mostafaei and A. Amadeh, Resistance spot welding joints of AISI 316L austenitic stainless steel sheets : Phase transformations, mechanical properties and microstructure characterizations, *Materials & Design* 61 (2014) 251–263.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้โดยทางโรงเรียนเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่ มิม่เห็นแต่เพียงอย่างเดียว และต้องยกย่องถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [23] Fujifilm Corporation. Fujifilm's measurement film solution. (2011). [online].
Available: https://www.fujifilm.com/products/measurement_film/en/prescale/product/
- [24] C. Nachimani and R. Rajprasaad, Investigating Spot Weld growth on 304 Austenitic Stainless Steel(2 mm) sheets, Journal of Engineering Science and Technology 8(1) (2013) 69-76.
- [25] C. Nachimani, Spot Weld Growth on 304L Austenitic Stainless Steel for Equal and Unequal Thicknesses, Journal of Applied Sciences Research 1(11) (2012) 83-91.
- [26] D. Min, L. Shi-shenga, H. Hongc, P. Taod and Z. Pei-le, Strength and infrared assessment of spot-welded sheets on ferrite steel, Materials and Design 52 (2013) 353–358.
- [27] Atlas Steels Australia. Stainless Steel - Grade 304. (2019). [online].
Available: <https://www.dm-consultancy.com/TR/dosya/1-59/h/aisi-340-info.pdf>
- [28] บจก. ออลอาร์ม,. เครื่องตัดเหล็ก (Shearing Machine). (2015). [online].
Available: <https://www.pantipmarket.com /mall/allarm/?node=products&id=326208>
- [29] SIAM PART PRODUCTS CO., LTD. Spot welding level 2 for technicians. [online].
Available: <http://www.siampart.com/content/file/tips/0915161473907419.pdf>
- [30] D. Herák, R. Chotěborský, A. Sedláček and E. Janča, Exploitation of Hertz's contact pressures in friction drives, Research in Agricultural Engineering 52(3) (2016) 107-114.
- [31] Wisuttisak Pearoon. จุดบกพร่องในงานเชื่อม. [online].
Available: <https://www.scribd.com/document/416408414/.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use⁶³ only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



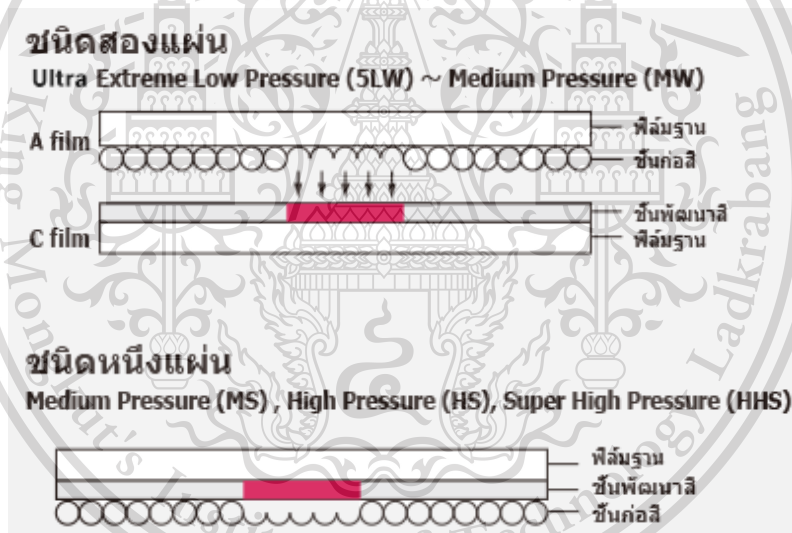
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use⁶⁴ only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชนิด	ช่วงแรงกดที่วัดได้ [MPa] 1MPa \approx 10.2kgf/cm ²	Prescale	Prescale Sheets	การวัดหมวดหมู่
		ขนาดผลิตภัณฑ์ กว้าง(mm)×ยาว(m)	ขนาดผลิตภัณฑ์ กว้าง(mm)×ยาว(m)	
Ultra Extreme Low Pressure (5LW)		320 x 2	—	ชนิดสองแผ่น
Extreme Low Pressure (4LW)		320 x 3	—	ชนิดสองแผ่น
Ultra Super Low Pressure (LLLW)		270 x 5	270×200 (5แผ่น)	ชนิดสองแผ่น
Super Low Pressure (LLW)		270 x 6	270×200 (5แผ่น)	ชนิดสองแผ่น
Low Pressure (LW)		270 x 10	270×200 (5แผ่น)	ชนิดสองแผ่น
Medium Pressure (MW)		270 x 10	—	ชนิดสองแผ่น
Medium Pressure (MS)		270 x 10	270×200 (5แผ่น)	ชนิดหนึ่งแผ่น
High Pressure (HS)		270 x 10	270×200 (5แผ่น)	ชนิดหนึ่งแผ่น
Super High Pressure (HHS)		270 x 10	270×200 (5แผ่น)	ชนิดหนึ่งแผ่น

รูปที่ ๘1 ช่วงรองรับแรงกดของฟิล์มที่สามารถรองรับได้

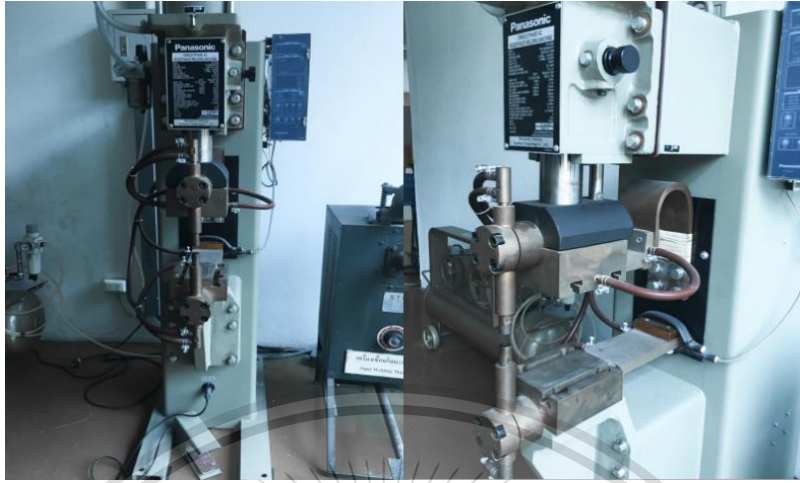


รูปที่ ๘2 ประเภทของฟิล์มวัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

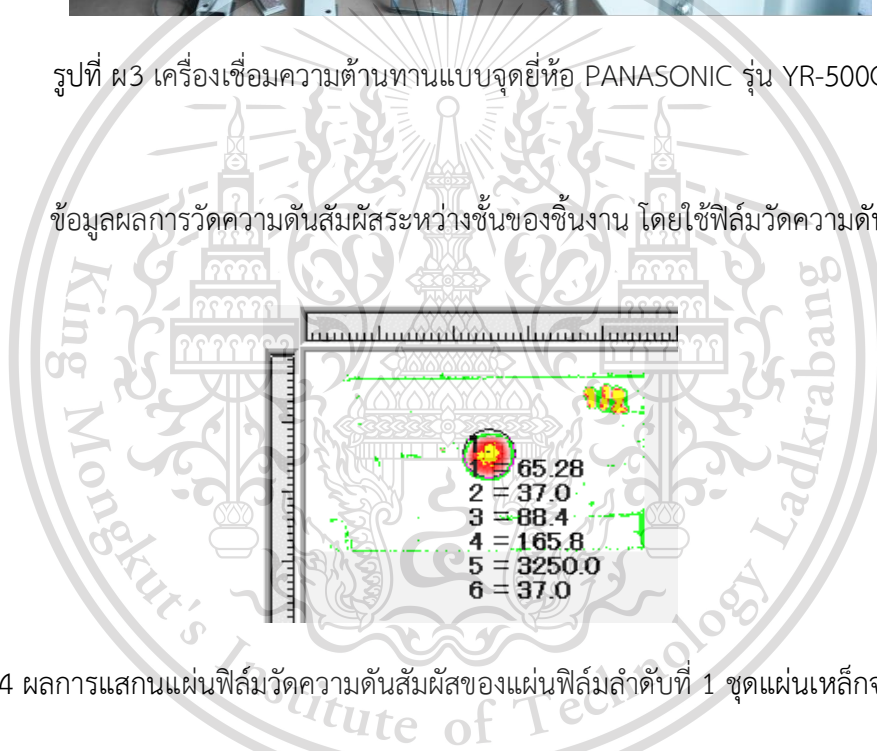
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ผ3 เครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุดยี่ห้อ PANASONIC รุ่น YR-500C

ข้อมูลผลการวัดความดันสัมผัสระหว่างชิ้นของชิ้นงาน โดยใช้ฟิล์มวัดความดัน



รูปที่ ผ4 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของแผ่นฟิล์มลำดับที่ 1 ชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น

ตารางที่ ผ1 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (N/mm ²)	Max Pressure (N/mm ²)	Load (kN)	Measured Area (mm ²)
1/2	Ellipse	37	106.16	148.6875	3.250	37

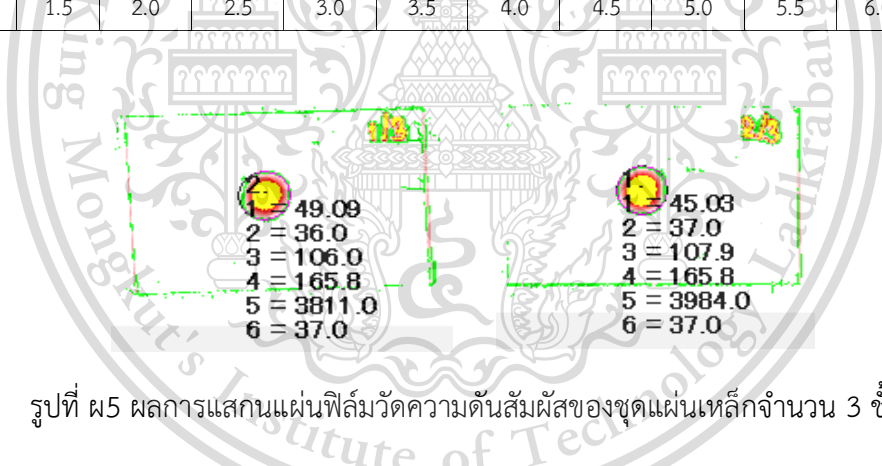
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ผ2 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 2 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	6.78	19.01	29.25	30.06	29.62	20.84	11.05	0.00	0.00	0.00
0.00	4.55	4.39	24.98	47.78	57.44	64.11	66.91	65.08	56.83	47.49	33.76	21.17	0.00
0.00	15.48	40.30	55.41	76.54	89.94	96.36	99.61	104.81	89.90	73.82	56.02	45.62	2.19
0.00	30.14	57.65	82.96	101.48	115.38	123.26	128.38	124.80	112.78	97.46	71.78	47.13	24.94
8.94	48.06	77.11	101.89	116.88	125.49	132.88	138.45	134.06	126.38	113.67	86.21	54.97	37.70
23.60	57.97	93.28	116.76	123.46	131.87	135.65	138.86	137.92	131.79	113.99	95.55	63.33	38.27
37.94	68.45	97.70	118.99	132.80	135.61	135.81	145.80	142.92	131.71	118.22	97.78	64.68	40.06
39.45	65.12	96.04	120.53	136.26	134.43	146.53	148.69	141.58	125.94	111.11	89.66	59.19	33.35
42.05	61.30	94.94	115.62	122.69	132.56	136.70	129.31	126.95	120.86	103.76	81.53	53.46	25.72
23.24	54.19	84.54	110.58	120.29	126.75	125.82	129.47	123.83	109.69	93.68	71.78	45.46	20.11
4.43	41.48	65.89	92.10	110.30	114.16	117.33	116.51	111.48	97.05	80.72	57.28	39.41	0.00
0.00	16.29	46.07	64.72	83.32	93.03	102.62	96.00	90.31	77.27	60.82	43.10	20.56	0.00
0.00	0.00	20.80	42.74	53.18	62.20	66.79	66.91	63.90	52.65	41.64	17.96	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	6.62	20.72	33.56	40.02	40.38	39.37	30.02	4.55	0.00	0.00	0.00
0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0



รูปที่ ผ5 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 3 ชั้น

ตารางที่ ผ3 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 3 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/3	Ellipse	36	101.0	165.7500	3811	37
2/3	Ellipse	37	107.9	165.7500	3250	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

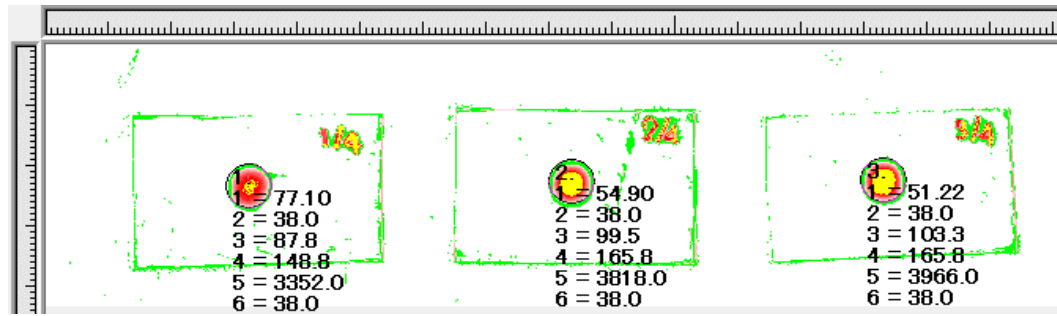
ตารางที่ ๗4 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 3 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	13.61	22.34	35.95	36.93	30.75	24.62	13.57	2.19	0.00	0.00
0.00	0.00	2.23	29.09	47.69	62.20	70.04	73.53	67.36	60.00	47.29	30.39	33.48	0.00
0.00	6.78	33.92	57.73	81.09	99.25	113.79	118.83	111.15	96.28	74.51	50.54	48.87	14.30
0.00	31.77	58.13	89.42	115.29	142.63	159.98	161.85	157.79	135.00	105.79	71.99	47.53	33.19
9.18	47.29	79.22	114.85	153.40	165.22	164.08	165.75	165.75	162.91	133.25	90.88	57.48	38.39
29.62	59.23	96.77	141.70	165.75	165.75	164.25	165.75	165.75	165.75	154.74	104.45	66.87	40.14
38.11	65.28	105.91	154.21	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	163.96	113.99	70.04	41.11
40.46	67.40	109.20	157.46	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	161.08	109.12	68.74	41.76
38.11	66.50	109.28	154.25	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	147.35	103.03	65.69	35.43
30.10	62.36	99.17	139.95	164.69	165.75	165.75	165.75	165.75	161.32	131.06	91.93	59.15	31.65
16.21	50.21	81.33	112.94	145.84	164.25	165.75	165.75	162.91	138.65	110.70	80.07	50.66	13.98
4.51	33.72	58.50	82.55	104.41	124.92	139.67	139.79	126.26	109.24	87.63	60.78	33.52	0.00
0.00	4.47	33.07	53.38	68.70	82.10	90.59	90.03	84.01	73.73	57.93	39.81	11.33	0.00
0.00	0.00	2.19	20.96	34.08	47.00	53.42	51.15	48.75	43.10	34.04	4.47	0.00	0.00

ตารางที่ ๗5 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 3 ชั้น

0.00	4.47	0.00	2.19	18.85	38.31	44.00	45.46	43.23	34.61	15.93	0.00	0.00	0.00
2.52	11.58	4.47	33.23	51.55	65.08	73.08	75.44	71.01	61.06	48.71	26.73	2.19	0.00
14.67	11.58	35.14	59.35	82.39	99.94	110.54	113.59	109.12	96.36	79.06	56.31	26.73	0.00
0.00	23.60	54.56	85.48	114.68	138.78	159.49	156.08	149.01	131.02	108.14	77.19	46.35	8.90
0.00	41.68	72.60	107.29	140.64	164.69	165.75	165.75	165.75	163.43	134.51	96.20	57.69	18.69
8.94	49.20	85.76	124.72	162.70	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	153.56	106.72	67.23	30.06
13.98	54.23	93.68	134.51	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	157.14	113.47	70.97	39.89
18.89	57.81	97.05	137.76	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	158.52	110.18	68.86	40.26
23.24	57.61	93.64	135.44	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	136.42	95.67	60.61	26.93
18.61	55.21	87.02	118.71	154.17	165.75	165.75	165.75	165.75	148.32	113.18	80.97	49.89	22.87
8.98	46.96	72.96	101.85	129.03	149.99	159.58	157.42	146.05	120.98	92.67	64.31	42.33	4.43
0.00	33.80	55.86	78.98	99.41	113.02	120.82	121.79	109.73	93.28	71.66	48.18	21.21	0.00
0.00	4.51	37.98	53.26	68.58	81.66	87.55	86.49	79.71	65.53	48.83	30.55	0.00	0.00
0.00	0.00	2.19	23.28	42.33	49.60	53.99	53.87	48.51	41.72	20.96	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๗6 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 4 ชั้น

ตารางที่ ๗7 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 4 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area(mm ²)
1/4	Ellipse	37	87.8	137.9625	3352	37
2/4	Ellipse	37	99.5	165.7500	3818	37
3/4	Ellipse	37	103.3	165.7500	3966	37

ตารางที่ ๗8 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 4 ชั้น

0.00	0.00	13.45	39.85	46.92	54.32	58.58	58.26	54.23	48.26	35.43	11.29	0.00	0.00
0.00	6.83	42.70	57.16	69.71	79.67	85.52	85.56	82.92	73.78	60.73	43.63	20.68	16.41
0.00	36.44	58.38	78.20	93.48	100.47	103.07	106.36	102.33	96.53	81.90	60.53	42.25	41.64
18.73	51.80	76.94	98.72	107.94	119.03	109.93	122.16	118.14	113.67	99.94	79.63	52.08	39.69
29.37	58.70	88.93	108.43	115.86	124.15	121.88	129.19	127.03	124.31	110.66	89.62	62.44	39.65
30.83	63.25	92.42	110.50	122.85	130.45	128.38	128.82	132.56	126.79	116.15	93.97	64.84	40.63
36.77	66.67	94.53	112.65	123.74	131.79	132.40	135.36	137.96	125.90	113.06	94.33	63.21	40.06
35.79	65.53	93.84	112.78	125.45	131.87	135.08	135.77	130.00	125.17	105.54	86.17	57.81	33.96
32.74	63.78	91.33	110.74	121.83	128.17	130.53	131.79	123.74	115.66	98.52	76.54	49.56	25.84
26.61	57.93	84.74	104.20	115.29	121.71	126.59	123.34	115.17	106.03	89.58	66.46	42.94	11.05
13.69	47.04	72.23	92.26	104.00	111.15	115.62	110.05	104.41	90.63	72.23	52.53	30.71	0.00
0.00	28.72	53.58	73.08	89.58	97.01	100.14	96.57	88.12	73.69	55.01	35.51	6.62	0.00
0.00	0.00	36.93	49.64	63.33	71.42	75.16	73.45	66.67	56.35	38.07	6.70	0.00	0.00
0.00	0.00	4.43	18.85	38.76	47.04	49.12	47.82	47.13	32.83	8.86	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านวิชาการเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

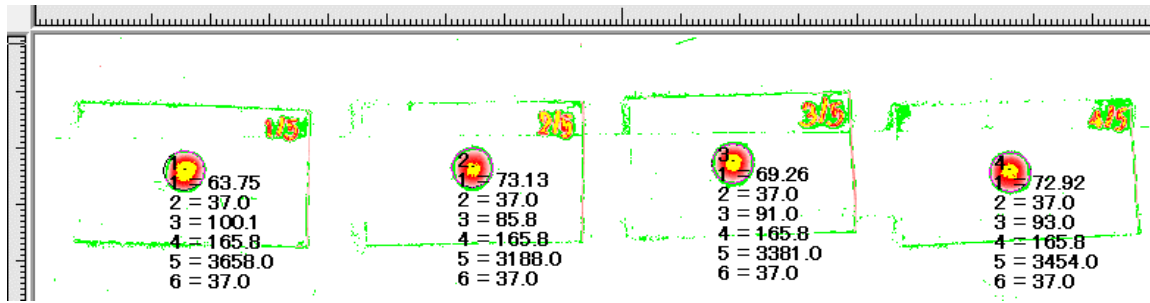
ตารางที่ ๘9 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 4 ชั้น

0.00	0.00	15.60	39.49	45.34	50.05	50.74	50.86	47.45	40.38	22.63	0.00	0.00	0.00
0.00	13.65	40.79	51.59	66.91	77.68	79.42	77.31	71.50	59.11	45.09	23.28	2.19	0.00
8.82	42.21	54.52	74.51	91.57	106.68	110.38	108.67	98.56	84.18	64.35	45.66	16.21	0.00
33.72	52.57	74.47	98.56	123.50	141.86	152.38	149.74	128.46	107.37	83.32	59.56	40.10	2.19
42.86	65.53	92.63	123.18	157.99	165.75	165.75	165.75	161.65	132.88	102.33	72.31	46.76	19.91
47.33	74.71	107.21	143.89	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	153.68	112.41	81.13	53.26	23.08
52.00	81.53	114.32	155.43	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	160.47	118.63	84.13	55.62	31.12
53.26	83.89	117.41	156.12	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	157.30	115.01	81.90	53.58	29.05
50.54	79.34	110.26	151.21	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	143.77	105.71	77.03	50.01	27.75
46.27	69.27	97.13	127.40	161.24	165.75	165.75	165.22	150.76	121.63	92.75	68.01	44.20	15.68
41.03	58.62	83.12	106.15	125.17	142.55	149.38	139.79	120.90	100.10	77.19	55.29	39.33	4.39
20.88	47.73	68.78	84.42	98.15	107.58	110.70	104.04	93.93	77.96	60.08	43.39	22.79	0.00
6.58	35.67	48.59	60.69	72.72	78.33	80.60	77.59	70.16	57.16	44.97	32.01	2.19	0.00
16.29	4.47	28.03	42.70	50.21	53.34	53.83	52.57	47.04	40.95	29.74	6.58	0.00	0.00

ตารางที่ ๘10 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 4 ชั้น

0.00	0.00	2.19	26.04	44.69	45.38	48.10	47.08	44.81	35.14	18.20	2.19	0.00	0.00
0.00	9.14	35.26	49.97	60.33	70.40	76.70	77.55	71.74	60.53	47.13	32.83	2.19	0.00
6.58	35.91	49.12	71.09	90.11	102.78	109.85	110.58	105.79	91.00	68.01	46.48	25.27	2.19
13.65	48.55	70.04	94.29	117.04	132.93	147.35	149.95	145.76	122.32	93.15	63.58	41.40	13.53
28.40	56.31	87.30	111.88	144.42	162.58	165.75	165.75	165.75	154.98	115.42	80.40	49.85	22.87
39.20	67.03	100.83	131.79	162.66	165.75	165.75	165.75	165.75	164.69	132.48	93.23	55.90	30.96
44.08	72.96	108.35	142.15	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	164.69	142.27	96.44	59.39	38.80
44.44	74.75	109.00	144.95	164.69	165.75	165.75	165.75	165.75	164.69	133.49	97.18	60.69	39.53
43.67	71.99	107.58	145.28	165.75	165.75	165.75	165.75	165.75	158.80	121.96	95.39	60.04	39.49
37.70	66.91	98.27	133.78	162.38	165.75	165.75	165.75	163.43	145.28	119.72	90.23	58.50	36.89
25.84	53.02	82.27	114.08	142.76	155.19	156.85	159.66	149.58	129.39	105.34	78.28	52.08	28.03
4.51	38.96	63.09	87.83	107.01	123.58	128.46	127.97	121.35	105.46	85.39	60.94	42.82	11.58
0.00	13.65	44.08	58.26	74.06	85.96	90.72	91.49	85.31	71.58	55.78	42.29	18.28	0.00
0.00	0.00	15.72	38.43	47.61	54.72	56.43	56.51	52.57	45.42	39.08	18.16	2.19	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๗7 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น

ตารางที่ ๗11 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/5	Ellipse	37	90.1	138.9594	3658	37
2/5	Ellipse	37	85.8	131.8969	3188	37
3/5	Ellipse	37	88.0	133.1094	3381	37
4/5	Ellipse	37	93.0	140.4406	3454	37

ตารางที่ ๗12 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น

0.00	0.00	2.19	14.22	39.53	49.28	52.16	53.58	51.47	46.27	37.62	20.52	0.00	0.00
0.00	2.19	20.23	45.91	63.13	73.61	81.78	84.01	82.47	73.25	60.45	45.46	14.34	0.00
0.00	11.62	43.35	66.14	89.54	101.16	110.42	111.72	110.91	102.58	88.60	69.96	46.03	8.94
0.00	25.43	59.27	86.49	111.31	121.88	130.65	133.94	134.39	125.78	115.78	89.78	61.18	24.82
0.00	44.16	77.72	103.31	128.74	137.80	144.14	159.01	156.69	155.15	134.39	106.19	73.37	45.50
8.94	51.47	84.22	112.37	131.79	145.76	149.09	159.41	164.69	159.94	146.13	110.95	84.09	49.60
18.32	54.60	87.63	115.01	135.20	147.59	153.60	149.54	158.15	159.41	140.60	109.57	81.66	50.42
21.00	55.86	90.92	117.53	132.48	141.86	147.67	150.23	151.08	155.96	132.76	105.10	75.68	47.78
19.09	59.96	91.53	117.20	133.82	140.60	149.42	150.11	150.68	140.08	120.90	95.79	68.49	43.14
16.13	56.02	86.78	112.37	128.21	140.32	146.21	143.53	137.84	129.27	105.79	83.44	56.55	29.09
4.47	46.39	75.08	100.83	116.84	126.87	127.44	128.21	123.87	109.53	90.19	67.68	45.13	9.02
2.19	41.88	62.44	84.42	99.65	111.80	115.62	114.16	106.48	94.37	74.14	53.42	26.53	2.19
4.47	6.74	39.65	56.96	74.18	85.48	91.53	91.37	84.42	72.27	52.89	32.26	4.39	0.00
2.32	0.00	2.19	24.33	44.81	53.06	58.70	59.64	55.86	43.39	26.45	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในงานวิชาการเท่านั้น ไม่สามารถนำออกนอกระบบ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ13 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น

0.00	0.00	2.19	24.98	38.96	44.65	49.03	50.86	50.70	47.13	41.76	25.11	2.19	0.00
0.00	6.62	30.27	43.35	52.33	62.36	70.36	73.65	72.39	69.23	58.22	44.69	30.51	0.00
2.19	25.51	45.22	57.00	71.22	83.08	92.14	94.45	92.83	89.54	76.46	56.71	42.86	18.32
15.60	40.83	53.79	74.91	88.60	99.57	107.13	110.13	110.62	102.66	91.81	69.83	51.43	30.92
20.92	47.78	65.89	85.11	99.94	114.20	121.67	122.69	122.69	121.31	106.80	81.86	58.18	40.34
39.20	53.58	74.63	94.21	108.51	125.78	135.48	135.40	134.14	127.77	113.10	87.59	63.17	43.43
40.22	55.05	78.16	98.23	116.92	129.51	141.86	147.43	141.98	133.45	115.17	92.22	67.28	46.96
39.04	54.36	79.34	100.99	115.94	133.53	146.90	151.90	142.80	133.90	115.70	90.80	66.02	45.42
23.48	50.90	73.41	96.85	114.68	132.48	142.15	140.40	136.87	125.49	107.94	86.33	60.94	41.11
20.39	45.70	66.02	88.81	108.18	121.96	130.53	131.18	127.93	114.85	99.69	76.17	53.67	38.39
13.98	41.80	57.73	78.33	97.01	109.12	114.20	115.78	112.53	100.38	89.86	63.05	45.18	20.68
0.00	11.50	44.77	59.92	77.80	89.38	96.00	95.71	92.50	83.20	68.01	48.51	28.44	0.00
0.00	0.00	30.92	45.01	57.40	69.23	75.93	78.28	71.50	62.97	51.68	38.43	8.82	0.00
0.00	0.00	4.39	25.31	42.53	49.56	53.42	52.81	50.42	45.05	38.72	9.02	0.00	0.00

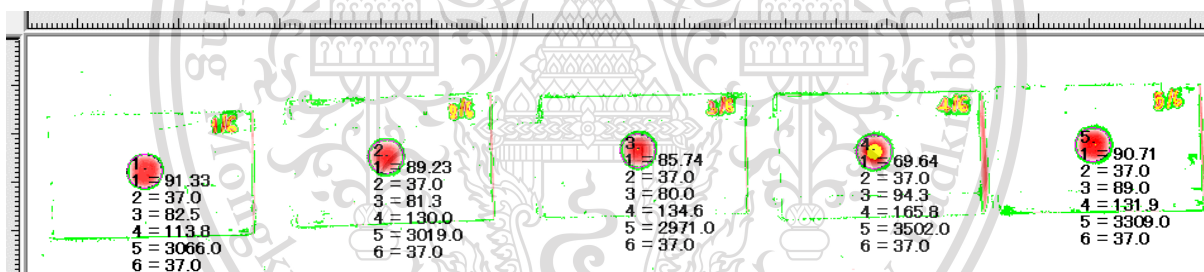
ตารางที่ ผ14 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น

0.00	0.00	8.78	30.10	41.52	45.22	50.01	51.23	48.55	44.57	40.50	36.68	4.39	0.00
0.00	4.39	30.51	45.87	55.74	65.57	72.19	72.15	69.59	62.60	52.98	42.90	25.11	0.00
2.19	30.27	47.57	62.44	78.00	89.01	97.78	98.35	95.63	86.00	72.27	55.86	41.32	15.72
20.48	43.43	61.79	81.45	100.87	115.78	122.24	125.37	119.84	106.97	89.38	68.49	49.16	33.11
32.66	51.07	73.82	97.58	115.05	134.83	142.35	143.85	139.51	124.19	104.16	81.58	57.97	40.87
41.07	58.13	84.66	106.19	128.13	143.41	157.63	164.17	149.91	133.90	113.02	88.73	65.53	44.44
41.68	61.75	88.56	110.74	131.71	152.02	161.53	162.38	153.08	135.48	115.42	93.28	68.29	46.03
41.93	63.21	89.29	111.43	128.46	148.85	161.53	163.11	152.55	133.25	114.52	92.46	66.26	45.30
40.91	63.25	85.80	106.84	125.25	137.92	148.36	151.73	145.76	126.67	108.71	87.14	63.13	43.59
38.23	52.73	75.68	100.34	114.08	126.79	132.36	136.95	130.28	117.93	100.91	78.77	56.02	40.22
20.27	44.36	61.59	85.96	99.00	109.44	113.83	115.98	110.30	102.98	87.63	67.36	48.30	30.51
2.19	35.51	49.64	66.54	81.33	91.08	95.88	98.35	92.14	84.26	70.65	55.33	41.64	17.71
0.00	8.94	39.45	48.55	59.15	67.48	73.86	75.12	70.36	61.79	53.87	42.37	20.43	0.00
0.00	0.00	20.07	37.66	42.58	48.55	52.41	52.45	50.78	45.42	40.71	27.63	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ15 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 5 ชั้น

0.00	0.00	4.39	22.67	34.33	42.62	45.42	46.03	43.55	38.96	27.54	2.19	0.00	0.00
0.00	2.19	28.03	45.22	54.52	63.62	70.28	72.07	64.88	56.23	45.34	30.59	2.19	0.00
0.00	29.98	48.59	64.88	81.01	93.52	98.92	100.55	94.37	85.03	65.81	49.24	26.45	0.00
4.51	43.35	64.23	89.62	104.37	113.95	116.84	116.31	114.81	106.23	90.11	63.98	40.10	8.82
25.88	55.66	83.48	108.27	122.28	128.05	130.73	132.11	129.31	120.01	104.77	79.30	52.08	32.38
38.31	65.20	94.37	116.15	132.64	137.80	141.29	139.30	137.31	129.59	115.21	91.57	59.84	39.33
43.71	72.43	103.43	120.86	136.38	137.35	145.36	143.33	137.48	137.48	118.63	95.10	63.78	41.72
43.10	73.82	104.57	122.00	130.37	137.52	139.34	140.44	136.58	129.39	115.21	93.68	65.04	43.43
42.78	69.79	100.34	117.65	128.13	133.17	133.86	137.11	132.52	127.36	111.76	91.49	65.85	44.32
35.02	63.42	92.50	111.52	120.74	125.82	128.74	129.23	129.27	123.13	109.48	89.82	63.25	43.06
16.29	50.78	80.11	100.34	112.17	115.29	117.65	116.47	117.00	112.90	98.92	83.36	57.65	34.73
6.58	38.92	61.26	84.95	99.86	105.42	107.58	107.70	108.63	102.42	88.97	68.62	47.45	27.58
0.00	9.10	42.66	58.46	73.57	81.82	85.60	86.00	85.48	74.87	60.98	48.91	33.43	6.58
0.00	0.00	9.02	34.41	46.56	51.43	55.82	55.86	53.54	46.56	42.05	30.10	4.39	0.00



รูปที่ ผ8 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 6 ชั้น

ตารางที่ ผ16 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 6 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1	Ellipse	37	82.5	109.7281	3066	37
2	Ellipse	37	81.3	124.4750	3019	37
3	Ellipse	37	80.0	126.9938	2971	37
4	Ellipse	37	94.3	165.7500	3502	37
5	Ellipse	37	89.0	123.2563	3309	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในเชิงวิชาการเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายได้
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ17 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 6 ชั้น

0.00	0.00	6.66	33.72	44.53	49.36	53.99	56.06	53.58	47.86	39.57	18.61	0.00	0.00
0.00	13.81	40.46	56.02	67.40	75.85	79.34	80.52	78.65	71.26	60.65	47.25	25.68	0.00
4.43	38.55	56.39	73.53	84.58	91.57	94.90	95.18	93.60	88.12	80.72	64.92	46.31	9.18
23.81	51.68	72.52	86.98	92.99	98.23	101.40	101.64	100.67	100.51	93.80	80.76	57.44	34.13
40.79	61.10	80.60	92.79	98.19	101.32	103.27	103.27	103.03	108.10	100.79	89.05	65.41	42.58
43.59	65.45	85.84	96.40	101.48	101.16	104.33	103.55	103.55	107.98	103.55	92.02	70.32	46.80
43.79	63.94	85.80	95.75	101.12	100.95	101.16	102.05	104.04	106.40	101.93	92.30	71.18	47.21
42.74	63.74	84.54	96.61	99.69	102.17	102.78	106.19	106.88	106.76	101.60	89.50	66.30	44.32
42.78	65.00	87.51	99.37	104.69	106.36	107.70	108.75	109.73	103.80	95.83	81.58	60.25	41.36
40.38	61.63	84.34	97.13	103.59	104.98	106.97	107.17	104.93	98.15	88.97	71.22	50.90	30.23
28.72	54.80	76.70	92.02	98.76	103.19	105.54	103.43	98.68	90.96	77.72	60.29	42.13	11.13
13.37	43.96	61.59	79.83	89.09	94.86	98.19	97.01	91.24	79.91	64.51	47.00	23.81	0.00
0.00	20.72	44.04	58.87	69.55	79.06	80.88	80.52	72.96	62.89	48.22	35.43	4.39	0.00
0.00	0.00	18.40	31.85	46.60	52.89	56.18	55.17	50.66	43.75	27.99	4.39	0.00	0.00

ตารางที่ ผ18 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 6 ชั้น

0.00	0.00	17.88	35.22	42.45	48.18	50.09	51.68	51.84	46.80	41.11	30.14	2.19	2.32
0.00	13.57	36.97	48.30	56.75	62.93	69.02	70.44	69.23	63.29	53.34	43.83	30.35	4.39
2.19	37.90	48.95	62.89	72.68	81.29	86.86	87.30	88.12	81.90	69.43	56.51	43.75	20.39
25.55	44.93	59.64	74.63	87.71	97.18	100.99	101.40	100.83	96.57	85.31	69.59	52.08	38.88
39.45	52.93	70.08	83.89	96.57	106.64	111.76	112.61	113.22	108.06	95.83	79.63	60.73	43.06
42.01	58.38	75.60	91.04	103.11	113.34	119.44	117.24	117.20	113.91	101.12	86.25	65.04	46.19
43.43	60.17	78.85	94.21	106.28	116.15	121.31	123.62	122.57	113.87	104.08	89.13	68.01	48.06
43.71	60.25	80.03	95.83	106.19	118.58	124.11	124.48	121.83	112.90	103.68	88.32	67.56	47.17
42.25	57.48	76.74	94.17	105.83	115.17	121.23	121.96	118.06	111.27	98.64	82.51	62.73	44.65
31.20	51.35	69.92	85.76	99.98	107.94	117.12	114.64	112.25	102.90	91.00	73.08	55.70	40.67
13.61	43.14	60.29	78.49	90.96	101.24	107.25	104.24	98.84	92.63	78.20	63.78	47.57	36.97
0.00	33.31	49.20	65.81	78.20	89.46	95.35	91.61	86.82	79.50	66.87	53.75	41.03	8.98
0.00	13.45	37.82	50.33	62.08	72.39	77.76	73.00	70.08	61.38	51.80	42.29	26.98	0.00
0.00	0.00	8.90	36.52	45.01	52.77	57.24	55.41	52.37	46.27	40.42	34.21	4.39	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ19 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 6 ชั้น

0.00	0.00	2.19	27.58	38.76	44.32	45.50	45.34	45.66	42.33	38.96	24.82	2.19	0.00
0.00	10.97	30.92	43.79	50.50	58.91	62.48	63.42	62.08	56.88	49.73	42.41	25.43	0.00
4.39	35.59	45.18	58.22	67.64	77.59	83.65	84.01	82.06	75.68	66.30	53.30	42.13	24.98
26.85	43.10	55.90	70.53	84.22	93.03	97.50	100.75	97.18	91.93	79.54	65.24	50.01	38.92
36.56	49.97	64.68	81.21	94.98	104.81	111.19	113.02	110.91	102.46	90.76	75.20	57.57	42.13
45.18	54.84	73.00	87.79	103.35	113.38	120.49	121.63	119.15	110.30	97.38	81.29	61.79	45.26
42.13	57.12	77.27	93.56	107.78	118.34	124.92	126.63	124.03	114.24	100.51	84.91	65.65	47.08
43.18	59.88	78.53	95.59	108.79	119.40	126.34	126.99	122.53	112.41	101.77	85.19	67.15	46.48
40.99	56.06	73.57	92.22	105.46	116.11	121.71	121.39	119.07	108.27	96.77	81.62	68.37	43.88
32.99	50.54	67.64	82.88	100.26	111.92	116.55	113.14	112.21	102.01	91.73	75.16	56.59	40.87
18.16	44.36	59.96	73.73	88.52	98.19	103.39	102.98	100.95	91.81	79.14	62.85	48.63	38.03
2.19	33.60	48.38	63.66	76.21	84.87	88.68	89.29	86.41	77.15	66.63	52.77	41.32	11.13
0.00	13.24	40.58	49.68	60.82	67.32	71.87	71.66	69.02	60.61	52.85	43.67	29.94	0.00
0.00	0.00	13.33	39.28	45.87	50.05	54.03	54.44	51.51	46.96	42.01	34.65	8.78	0.00

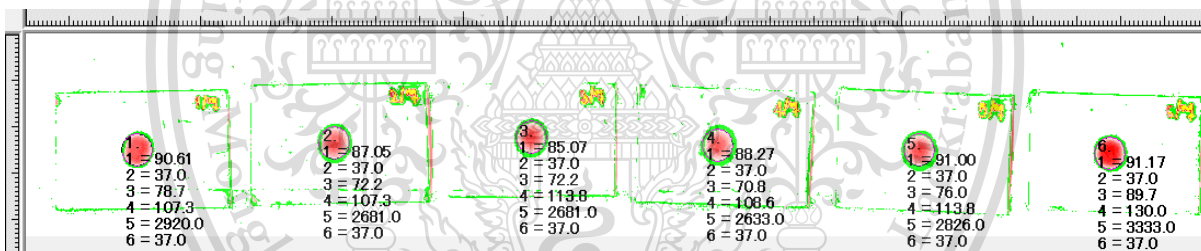
ตารางที่ ผ20 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 6 ชั้น

0.00	2.19	22.55	38.43	42.13	47.13	49.44	50.74	48.91	44.85	39.41	29.58	4.39	0.00
4.39	29.62	52.16	53.18	60.53	67.11	72.72	73.13	69.67	62.93	51.07	41.44	34.00	4.39
17.67	40.10	54.97	68.98	79.02	88.93	97.95	96.08	90.84	82.59	67.07	52.00	40.30	28.68
35.10	49.77	67.07	84.54	98.35	110.38	118.91	119.60	111.72	102.90	84.99	66.67	48.51	35.83
41.11	58.09	78.24	100.91	116.35	136.62	145.07	146.21	134.27	120.01	98.07	76.46	54.19	40.38
45.05	64.59	88.44	110.74	134.71	159.09	165.75	165.75	165.75	137.19	111.11	87.30	61.91	44.08
48.10	68.45	92.38	115.54	146.25	165.22	165.75	165.75	165.75	148.89	117.41	91.65	64.92	44.69
49.77	69.39	93.72	116.51	146.25	165.75	165.75	165.75	164.69	145.19	117.45	90.92	64.39	45.42
45.62	66.71	89.58	110.83	135.73	159.74	165.22	165.75	158.48	142.15	110.54	86.00	61.26	43.10
41.72	59.92	81.90	100.43	122.04	137.72	152.22	149.91	138.25	120.53	101.36	78.81	56.06	40.54
33.39	50.50	68.45	87.99	103.55	114.12	119.56	121.59	116.31	102.25	86.94	66.26	48.26	30.23
20.27	41.19	55.90	70.69	81.90	93.64	98.52	99.69	92.71	83.65	69.27	53.14	40.54	17.71
2.19	25.11	42.25	53.30	62.20	70.73	76.58	76.17	72.03	64.27	52.57	42.37	36.24	2.19
0.00	2.19	31.57	40.58	46.19	50.33	54.64	55.09	51.19	47.25	41.15	32.34	6.66	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ21 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 6 ชั้น

0.00	0.00	30.55	37.62	40.10	43.83	45.70	46.88	45.42	42.78	39.08	31.28	10.97	0.00
0.00	22.06	42.62	46.72	53.75	64.11	69.39	70.81	69.67	60.78	49.60	41.80	34.29	4.39
4.39	32.95	47.29	63.01	78.49	88.68	93.36	93.11	92.34	84.18	69.79	52.69	40.38	24.46
20.92	45.78	64.88	85.72	100.43	110.30	110.70	110.34	108.18	103.55	93.44	70.00	50.29	37.74
36.60	59.35	84.05	102.25	113.67	119.64	120.53	119.36	117.77	113.47	104.57	86.86	60.25	42.01
42.98	67.48	93.80	110.30	118.83	122.61	122.20	121.35	122.28	118.18	107.94	92.46	67.48	46.19
45.46	72.07	98.35	114.08	120.17	123.26	121.63	119.56	121.31	121.88	109.93	95.27	70.61	47.57
46.68	73.98	99.33	113.30	117.61	122.40	119.23	120.05	119.44	115.17	108.55	93.48	70.24	49.16
45.74	72.76	97.13	110.50	118.71	119.60	117.65	117.00	116.11	112.45	105.06	89.94	69.14	48.71
41.15	64.72	91.28	107.25	113.55	115.54	117.20	117.45	113.91	108.14	102.54	87.79	68.25	45.78
31.12	55.01	78.81	97.66	106.11	110.95	112.90	112.98	110.26	104.53	98.64	83.40	61.14	41.68
13.65	43.88	61.99	79.95	91.81	99.17	101.73	102.94	102.82	97.54	87.47	72.48	49.68	35.34
2.19	30.10	46.27	59.48	71.26	79.14	82.35	84.66	82.47	74.34	63.50	50.17	39.98	8.82
0.00	2.19	25.23	40.58	47.78	52.89	56.92	55.98	54.28	50.01	43.71	38.23	13.33	0.00



รูปที่ ผ9 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น

ตารางที่ ผ22 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/7	Ellipse	37	78.7	101.8875	2920	37
2/7	Ellipse	37	72.2	102.9031	2681	37
3/7	Ellipse	37	72.2	107.9813	2681	37
4/7	Ellipse	37	70.8	104.1625	2633	37
5/7	Ellipse	37	76.0	110.6219	2826	37
6/7	Ellipse	37	89.7	122.3625	3333	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งในการนำไปใช้

ตารางที่ ผ23 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น

0.00	0.00	4.39	28.56	43.83	49.12	52.98	53.02	51.43	45.99	39.89	24.74	0.00	0.00
0.00	0.00	33.80	50.50	63.21	70.81	73.78	75.16	71.42	65.98	56.02	44.20	21.21	0.00
0.00	20.84	48.79	65.89	79.71	85.39	88.12	88.03	87.55	84.62	74.55	60.29	44.24	15.97
4.43	42.29	63.38	78.61	87.95	93.32	95.14	96.73	96.08	94.33	89.78	75.60	55.82	36.77
18.40	49.24	70.89	84.78	90.80	93.40	94.13	96.93	100.18	100.71	94.74	85.31	62.60	42.09
24.42	55.33	75.89	88.03	93.72	92.83	92.79	94.53	99.98	103.39	98.60	87.87	69.06	45.91
35.63	60.49	78.93	89.17	92.26	92.99	92.42	95.47	100.75	103.27	99.45	88.32	70.04	47.78
42.13	63.54	81.01	90.15	95.27	94.66	93.72	98.39	100.75	101.89	95.63	84.26	66.10	45.70
43.14	65.20	83.65	92.63	96.12	95.23	97.13	99.21	100.26	97.54	90.11	78.16	59.03	41.68
38.92	64.39	82.47	93.93	97.09	96.53	98.19	99.78	99.45	95.96	86.98	70.36	51.15	36.12
26.77	55.90	75.52	90.76	96.77	98.68	101.28	100.22	95.51	88.24	76.46	60.25	43.10	16.09
15.93	45.42	63.46	80.40	89.29	95.23	97.83	95.27	90.35	79.95	66.42	49.85	37.74	0.00
0.00	30.71	48.99	64.31	76.82	82.55	85.48	84.38	76.70	66.06	50.50	38.03	13.24	0.00
0.00	4.47	23.48	44.89	55.41	60.21	63.70	62.28	55.78	47.37	38.84	11.29	0.00	0.00

ตารางที่ ผ24 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น

0.00	0.00	22.22	35.87	41.03	45.91	48.79	49.52	47.25	43.63	39.57	31.93	6.58	0.00
6.62	22.26	38.96	45.50	52.61	58.42	62.64	63.98	60.65	55.13	49.56	42.33	37.01	6.66
26.65	39.61	45.78	55.58	65.16	72.31	75.16	76.58	74.55	70.85	61.30	51.68	42.09	31.65
37.17	44.61	53.63	65.12	75.60	81.90	85.80	86.45	84.99	81.25	74.43	61.34	48.63	38.72
40.18	48.71	61.51	74.18	83.69	88.56	92.26	94.29	93.11	89.05	79.71	69.18	55.41	42.21
42.01	53.02	65.73	78.49	87.71	92.34	95.67	98.52	96.16	93.52	83.85	74.22	59.23	46.15
44.16	56.79	70.00	83.77	91.69	96.24	100.79	102.38	99.61	95.96	87.30	76.46	61.79	46.96
42.90	57.69	74.55	85.96	93.28	98.88	102.90	99.90	99.73	95.63	86.78	74.06	59.72	45.26
42.33	55.41	72.52	84.87	92.02	100.06	101.73	101.16	97.95	92.46	82.47	72.23	57.57	43.67
40.87	53.83	69.47	82.59	89.98	96.48	99.21	99.33	94.21	86.61	77.63	67.68	53.34	41.15
38.68	49.48	63.42	76.50	84.42	90.23	91.08	90.92	85.92	81.21	71.46	59.68	48.51	38.59
22.51	42.86	55.05	67.40	76.86	81.53	83.36	81.13	77.63	70.93	60.49	50.50	42.05	26.98
8.82	33.31	46.60	57.00	65.08	70.44	72.56	73.29	67.36	60.41	49.93	42.25	30.10	11.01
0.00	13.45	38.72	45.62	52.98	56.71	58.09	57.32	53.50	47.53	41.19	32.66	15.68	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ25 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น

0.00	0.00	17.83	38.15	41.36	44.93	48.38	49.32	46.07	43.55	39.85	32.01	8.82	0.00
0.00	13.49	38.35	45.01	51.63	56.14	60.98	62.24	58.91	54.60	47.61	41.48	36.56	4.39
8.86	36.24	45.74	56.31	66.02	72.07	75.52	75.77	74.55	68.25	60.25	50.54	42.33	27.63
25.39	44.00	54.23	67.28	78.61	85.76	89.58	88.20	87.79	79.79	71.46	59.80	48.38	39.37
38.84	48.91	62.97	76.46	87.87	92.75	97.18	97.50	95.31	91.12	79.22	67.72	53.79	41.68
41.68	54.11	68.98	82.63	93.88	101.28	104.53	104.69	100.75	92.91	84.50	72.80	58.38	44.57
42.25	57.40	73.49	86.17	95.23	104.16	107.74	108.96	104.77	95.79	87.59	75.16	60.49	46.43
43.59	57.24	73.69	86.25	96.00	103.15	107.13	107.98	103.92	96.93	86.13	73.61	59.92	46.11
43.10	56.39	70.97	84.13	95.67	102.58	104.61	105.26	102.78	93.80	85.03	71.05	56.47	44.20
40.58	53.22	66.10	76.94	88.56	95.27	100.59	98.07	94.05	86.82	78.65	65.73	52.08	41.32
38.55	47.86	60.45	71.50	80.76	87.38	90.88	89.42	85.03	80.15	69.67	58.01	45.95	38.31
29.90	45.99	51.51	62.28	69.35	76.58	78.89	79.02	74.26	69.10	59.52	50.21	40.87	26.98
19.99	37.70	43.59	51.39	58.54	64.19	66.79	66.87	62.77	57.36	49.73	42.13	34.73	8.82
0.00	11.13	37.78	41.93	47.45	50.70	53.67	53.10	49.52	45.18	40.83	37.09	6.62	0.00

ตารางที่ ผ26 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น

0.00	13.45	35.10	42.45	44.61	47.53	48.87	49.03	47.17	49.52	41.80	34.53	15.48	0.00
13.24	37.70	43.10	50.17	56.39	59.43	61.34	61.02	59.31	56.71	49.48	39.98	36.40	11.01
30.02	43.51	52.00	60.65	68.21	72.31	74.47	73.17	69.39	62.93	58.26	47.53	39.33	26.57
39.65	49.44	60.65	70.81	78.85	82.51	85.31	86.21	79.79	73.13	64.88	56.59	43.75	35.06
43.51	56.02	67.64	77.68	86.90	90.51	92.67	93.68	87.26	80.48	71.58	65.24	52.33	39.37
49.20	62.64	74.91	85.43	93.80	99.08	99.94	97.70	94.37	87.79	74.63	63.50	53.58	41.60
50.90	64.11	77.72	88.32	97.26	100.63	103.92	100.34	97.05	89.46	79.26	65.41	52.89	44.28
52.00	65.81	78.65	90.63	96.48	100.87	104.16	101.24	97.70	89.25	79.14	65.93	53.46	42.37
52.57	64.07	76.33	86.41	94.94	100.02	103.59	100.83	95.63	85.64	76.13	65.08	52.16	41.88
49.68	59.96	71.58	80.88	88.85	95.92	96.20	92.58	89.25	82.43	72.52	60.04	48.22	40.54
43.96	53.75	65.12	73.13	79.99	85.52	87.47	85.19	81.33	73.86	64.68	53.67	43.79	35.10
39.69	47.53	55.37	64.76	72.23	74.75	75.73	75.64	71.58	63.86	54.93	46.31	39.93	29.37
31.89	41.60	47.17	53.99	59.39	63.29	63.74	63.90	59.27	54.56	47.49	41.03	32.18	10.97
13.20	36.48	40.30	44.12	48.43	51.96	52.08	51.23	48.75	45.70	40.54	37.38	19.95	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

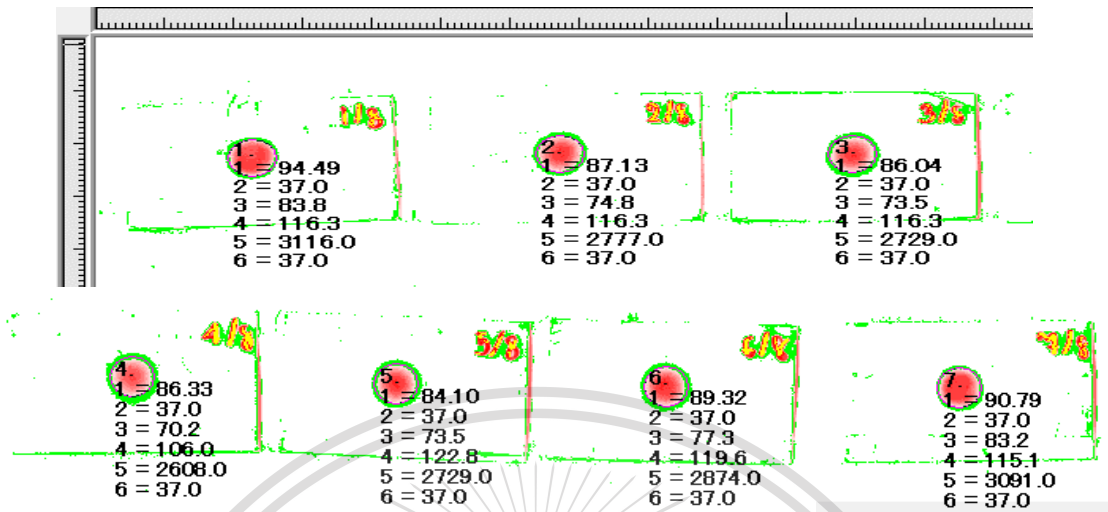
ตารางที่ ผ27 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น

0.00	15.56	37.17	41.11	44.97	48.79	50.66	51.76	49.16	45.83	42.01	37.74	29.25	2.19
11.09	37.33	42.29	50.58	56.51	62.28	65.53	66.02	64.07	58.09	50.94	44.65	38.63	15.56
34.61	42.74	52.00	62.32	72.31	76.29	80.19	80.32	77.72	72.35	64.03	53.58	44.16	38.07
39.24	48.71	60.61	73.21	83.36	87.75	91.41	93.84	90.47	83.69	74.34	62.85	48.99	40.30
43.55	54.97	69.14	82.02	91.89	98.80	100.18	101.12	97.99	92.34	83.20	69.96	54.97	43.83
47.82	61.02	75.16	87.95	97.83	103.84	107.05	108.06	102.05	97.38	87.75	75.44	60.13	45.54
48.83	64.19	78.20	91.24	99.82	105.87	109.32	109.32	105.83	99.78	89.46	78.61	62.36	48.63
49.32	64.31	78.53	91.08	102.66	108.31	109.65	110.62	105.83	99.65	90.35	76.58	61.99	47.57
46.96	61.10	78.08	89.78	98.80	103.72	105.71	105.54	103.43	96.81	86.86	74.79	60.08	45.34
44.48	57.00	72.31	85.31	93.48	97.74	99.82	100.91	99.45	91.28	81.94	70.85	55.94	44.00
40.75	51.31	65.69	75.93	85.11	89.21	90.39	91.85	89.98	83.77	75.60	64.27	51.19	40.63
37.13	44.53	55.53	65.20	73.17	78.24	81.41	83.24	80.23	73.21	65.53	54.03	44.97	38.03
19.78	38.47	45.30	52.73	58.58	65.08	66.87	69.31	65.45	60.94	53.75	45.30	39.24	24.62
0.00	17.83	37.98	41.88	46.92	50.29	53.22	54.03	50.58	46.84	44.04	39.08	28.97	0.00

ตารางที่ ผ28 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 7 ชั้น

0.00	2.19	22.63	39.33	45.42	52.57	55.29	56.18	52.37	46.88	41.19	27.58	4.43	0.00
2.19	25.43	45.70	55.78	69.06	78.08	82.43	84.91	80.56	70.24	58.30	45.38	35.30	11.01
22.59	43.18	61.30	77.63	94.74	101.12	105.87	105.30	101.97	94.94	80.64	60.86	43.63	31.44
38.39	53.42	76.13	95.47	109.81	113.67	115.50	117.81	117.57	109.36	97.58	78.73	54.93	39.37
41.68	62.12	88.44	108.92	118.02	119.48	121.59	123.34	122.24	117.04	107.33	90.07	62.93	42.82
46.11	69.47	96.89	114.93	122.77	120.01	120.94	124.43	125.90	118.26	112.21	94.01	67.60	45.09
47.90	73.41	97.83	112.86	121.06	122.20	120.21	118.58	122.48	119.32	110.30	95.31	69.10	45.99
47.86	74.51	98.88	112.29	119.44	120.94	118.46	119.64	122.36	116.84	106.76	92.46	68.78	46.39
44.81	70.77	95.88	108.31	115.62	118.83	118.42	118.91	117.24	115.98	104.28	87.87	65.81	45.83
41.32	61.38	87.51	103.39	112.37	113.10	116.84	118.34	115.01	112.78	102.74	87.47	63.98	43.79
30.63	49.03	73.98	92.38	104.49	108.43	109.85	110.09	109.32	105.79	96.12	78.89	55.66	39.93
6.62	39.24	52.69	70.32	83.77	93.88	97.50	99.00	98.03	91.61	81.53	62.44	44.81	27.54
0.00	15.64	36.93	48.38	57.81	65.81	72.72	75.28	72.80	67.28	56.35	44.44	35.02	6.62
0.00	0.00	4.43	23.32	39.73	42.70	45.83	48.34	47.45	43.06	39.00	20.60	4.39	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑๐ ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 8 ชั้น

ตารางที่ ๑๒ ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 8 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/8	Ellipse	37	83.2	107.7375	3116	37
2/8	Ellipse	37	74.8	109.7281	2777	37
3/8	Ellipse	37	73.5	111.8000	2729	37
4/8	Ellipse	37	70.2	102.6594	2608	37
5/8	Ellipse	37	73.5	113.5875	2729	37
6/8	Ellipse	37	77.3	111.9625	2874	37
7/8	Ellipse	37	84.8	109.3625	3091	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ30 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 8 ชั้น

4.39	2.19	11.05	33.60	42.98	49.32	56.59	56.31	53.75	50.33	44.32	33.64	4.39	0.00
2.19	25.84	42.41	53.79	66.06	72.84	79.58	79.75	76.90	72.64	63.58	49.64	34.21	2.19
33.68	42.45	56.55	71.01	81.90	87.22	90.15	92.26	94.09	90.03	83.61	69.63	48.91	23.28
39.33	51.68	71.91	85.31	94.66	96.77	96.73	97.66	98.43	100.59	96.40	85.68	61.22	41.19
43.47	61.34	82.18	92.26	96.61	97.87	97.46	97.46	100.06	104.16	101.32	93.68	71.87	46.68
48.30	68.41	89.29	95.67	99.53	99.00	95.83	97.42	100.26	105.18	103.92	94.37	78.41	51.43
48.95	68.25	89.38	99.08	100.51	100.47	97.18	96.08	100.59	105.38	104.28	95.35	77.23	54.80
46.76	68.29	89.17	101.40	105.30	100.67	101.77	99.86	101.12	106.07	102.13	93.72	75.77	51.23
45.22	66.91	90.35	103.15	105.02	102.86	103.27	105.14	101.97	104.49	97.38	87.63	67.32	46.48
40.67	63.09	88.60	101.77	107.74	105.71	105.26	104.28	102.74	100.06	90.43	76.54	57.36	40.38
35.71	54.64	81.17	99.13	104.24	105.38	104.77	104.89	102.21	95.47	83.28	67.03	47.65	32.42
13.33	43.10	63.66	83.36	95.83	99.53	101.08	99.78	94.21	85.56	71.09	53.71	36.97	8.82
2.19	25.68	46.72	62.97	75.73	83.81	88.48	85.39	80.23	68.58	52.93	39.45	17.92	0.00
0.00	2.19	22.99	42.13	49.56	58.38	60.65	60.13	56.71	47.65	39.93	20.15	2.19	0.00

ตารางที่ ผ31 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 8 ชั้น

0.00	0.00	13.37	33.76	42.62	47.61	50.94	52.53	51.80	48.91	43.88	39.28	22.30	0.00
0.00	29.70	39.53	47.98	54.93	61.99	66.46	70.32	69.39	64.15	57.40	48.38	40.06	13.53
11.29	38.88	46.88	57.28	68.98	76.58	80.64	83.81	83.48	77.92	69.67	57.89	46.35	35.26
35.18	45.34	57.44	68.05	79.02	87.14	93.48	95.79	95.39	88.81	81.01	68.41	54.60	41.97
40.54	51.19	66.83	76.98	87.75	96.12	99.45	101.60	99.78	98.03	90.43	75.93	60.78	45.50
42.94	54.64	70.04	80.84	92.26	98.60	103.80	108.51	106.97	101.73	93.07	78.89	62.97	47.29
43.55	57.08	72.80	84.58	96.20	103.84	109.04	109.61	107.41	101.36	92.91	80.52	63.33	48.63
44.00	57.73	73.41	87.63	97.05	104.89	108.31	109.73	108.02	103.07	92.42	79.02	62.81	46.76
42.66	56.88	74.14	84.13	94.13	101.81	107.98	108.39	104.28	99.04	88.08	75.64	59.19	45.78
40.63	53.06	66.67	78.73	89.09	96.36	100.51	103.35	99.29	92.79	82.79	67.32	54.56	42.05
32.95	46.39	58.62	69.79	81.33	89.13	92.50	92.79	90.07	82.23	71.95	58.54	46.48	35.30
22.18	40.22	49.52	60.57	70.32	79.26	81.70	81.37	77.51	71.62	60.17	49.28	40.10	19.91
4.39	27.02	41.19	48.55	56.23	63.58	68.94	69.31	62.16	55.66	47.57	40.63	29.49	0.00
0.00	2.19	33.96	40.87	45.54	48.95	54.60	55.58	48.79	44.65	39.98	29.53	2.19	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ32 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 8 ชั้น

0.00	0.00	15.76	37.78	41.28	44.73	46.72	49.60	47.94	44.00	39.89	34.73	10.97	0.00
2.19	25.27	40.18	45.74	52.57	56.79	60.69	62.40	60.73	57.00	49.89	42.82	35.47	4.43
13.24	39.00	46.31	54.11	62.48	70.53	74.95	76.21	74.79	68.33	59.72	51.19	42.09	22.63
32.34	44.04	55.21	67.56	75.28	85.03	87.71	88.20	85.27	80.28	72.43	60.37	48.59	38.84
40.18	50.38	64.68	77.96	87.18	96.57	98.35	98.23	94.74	89.54	79.63	68.25	54.44	42.70
42.01	55.62	71.54	84.58	94.70	101.52	104.77	104.93	99.61	96.20	85.19	71.05	54.52	43.10
44.97	58.91	75.24	88.24	97.50	105.50	107.82	107.62	105.26	99.94	89.86	74.43	55.82	43.88
46.60	60.41	76.42	88.89	97.70	106.40	109.24	111.80	105.42	100.10	89.17	73.94	59.35	45.54
46.96	59.76	75.40	88.12	96.16	101.60	106.48	106.97	103.55	94.98	85.68	71.74	56.96	44.32
44.28	54.52	69.18	82.02	91.24	98.68	101.03	99.45	96.65	89.62	78.93	64.23	51.03	40.42
39.45	48.59	59.76	73.49	83.36	90.31	92.67	92.95	88.93	80.48	70.40	57.16	45.58	37.42
36.64	43.23	51.59	61.55	72.68	80.68	81.58	80.52	77.19	69.14	60.04	49.89	40.87	24.66
15.44	37.62	44.04	50.66	58.09	64.72	66.58	66.99	63.62	57.69	50.50	42.17	34.21	4.39
6.58	17.75	37.82	42.33	46.27	50.94	52.00	52.53	51.03	46.56	41.64	32.58	15.44	0.00

ตารางที่ ผ33 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 8 ชั้น

2.19	11.01	36.40	40.26	44.24	47.53	49.32	50.33	48.26	46.80	42.17	38.39	31.28	0.00
13.37	35.10	41.03	47.57	53.63	58.54	63.58	62.97	60.53	57.81	50.54	43.63	38.15	28.84
40.91	41.19	48.10	57.65	65.16	74.38	79.14	75.44	74.63	70.28	59.52	51.96	43.47	37.17
44.04	49.85	55.33	66.58	76.01	82.63	91.77	87.26	84.42	78.53	70.85	60.41	49.56	40.91
42.62	52.77	62.20	74.02	83.65	89.78	93.56	93.84	92.06	86.29	76.54	66.83	54.19	43.59
45.18	54.68	68.98	79.42	87.95	94.53	98.15	99.61	96.12	92.10	82.10	70.53	57.61	46.80
46.19	57.97	71.34	82.06	90.59	97.01	100.55	100.30	96.69	92.26	83.65	71.13	57.61	45.66
45.42	58.95	68.74	80.76	92.38	97.62	100.22	102.66	97.34	89.98	83.40	73.29	59.60	48.59
43.06	54.07	65.53	77.72	88.16	93.88	97.54	97.42	94.70	89.46	81.21	69.71	56.88	46.03
40.63	49.52	60.94	73.33	80.52	86.73	91.57	92.46	87.71	85.43	75.44	64.55	53.58	43.47
35.26	45.38	55.94	67.03	74.59	79.63	83.12	82.88	81.78	77.96	70.48	60.04	48.06	39.98
17.79	40.87	48.83	58.50	64.68	70.08	74.51	75.56	72.15	65.85	58.26	55.98	41.97	37.46
6.58	34.53	41.84	48.02	53.18	58.46	61.38	61.67	58.62	53.95	48.71	43.35	38.59	29.09
0.00	6.58	36.60	39.57	44.08	47.08	48.87	52.24	48.91	45.54	41.15	38.07	35.51	6.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ34 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 8 ชั้น

0.00	4.39	35.14	39.69	44.20	47.73	49.85	49.12	47.57	44.28	40.95	36.28	8.78	0.00
8.78	32.58	40.99	47.41	55.66	61.34	64.11	63.46	59.07	55.13	47.86	41.80	35.18	8.78
29.53	41.56	49.68	59.27	68.37	75.85	80.15	78.61	75.48	67.56	59.39	50.82	41.93	34.13
38.03	47.69	58.50	69.92	80.48	87.99	92.87	92.42	88.60	80.28	70.24	58.18	48.10	39.04
41.28	51.51	66.22	79.34	89.54	97.83	101.08	101.77	95.75	89.86	78.89	65.24	52.00	41.64
43.18	57.24	72.64	86.00	97.38	104.85	109.28	106.52	102.09	96.65	84.95	70.16	54.56	43.75
44.53	59.19	75.97	90.23	99.00	108.23	113.59	110.66	106.84	100.18	89.13	74.26	58.30	44.93
45.09	59.88	75.93	89.38	98.96	106.88	112.29	113.38	107.82	100.34	89.33	75.16	60.08	45.18
42.25	56.31	71.46	84.70	96.08	103.19	106.72	109.36	102.38	97.05	85.35	69.83	54.48	43.27
40.14	50.90	65.73	78.89	88.44	96.85	100.71	100.63	95.23	88.12	78.24	63.38	50.05	41.19
35.14	44.57	57.36	70.00	79.63	86.78	92.99	92.10	86.33	78.93	69.75	56.06	44.65	37.17
24.38	40.10	47.78	58.83	69.79	75.08	80.64	79.10	75.20	67.11	58.70	48.34	41.19	29.17
2.19	34.08	40.75	48.30	55.37	62.12	66.18	64.47	60.21	54.80	48.55	41.40	37.62	2.19
0.00	2.19	27.22	38.63	43.63	48.02	50.38	50.21	47.98	43.10	39.81	31.93	8.78	0.00

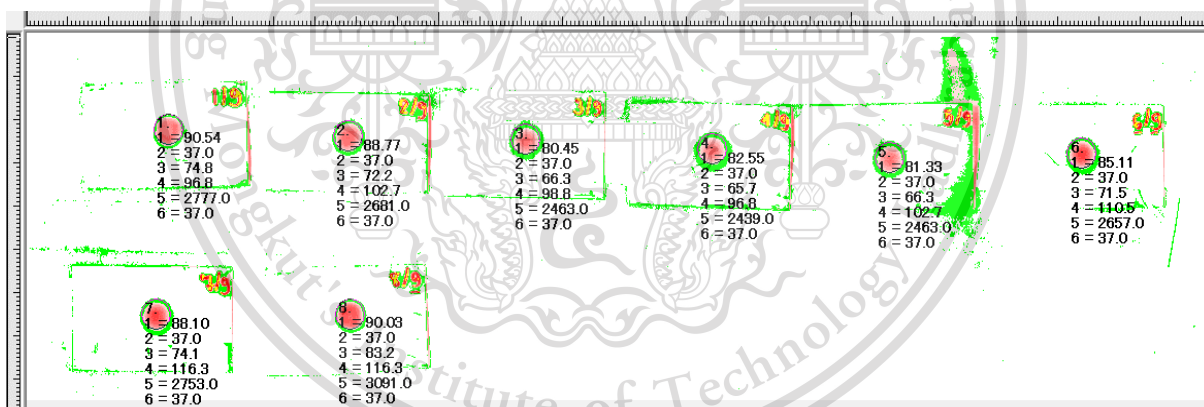
ตารางที่ ผ33 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 8 ชั้น

0.00	4.39	27.14	38.39	43.02	47.13	48.18	49.03	46.19	42.33	38.80	27.34	4.39	0.00
0.00	27.02	41.07	47.41	54.19	62.28	63.54	65.00	60.98	55.25	48.51	41.64	34.73	8.82
13.53	41.03	49.81	60.45	71.87	79.50	80.64	83.53	80.60	70.53	61.10	50.09	41.76	35.26
32.58	46.11	60.17	73.78	83.69	91.20	93.80	95.47	94.01	83.40	74.71	63.29	48.67	40.42
41.40	53.75	70.65	84.83	93.36	98.92	105.46	105.30	100.43	93.93	83.48	69.83	54.72	43.14
44.48	60.41	80.15	91.37	101.48	108.59	111.96	111.07	105.99	98.84	88.48	75.81	60.41	45.91
46.48	62.56	82.47	95.47	104.73	109.97	111.60	111.15	108.02	103.63	92.79	78.57	62.77	47.41
46.15	61.83	80.40	93.32	104.16	111.31	110.34	108.71	107.53	101.28	92.83	81.13	63.90	47.90
44.69	61.87	78.08	90.84	102.29	106.72	106.03	107.05	107.29	101.44	93.28	81.82	61.14	47.69
41.19	55.09	70.93	86.17	94.49	100.59	103.51	103.43	102.54	99.53	87.99	74.71	58.34	46.31
38.59	49.12	64.27	79.22	89.46	94.82	97.70	99.33	97.78	89.86	77.19	64.47	51.35	41.40
29.25	42.25	53.67	66.42	77.68	83.24	86.29	91.24	86.17	78.20	67.97	55.94	45.87	38.51
8.82	36.68	43.92	52.16	62.60	67.03	70.57	73.08	70.36	63.01	54.52	46.48	39.81	27.10
0.00	6.66	34.94	41.60	47.57	51.47	54.44	54.97	51.68	48.87	43.31	39.89	33.72	2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ34 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 8 ชั้น

0.00	0.00	4.47	25.35	39.89	45.50	48.59	47.90	45.95	41.60	30.79	11.29	0.00	0.00
0.00	4.39	35.51	46.60	56.35	66.67	72.92	72.52	69.39	63.01	52.28	41.72	22.59	0.00
0.00	28.07	47.90	63.70	79.10	89.70	93.68	94.37	92.54	84.99	72.60	54.11	40.83	18.12
11.25	43.14	62.36	84.70	99.17	105.42	104.73	104.69	101.60	99.73	88.48	71.09	50.42	37.90
26.61	53.34	79.91	97.62	106.11	109.00	109.04	105.99	105.38	104.45	97.30	81.94	59.64	41.68
39.37	59.31	86.33	102.94	109.36	107.86	108.06	105.46	106.76	104.98	100.22	87.06	65.65	46.27
41.03	64.59	90.72	102.38	107.62	106.97	105.14	104.77	104.73	107.01	97.18	84.46	66.42	47.29
41.64	66.02	92.06	102.58	107.78	105.95	105.26	105.26	103.39	104.00	93.93	81.90	65.81	48.18
41.40	63.78	89.86	101.40	106.60	105.38	105.02	105.10	103.27	100.18	93.84	82.55	65.61	47.78
32.26	59.72	85.52	99.17	103.80	104.73	104.37	104.73	103.31	100.75	94.70	84.74	65.08	47.17
23.68	50.78	74.10	92.34	102.33	104.81	104.49	104.57	104.69	101.16	96.36	81.82	60.98	44.12
4.47	41.19	55.90	77.11	90.47	95.75	99.17	96.89	94.70	93.60	86.78	70.65	51.11	38.84
0.00	15.88	42.13	54.19	68.41	74.22	79.83	81.49	79.54	74.55	65.04	50.42	39.93	15.60
0.00	0.00	18.16	38.92	46.76	51.76	54.52	56.39	54.72	50.38	44.36	35.91	13.37	0.00



รูปที่ ผ11 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 9 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ35 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 9 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/9	Ellipse	37	74.8	94.1281	2777	37
2/9	Ellipse	37	72.2	99.0844	2681	37
3/9	Ellipse	37	66.3	95.7531	2463	37
4/9	Ellipse	37	65.7	93.7219	2439	37
5/9	Ellipse	37	66.3	95.2250	2463	37
6/9	Ellipse	37	71.5	106.275	2657	37
7/9	Ellipse	37	74.1	104.9750	2753	37
8/9	Ellipse	37	83.2	111.6375	3091	37

ตารางที่ ผ36 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 9 ชั้น

0.00	0.00	15.56	39.45	43.59	49.03	50.17	51.31	49.16	45.26	41.23	30.47	2.23	2.19
0.00	13.49	40.06	51.11	63.17	67.60	69.55	71.26	68.98	64.39	57.28	47.25	31.48	2.23
2.19	36.08	51.39	67.19	76.54	80.80	83.20	81.66	81.74	80.68	74.38	63.38	48.06	27.71
20.48	45.50	65.08	77.31	83.61	86.08	86.86	89.01	88.44	88.93	85.56	78.33	60.08	41.32
23.73	51.92	73.25	83.53	88.16	87.18	85.68	86.37	88.32	92.54	92.91	86.86	68.58	47.69
36.56	56.55	75.85	84.18	86.86	85.52	82.88	83.28	87.75	92.02	94.13	87.55	73.00	51.15
40.30	57.97	75.93	86.65	87.63	83.40	81.74	82.55	88.73	91.65	93.48	87.63	74.87	53.67
40.50	59.88	76.98	89.46	88.28	85.35	84.74	85.39	87.91	92.42	91.41	85.19	71.26	51.35
40.79	61.87	80.52	91.45	89.29	87.38	86.33	86.17	89.13	89.82	87.79	80.84	64.15	46.88
40.75	59.92	78.69	89.05	93.07	92.58	89.90	90.63	92.46	88.12	81.37	71.26	55.70	41.40
28.52	51.92	72.84	85.96	90.39	92.67	93.23	92.79	88.40	83.89	74.51	61.67	46.80	32.13
11.33	43.27	58.99	74.34	83.28	87.38	87.83	86.37	81.49	75.12	65.12	49.97	39.37	11.17
0.00	20.88	43.88	56.31	68.45	74.34	77.07	77.19	71.78	63.01	49.40	40.06	17.92	0.00
0.00	4.39	27.83	41.23	49.68	54.64	58.01	57.20	53.10	45.54	38.68	22.51	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ37 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 9 ชั้น

0.00	2.19	22.59	38.55	41.80	45.18	47.53	47.00	46.15	43.67	37.13	29.90	2.23	0.00
4.43	25.03	40.75	47.49	54.48	58.66	61.18	62.73	61.02	55.74	49.77	42.21	30.18	6.62
29.01	40.95	50.54	58.74	68.41	74.38	75.28	75.89	73.41	70.20	61.34	51.72	42.37	27.79
35.59	46.92	60.25	70.08	80.11	83.85	85.96	86.45	84.78	80.11	73.00	61.99	48.83	36.44
40.54	52.16	66.71	76.94	84.42	88.93	90.63	92.18	93.68	88.20	80.97	69.51	55.41	43.63
44.36	57.12	71.83	83.32	91.33	94.01	93.15	95.31	95.59	91.57	83.85	72.84	59.15	45.01
47.49	61.30	75.36	86.94	94.25	96.89	97.70	96.65	96.08	93.88	86.04	76.17	60.57	47.08
47.78	63.42	77.68	87.83	93.60	97.87	99.08	97.99	94.45	91.98	85.31	77.72	59.80	47.00
47.13	61.06	75.93	86.61	93.84	95.75	96.93	97.70	94.53	90.72	81.09	70.36	55.41	43.59
44.65	58.50	74.14	84.34	90.63	93.97	96.16	93.93	91.33	85.76	75.40	64.03	50.54	39.45
41.36	52.93	66.34	77.68	85.60	93.19	91.93	90.47	85.56	77.92	68.53	56.06	44.97	37.54
32.30	45.87	55.21	67.40	76.05	82.14	82.79	79.46	76.17	67.19	58.99	48.51	39.77	17.79
15.68	38.84	45.54	55.17	63.78	68.74	69.88	67.19	62.93	55.41	49.08	41.15	31.61	2.19
0.00	27.02	38.27	43.79	48.99	55.62	56.67	53.83	50.98	45.91	40.71	29.37	15.64	0.00

ตารางที่ ผ38 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 9 ชั้น

0.00	15.36	31.28	38.84	41.72	44.57	45.87	46.19	45.54	42.45	39.77	36.97	24.25	2.19
6.62	31.57	39.37	44.16	49.20	52.65	55.49	55.58	54.48	50.98	46.43	40.95	37.50	19.87
19.99	38.47	45.54	51.39	58.22	64.19	67.11	67.64	65.65	62.03	56.27	48.06	40.50	36.81
36.89	42.98	53.63	61.18	68.05	73.90	78.24	78.16	76.50	71.05	62.12	55.17	46.27	39.04
39.85	47.49	58.13	67.40	77.72	82.71	86.65	85.68	83.44	78.37	71.66	61.14	51.23	42.53
43.27	52.61	64.19	73.94	84.05	90.19	91.37	92.22	89.58	84.62	77.03	66.26	55.25	45.74
44.97	56.92	68.13	76.54	86.08	92.30	94.82	94.78	93.07	87.79	79.75	68.78	56.18	45.87
45.01	55.78	68.01	76.42	87.43	93.36	95.75	94.62	91.93	86.94	78.98	68.74	55.98	46.48
44.89	54.88	66.87	77.35	85.07	91.20	95.23	93.56	90.68	83.81	76.21	67.15	54.32	44.16
43.47	52.98	61.34	72.19	78.93	86.78	88.93	87.47	84.09	79.26	69.39	60.86	50.38	41.15
40.22	47.53	56.67	65.41	73.53	78.20	81.17	81.45	79.06	72.84	62.85	53.79	44.44	37.50
37.46	43.27	51.68	58.13	66.34	71.42	73.17	72.80	69.10	62.64	55.09	47.33	40.22	36.36
22.30	37.98	44.28	49.36	54.03	58.26	61.79	61.38	57.61	51.92	46.39	40.34	36.24	11.01
8.78	22.55	37.33	41.07	44.04	46.88	49.08	48.91	46.64	42.58	38.76	31.73	8.86	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ39 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 9 ชั้น

6.58	19.87	37.54	40.02	43.27	45.70	46.96	46.39	44.81	42.70	40.10	37.21	26.53	8.90
15.40	34.82	40.79	45.74	50.09	53.50	56.18	57.16	53.42	52.08	47.33	42.01	37.78	26.73
34.00	40.10	46.19	52.49	57.28	62.36	66.50	68.21	64.92	60.21	55.37	48.43	41.97	37.90
38.63	44.85	52.45	60.25	66.91	73.13	76.25	77.23	73.94	69.43	62.12	54.56	47.00	40.38
42.78	49.93	59.43	68.21	74.95	82.27	85.35	84.18	81.37	76.70	68.70	59.19	50.33	43.35
44.12	53.22	63.13	72.68	81.41	88.40	89.62	89.58	86.98	81.25	72.11	63.38	52.41	45.74
45.70	54.93	65.24	76.54	84.34	91.08	92.87	92.54	90.59	83.40	76.46	67.36	56.75	46.88
45.99	57.97	68.49	77.15	84.54	91.04	93.72	93.64	91.24	86.25	78.33	70.00	58.38	47.78
45.30	53.91	66.95	75.08	82.75	90.72	92.02	91.37	88.77	84.01	75.24	65.73	56.18	46.68
43.75	52.00	60.98	70.16	78.04	83.85	87.43	86.73	84.99	79.10	71.62	62.44	51.76	43.06
40.58	47.00	55.86	64.39	71.30	75.97	79.46	79.26	77.03	72.23	64.59	54.52	46.15	40.02
38.68	43.27	49.64	55.90	62.68	67.56	69.79	69.02	66.54	60.90	55.13	48.34	41.97	37.58
33.96	39.33	44.44	50.01	53.83	57.69	60.78	58.70	58.05	53.79	48.67	43.83	39.77	35.99
33.03	36.93	39.61	43.47	46.35	48.67	50.21	49.60	48.22	46.27	43.23	39.89	37.38	24.29

ตารางที่ ผ40 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 9 ชั้น

2.19	11.01	42.09	39.24	42.94	43.55	45.26	45.95	44.85	43.31	40.22	36.56	20.15	0.00
8.90	26.89	39.77	44.12	48.26	52.08	53.83	54.76	53.75	51.84	46.92	41.64	37.25	13.49
27.06	38.19	43.75	51.27	57.57	64.51	65.33	67.40	65.77	62.03	55.98	49.52	42.01	34.82
37.66	42.21	51.15	63.50	68.78	73.41	77.23	79.58	76.38	74.30	67.93	55.49	48.02	40.83
39.33	46.92	56.47	65.53	73.13	80.40	86.78	86.53	83.77	81.86	73.65	64.43	52.53	43.75
41.52	49.85	58.74	71.99	78.57	84.70	89.58	91.16	92.30	91.00	79.34	69.06	57.24	44.89
43.35	52.65	62.40	79.71	81.94	87.59	92.91	94.74	92.87	87.95	80.56	72.11	57.53	46.15
43.23	51.92	63.29	74.55	81.70	89.94	91.89	95.23	91.53	86.98	80.60	70.44	57.24	45.58
42.13	50.98	63.94	72.96	81.17	87.75	92.02	93.68	93.15	88.36	80.28	69.02	58.22	50.78
40.91	49.85	59.35	70.00	76.38	83.40	86.78	91.49	87.43	82.23	74.79	63.74	59.88	49.93
38.88	45.34	53.34	63.21	70.08	75.56	81.05	81.90	80.80	77.72	67.93	58.50	49.44	41.88
34.25	40.10	47.33	54.28	61.10	69.51	73.94	72.39	70.24	65.89	59.27	50.62	43.79	32.91
11.01	36.77	40.75	45.95	51.88	56.55	60.53	60.98	60.29	55.94	49.97	43.67	38.35	31.08
0.00	15.48	34.00	39.93	43.71	45.42	49.68	50.09	48.43	46.96	41.88	37.98	24.38	6.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ41 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 9 ชั้น

0.00	4.47	28.80	37.74	41.44	44.04	47.33	46.72	45.42	41.28	37.90	24.54	0.00	0.00
2.23	29.86	39.89	44.36	52.12	57.20	59.80	60.17	57.65	53.06	45.70	40.30	25.11	4.43
23.64	40.18	46.35	57.40	63.50	70.97	75.64	75.16	71.42	66.10	56.43	46.60	40.18	24.78
35.75	45.13	53.95	66.71	75.68	83.28	86.98	87.87	83.73	76.17	66.18	53.99	44.85	38.59
40.95	50.38	62.97	76.46	86.41	92.83	96.40	95.47	92.42	87.55	77.23	64.23	52.20	42.37
43.55	55.33	70.65	82.39	92.71	98.19	103.15	103.03	100.10	93.07	83.00	70.24	57.00	44.85
45.22	56.88	73.45	86.00	95.92	102.86	106.28	104.00	101.36	96.24	85.92	74.02	59.56	47.45
45.05	57.57	73.17	86.17	96.32	102.29	104.45	105.75	102.25	94.86	85.52	72.43	59.19	45.83
44.28	56.43	71.62	84.42	94.13	100.02	103.19	104.37	99.98	92.58	84.78	71.18	55.98	45.95
41.19	53.46	66.58	77.43	87.67	94.33	97.95	98.92	93.97	87.38	77.80	65.89	52.65	42.78
38.27	47.33	59.39	71.30	79.99	87.47	90.63	88.97	86.86	79.30	70.69	58.58	49.32	39.89
34.25	42.66	50.58	59.80	70.24	76.62	79.22	78.20	74.99	69.18	60.82	51.96	44.73	38.31
22.06	38.47	44.08	50.05	58.99	62.36	65.69	66.18	62.56	57.85	51.39	44.85	39.98	36.48
0.00	15.44	38.11	42.29	46.88	49.24	52.41	52.89	51.15	47.78	43.06	38.92	27.50	15.40

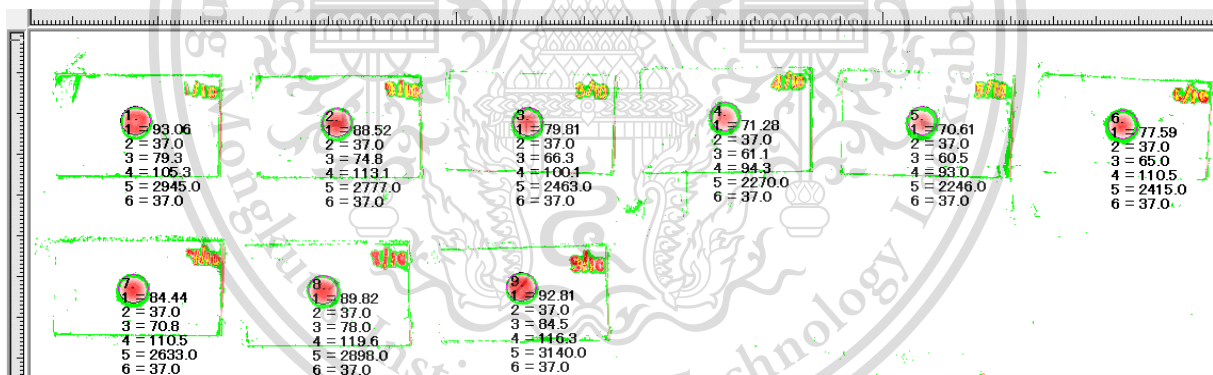
ตารางที่ ผ42 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 9 ชั้น

0.00	4.39	26.85	37.54	41.44	45.05	47.17	47.00	44.97	41.56	38.88	29.33	6.62	0.00
2.19	31.48	40.38	46.39	52.65	58.09	61.67	60.82	58.66	52.69	48.06	41.56	36.60	15.40
22.43	40.71	48.30	58.70	68.62	74.87	77.39	77.59	74.71	68.33	58.91	49.12	41.56	34.37
37.46	46.56	58.78	72.60	81.62	86.98	89.54	87.87	84.58	79.46	71.13	57.61	47.08	38.96
40.95	52.20	68.21	81.13	90.03	95.39	97.50	96.36	93.56	88.68	80.03	66.42	52.93	42.29
44.32	57.97	75.36	89.21	94.98	100.91	104.28	101.64	98.27	93.32	84.58	72.56	57.36	44.73
47.86	63.01	78.89	89.66	98.76	102.66	104.98	102.94	100.14	94.49	87.26	74.59	59.03	46.27
48.14	62.93	78.89	92.63	98.60	102.54	103.63	102.42	99.53	97.09	87.83	74.83	59.56	46.15
46.39	61.55	77.15	90.39	95.67	101.28	104.69	101.36	98.19	95.39	86.57	75.52	59.31	45.74
43.51	57.40	72.43	83.93	93.40	97.50	99.04	99.00	96.40	90.15	82.39	70.04	55.13	43.88
38.96	49.28	64.43	76.46	84.95	88.85	93.19	93.76	90.31	85.60	75.36	62.44	49.52	40.34
27.18	43.23	53.34	66.02	74.10	79.99	82.63	84.01	81.86	74.34	65.45	53.83	44.48	37.90
8.86	37.54	44.97	53.75	61.38	65.45	70.36	70.81	66.54	61.43	53.30	45.83	39.61	31.28
0.00	15.60	37.62	42.53	47.73	51.63	52.65	54.88	52.53	48.10	43.23	38.96	29.37	6.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ43 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 8 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 9 ชั้น

0.00	0.00	8.90	30.55	41.19	46.60	49.24	47.73	44.69	40.30	32.66	8.94	0.00	0.00
0.00	15.80	38.59	50.50	62.36	71.99	76.05	73.98	69.43	59.27	48.10	39.04	13.24	0.00
8.94	40.87	57.08	75.12	87.55	92.30	95.79	94.49	91.00	84.01	68.53	49.73	38.59	6.62
24.09	52.49	78.20	95.63	101.93	105.22	107.37	104.69	102.98	97.38	82.47	63.90	45.09	22.87
41.32	65.33	88.85	104.37	110.70	108.43	109.40	109.69	107.37	101.44	92.26	71.26	50.09	38.07
47.41	79.02	96.77	106.72	111.64	106.32	106.44	105.34	105.06	102.46	94.94	76.42	54.72	40.75
50.25	85.43	98.92	106.93	109.69	106.03	103.15	103.03	105.58	103.80	95.31	79.14	57.16	41.88
50.90	79.42	96.28	104.00	107.17	102.86	99.25	99.61	103.39	99.98	94.21	78.16	56.59	41.36
51.31	77.39	96.12	105.67	106.48	102.38	99.00	99.69	102.82	99.94	93.44	80.03	57.20	41.64
46.52	71.66	91.98	102.86	106.15	103.68	101.16	102.29	102.21	102.21	94.74	80.84	57.65	40.91
40.14	59.68	81.58	95.51	99.29	100.55	100.79	101.68	102.13	98.80	88.52	72.96	52.12	38.76
22.67	45.13	63.25	81.49	90.11	93.23	93.93	95.31	95.35	90.07	79.58	60.45	44.04	26.98
0.00	27.91	45.62	59.07	70.16	74.26	76.90	79.02	78.61	68.74	56.10	43.92	35.06	6.58
0.00	0.00	20.76	40.63	45.83	50.38	51.96	52.41	50.94	45.99	39.81	29.82	4.39	0.00



รูปที่ ผ12 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ44 ข้อมูลที่ได้จากการแสกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/10	Ellipse	37	79.3	99.0031	2945	37
2/10	Ellipse	37	74.8	107.6560	2777	37
3/10	Ellipse	37	66.3	96.8094	2463	37
4/10	Ellipse	37	61.1	90.7563	2270	37
5/10	Ellipse	37	60.5	88.0344	2246	37
6/10	Ellipse	37	65.0	101.6440	2415	37
7/10	Ellipse	37	70.8	106.8440	2633	37
8/10	Ellipse	37	78.0	112.4500	2898	37
9/10	Ellipse	37	84.5	112.4910	3140	37

ตารางที่ ผ45 ข้อมูลที่ได้จากการแสกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

0.00	0.00	27.50	42.21	49.81	54.88	56.71	56.63	53.83	48.38	42.21	21.33	4.39	0.00
2.19	23.32	47.45	59.31	69.83	76.94	77.39	77.19	76.17	71.05	61.10	48.06	33.19	2.19
11.29	44.00	63.46	77.92	85.84	89.62	90.07	88.03	89.21	86.82	80.48	67.40	46.11	20.56
32.18	53.10	75.24	88.89	92.14	94.49	94.25	95.67	97.54	95.88	92.18	80.52	58.38	39.16
40.02	62.28	82.35	93.48	95.79	91.45	90.96	92.46	96.77	98.96	99.00	89.05	68.25	44.04
42.29	64.51	84.95	90.63	92.02	87.22	84.42	87.99	92.46	98.52	98.15	89.62	71.26	48.18
43.35	65.89	82.92	89.94	89.66	84.91	84.01	87.75	91.77	96.97	96.24	89.33	71.91	48.55
44.44	67.28	84.34	91.49	90.88	87.59	86.37	88.73	90.92	94.45	92.06	85.31	66.67	47.53
45.26	68.74	86.78	94.45	97.26	91.33	91.85	91.73	92.10	96.20	88.60	77.31	61.63	43.23
43.14	66.79	86.90	96.04	95.83	93.72	94.17	97.09	93.84	92.71	83.28	69.92	51.68	36.12
33.23	59.19	78.73	91.12	95.88	97.99	96.24	96.85	93.48	87.63	75.68	60.41	43.63	22.79
15.76	45.91	65.57	79.91	89.70	92.83	94.41	94.01	87.10	78.08	64.43	48.14	37.74	2.19
0.00	30.55	48.10	62.16	73.21	79.50	81.58	80.03	74.83	61.99	49.81	40.46	17.75	0.00
0.00	6.58	32.30	42.09	50.94	56.96	58.66	59.23	51.92	44.48	38.19	15.68	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ46 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

0.00	8.82	31.69	40.67	46.03	50.86	52.08	50.78	47.73	44.12	40.54	27.46	6.62	0.00
2.19	31.81	41.52	50.09	58.26	64.88	68.09	67.56	63.62	57.65	49.60	42.21	27.42	2.19
13.24	40.58	49.89	61.63	70.85	78.69	80.07	79.71	78.04	70.40	62.36	53.50	40.54	15.72
33.19	46.72	60.49	74.43	82.39	88.73	90.63	90.39	86.98	82.92	73.57	61.59	47.00	35.02
41.36	53.99	68.13	80.97	92.95	96.81	98.72	98.80	96.61	91.41	81.41	68.09	50.74	40.10
44.57	56.88	73.49	86.13	95.96	99.17	102.05	104.16	102.66	95.92	85.31	72.11	54.44	43.27
47.00	60.86	77.51	90.76	97.58	102.66	106.64	107.66	103.80	97.26	86.65	74.34	57.36	43.96
45.26	61.71	79.95	92.95	99.86	104.73	106.36	104.85	103.92	96.53	87.83	73.04	56.75	43.06
44.53	59.96	75.52	89.62	97.70	102.94	105.38	104.33	101.28	94.09	81.94	67.28	54.68	42.21
42.17	56.43	72.60	88.20	94.86	100.10	102.78	100.99	94.78	87.34	74.43	62.52	49.32	39.33
39.33	51.88	66.06	82.02	89.33	95.39	98.43	95.35	88.44	80.84	67.07	54.32	43.39	32.05
30.67	45.74	57.04	70.16	79.67	83.65	86.49	83.16	77.39	67.36	58.42	46.31	38.31	17.59
11.17	39.69	47.53	57.89	65.08	71.13	73.13	69.51	64.23	55.62	47.73	39.41	26.77	0.00
0.00	15.97	39.57	48.83	51.23	55.70	57.69	55.13	50.70	45.18	39.33	22.14	0.00	0.00

ตารางที่ ผ47 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

0.00	2.19	11.01	30.18	39.69	42.53	44.89	45.91	44.69	41.56	38.35	24.90	4.39	0.00
0.00	13.33	37.38	41.76	47.98	52.65	56.10	57.24	54.88	51.35	45.95	40.71	31.85	4.39
6.58	35.38	43.63	49.44	57.85	63.58	67.44	68.74	66.14	62.64	54.88	48.43	39.85	28.93
20.31	40.42	49.12	57.69	67.52	74.67	78.00	78.89	76.13	71.87	64.72	55.49	44.97	38.11
34.86	45.34	54.80	65.77	76.01	83.65	87.59	87.67	85.80	81.90	73.37	62.73	51.03	42.09
39.20	49.24	60.98	71.78	82.43	89.50	93.32	93.52	91.98	88.08	76.98	65.89	55.21	44.65
41.68	51.96	66.02	77.39	86.94	92.75	95.79	95.55	94.29	89.98	79.50	68.45	56.47	45.38
42.78	52.69	66.63	76.86	86.94	91.81	96.81	94.78	93.64	88.73	79.30	67.93	56.10	45.54
41.11	51.35	63.74	76.09	85.52	90.55	93.72	93.88	90.68	87.14	78.53	66.30	54.28	44.08
39.98	47.61	60.57	71.70	82.23	88.56	90.39	89.17	86.94	80.36	70.69	61.95	52.00	42.09
39.53	46.56	55.21	65.81	74.02	81.53	84.66	82.10	78.33	72.80	64.27	55.01	46.52	39.45
32.18	44.57	49.93	58.58	65.57	73.17	73.37	73.13	68.70	64.03	55.98	48.34	41.80	36.93
13.24	37.38	43.14	50.50	56.43	61.47	63.33	62.73	57.89	53.34	47.45	41.48	38.11	24.38
0.00	22.06	37.05	41.36	46.56	50.21	51.72	49.40	47.53	44.20	39.93	37.09	17.71	2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ48 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

0.00	0.00	26.61	37.54	40.50	42.74	42.21	42.01	40.87	37.54	34.13	8.86	0.00	0.00
0.00	22.22	38.84	43.59	47.78	50.86	51.19	50.82	47.41	43.59	40.50	37.09	15.40	0.00
11.21	38.19	43.83	50.90	56.59	60.25	61.95	61.63	57.53	51.92	47.08	41.07	32.09	8.78
34.29	41.88	51.07	57.81	65.24	70.81	73.17	72.31	67.44	61.10	54.40	46.72	39.53	33.72
39.12	47.57	57.24	66.58	75.16	79.34	80.60	79.63	76.66	69.10	60.45	51.39	43.96	37.54
40.67	49.85	61.06	72.88	79.91	83.44	87.63	84.42	81.82	74.06	65.93	55.41	46.88	39.16
43.23	53.38	64.80	76.90	84.50	87.59	90.76	89.05	84.01	78.49	67.88	58.01	48.43	39.85
44.12	54.44	65.93	76.33	85.07	88.52	89.13	89.54	84.09	77.03	69.63	59.03	50.21	40.63
43.06	53.58	63.42	75.03	82.18	85.68	86.37	85.88	83.36	75.73	66.46	56.31	48.26	39.24
41.80	51.31	60.13	70.36	77.92	81.70	83.69	81.37	78.37	71.83	62.48	53.46	45.22	35.75
40.34	46.11	55.66	63.46	70.89	74.83	76.17	75.81	71.30	64.59	57.00	48.71	41.36	29.74
34.29	41.52	49.32	56.63	61.87	64.72	65.73	65.37	60.78	54.60	49.73	43.55	37.74	17.83
15.44	37.38	43.06	48.59	51.88	55.53	55.25	55.01	52.00	47.25	42.66	37.94	22.30	0.00
2.19	26.81	37.58	41.11	44.24	45.46	46.23	45.58	42.98	40.87	37.50	22.14	2.19	0.00

ตารางที่ ผ49 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

0.00	0.00	2.19	29.25	37.33	39.00	41.23	40.91	39.65	38.96	37.42	22.51	8.78	0.00
0.00	4.39	29.05	39.20	44.12	47.94	49.44	49.77	48.63	46.68	43.96	39.73	29.66	10.97
0.00	26.65	39.33	46.68	51.51	55.78	59.52	60.08	58.13	55.45	50.17	45.54	39.61	31.12
2.23	35.34	44.24	52.98	59.15	64.59	68.45	69.79	69.63	64.19	56.55	50.74	43.14	37.62
24.46	41.07	50.25	59.31	67.03	72.52	77.63	78.61	76.78	72.07	65.69	56.92	49.16	41.23
37.74	45.38	54.19	63.58	72.80	77.15	82.92	82.06	83.12	78.08	69.51	60.98	51.96	42.58
38.19	47.41	56.23	67.23	75.93	80.40	85.72	84.58	83.81	79.87	73.94	63.82	53.42	45.22
39.00	47.25	57.77	68.90	77.63	83.32	85.68	88.03	86.94	83.61	74.59	63.90	54.11	45.74
38.51	47.33	56.02	66.42	76.25	81.53	83.89	85.31	83.93	79.54	73.90	63.29	53.79	43.79
38.19	49.56	53.22	61.95	71.78	77.31	80.72	80.15	79.75	76.33	70.53	60.53	50.25	42.66
38.92	42.78	49.12	57.57	65.00	71.54	74.71	75.24	73.61	68.74	61.30	55.29	46.03	39.45
22.47	39.33	44.73	51.31	56.55	61.51	65.98	65.49	63.66	60.13	55.05	47.17	41.64	37.17
11.01	35.95	40.30	44.97	50.70	53.63	55.62	54.97	54.80	51.43	48.63	43.47	38.23	26.69
0.00	19.87	37.13	40.10	43.83	48.51	47.41	47.00	45.70	44.16	41.32	39.04	36.08	4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ50 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

0.00	13.20	26.81	36.68	38.23	40.91	42.74	44.04	42.62	39.98	37.29	13.49	2.19	0.00
4.39	22.59	38.47	42.13	46.48	50.42	52.12	51.39	50.58	47.08	41.88	35.18	17.88	0.00
19.87	38.07	42.33	51.27	57.08	61.38	63.82	63.17	62.48	56.83	50.66	42.62	37.86	11.01
37.01	42.53	49.77	58.91	64.84	72.31	75.08	76.50	72.52	67.19	58.38	48.51	42.78	31.93
40.54	47.13	55.05	65.61	80.28	81.70	84.74	84.54	80.40	72.92	63.46	53.87	46.39	38.31
43.35	51.68	59.43	71.95	81.86	87.87	92.58	91.69	86.00	78.61	69.75	58.42	48.95	40.83
45.50	53.91	64.59	76.66	86.78	93.60	95.79	94.90	90.72	83.77	74.43	62.24	51.27	44.97
46.03	55.05	69.14	82.18	86.94	98.96	101.64	96.77	94.62	86.65	77.88	63.82	52.57	43.27
43.63	53.91	66.18	77.31	86.04	97.87	100.38	94.94	91.81	85.68	75.68	60.45	50.86	42.74
43.35	53.54	62.52	74.14	80.88	88.52	93.60	89.70	87.06	80.52	71.18	57.16	48.22	40.26
40.42	49.89	56.43	66.50	73.53	84.09	83.28	80.60	76.98	72.92	62.97	50.94	41.68	36.77
39.08	44.24	51.27	58.01	64.31	69.18	71.30	70.65	66.79	61.67	54.88	45.38	38.92	29.53
36.56	40.18	45.50	50.62	54.36	58.38	58.54	61.10	56.83	54.56	47.21	40.83	34.17	8.82
32.74	38.68	39.85	43.47	47.17	49.68	49.97	50.54	50.74	45.05	40.58	37.58	22.02	0.00

ตารางที่ ผ51 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

0.00	2.19	24.33	35.71	40.83	43.75	44.89	44.36	44.65	41.93	37.98	33.60	4.39	0.00
6.58	29.86	39.53	45.62	52.20	56.43	57.69	56.27	55.41	50.62	45.13	40.06	34.49	0.00
20.07	39.53	47.21	52.00	63.05	69.47	72.11	70.85	68.66	64.92	55.90	48.02	40.14	26.73
37.98	45.58	53.50	62.85	74.10	81.53	86.49	86.29	81.17	75.97	67.52	56.14	46.03	37.94
39.37	49.81	61.30	75.68	83.40	93.23	95.79	94.62	91.04	84.83	74.91	64.55	50.98	41.60
42.98	54.88	67.72	82.27	91.57	99.04	102.78	101.48	97.05	94.94	80.97	69.39	57.40	44.77
45.99	59.27	73.45	88.03	96.53	106.84	105.54	104.77	100.99	95.59	85.64	72.23	57.32	46.56
46.23	57.69	72.60	85.92	95.23	101.16	103.80	103.80	101.03	93.60	84.58	72.27	57.69	45.62
45.62	57.00	69.67	83.20	92.02	97.66	103.72	102.13	99.08	91.65	82.27	70.81	56.10	45.13
43.39	54.52	65.98	77.88	87.55	94.09	97.99	95.47	90.96	86.78	77.03	65.93	52.73	43.06
41.68	50.29	59.60	71.13	80.19	85.76	89.05	88.32	84.18	78.16	68.62	58.30	48.10	39.33
39.57	45.01	52.53	60.49	68.29	73.17	76.58	76.98	76.42	68.66	59.35	50.25	42.05	36.85
27.18	39.81	43.39	50.25	57.73	60.98	63.62	65.37	62.08	56.71	50.17	43.06	37.17	17.75
0.00	22.18	37.29	40.67	46.43	49.24	50.01	51.92	50.33	46.27	42.25	37.66	17.59	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

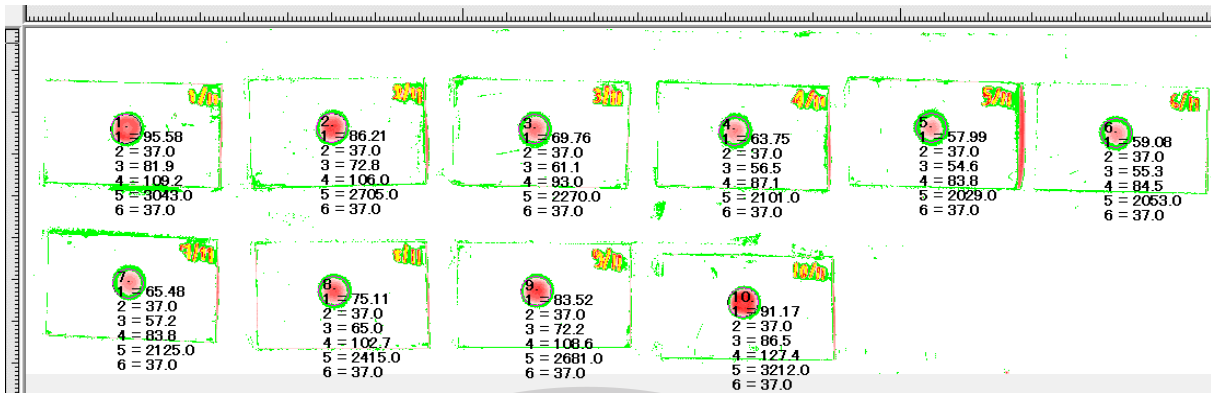
ตารางที่ ผ52 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 8 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

0.00	0.00	22.34	36.03	41.44	45.99	47.90	48.75	46.15	41.84	38.76	24.66	4.39	0.00
2.19	22.51	39.89	47.90	54.64	60.25	63.54	63.54	59.84	53.95	48.34	40.50	29.41	0.00
22.79	40.18	50.13	61.18	71.70	78.16	82.43	81.45	77.11	70.53	59.92	48.87	40.46	24.62
38.63	48.06	60.82	73.00	85.80	92.83	93.23	95.59	92.06	86.61	73.94	59.52	46.64	38.11
42.82	55.66	72.35	85.15	96.77	102.25	103.80	104.00	100.83	94.66	84.30	69.92	51.72	40.99
46.39	61.95	79.26	94.21	104.69	108.59	109.20	111.64	107.94	100.34	91.00	76.78	59.39	45.30
48.59	65.93	84.09	98.64	106.52	109.93	112.45	110.26	108.75	102.46	94.90	79.79	60.94	47.21
48.55	65.24	84.87	97.46	106.76	109.53	111.56	110.09	107.66	102.82	93.84	77.80	62.97	47.33
46.80	64.72	83.04	95.35	102.46	106.56	109.32	106.60	105.83	99.94	91.57	78.20	60.33	45.83
43.92	57.61	76.74	90.55	97.95	101.97	102.86	104.73	100.38	96.97	88.36	73.04	57.97	44.28
32.83	49.56	66.87	81.94	90.15	94.37	97.05	97.70	95.92	90.51	79.54	65.81	51.63	41.56
13.61	41.64	55.29	68.82	79.42	84.54	86.82	86.69	84.58	79.10	69.27	55.62	45.22	37.42
2.19	29.90	44.61	55.05	64.07	67.84	72.19	70.44	68.82	64.19	56.51	47.33	39.16	20.03
0.00	6.62	32.66	42.58	48.79	52.45	55.25	53.83	53.75	50.86	47.04	40.46	24.98	4.39

ตารางที่ ผ53 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 9 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 10 ชั้น

0.00	0.00	11.38	38.43	44.93	50.29	53.83	53.30	51.31	46.80	40.14	27.38	2.19	0.00
0.00	18.04	42.13	53.87	66.87	76.38	82.35	82.39	78.65	70.00	57.40	44.65	32.66	2.19
4.43	38.15	56.27	75.20	91.00	98.60	102.70	102.17	100.38	92.67	80.64	60.45	43.71	22.75
28.48	50.25	74.30	93.44	106.40	111.03	111.39	109.69	111.88	106.36	96.20	76.33	53.63	39.33
40.54	60.90	88.56	103.96	111.76	110.74	109.61	109.08	112.49	110.26	102.29	85.72	60.82	43.14
42.49	67.40	93.52	105.83	109.93	107.58	105.46	105.99	109.04	107.70	101.40	89.42	67.11	46.52
44.69	72.80	94.58	105.87	108.43	104.33	99.78	100.99	103.47	103.07	99.69	90.76	69.75	48.79
45.09	72.39	95.92	103.80	106.56	101.97	96.40	99.37	101.52	100.83	97.38	87.63	70.08	49.20
42.17	67.88	93.11	101.56	104.45	101.85	97.50	98.11	100.59	100.51	95.39	88.60	69.75	49.73
35.75	61.75	85.76	99.90	105.26	102.66	100.95	99.37	101.85	103.23	99.78	90.63	68.78	47.33
25.51	53.14	73.73	91.93	98.64	98.96	99.94	100.10	102.21	100.47	96.28	83.24	62.12	44.85
6.74	40.18	56.35	73.17	85.31	89.21	92.14	92.79	93.97	90.88	82.35	67.07	49.28	35.51
0.00	11.17	41.11	52.24	62.40	69.31	72.56	75.40	75.03	67.28	58.78	48.75	38.80	11.17
0.00	0.00	11.05	38.35	45.09	48.47	50.01	49.93	49.28	44.81	40.38	32.50	4.39	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑๑๓ ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

ตารางที่ ๑๑๔ ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/11	Ellipse	37	81.9	105.9500	3043	37
2/11	Ellipse	37	72.8	103.4719	2705	37
3/11	Ellipse	37	61.1	89.5375	2270	37
4/11	Ellipse	37	56.5	81.9000	2101	37
5/11	Ellipse	37	54.6	79.5031	2029	37
6/11	Ellipse	37	55.3	80.3156	2053	37
7/11	Ellipse	37	57.2	81.3313	2125	37
8/11	Ellipse	37	65.0	98.5563	2415	37
9/11	Ellipse	37	72.2	105.3813	2681	37
10/11	Ellipse	37	86.5	116.8781	3212	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ55 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

0.00	0.00	23.93	39.89	47.29	54.23	57.04	57.04	53.63	49.89	44.93	35.43	11.05	0.00
8.78	24.98	45.26	58.01	69.92	76.50	80.03	78.33	75.36	71.83	62.93	49.32	38.84	6.70
6.74	42.94	62.28	77.39	86.98	90.76	90.72	91.28	89.38	88.03	82.59	67.40	50.29	27.75
26.20	53.06	76.86	89.74	96.16	95.27	93.36	91.98	93.56	94.82	91.53	81.13	60.29	40.79
39.81	60.82	82.59	94.70	96.44	91.28	88.89	88.77	92.63	96.20	97.83	90.88	69.79	46.31
42.78	66.06	86.98	96.00	94.37	86.37	81.82	83.40	88.60	95.31	96.61	92.99	75.97	52.57
44.32	67.68	84.99	96.69	93.19	84.42	80.72	81.17	85.60	93.07	95.79	92.75	77.88	53.54
46.48	70.81	88.73	96.04	93.88	86.82	81.45	82.92	87.51	94.58	95.71	91.28	77.03	52.98
45.87	71.66	92.34	101.56	97.30	91.69	87.55	85.88	89.17	92.18	92.18	86.17	68.66	48.87
45.30	70.36	94.66	105.95	102.62	97.01	93.19	92.67	93.60	93.88	87.43	77.68	60.69	43.83
40.67	62.60	88.48	103.11	105.14	103.27	98.07	98.52	96.32	92.10	82.27	67.36	50.50	38.59
37.74	50.33	71.78	91.65	101.03	102.13	99.04	99.25	93.80	85.52	71.22	55.62	42.13	22.59
22.26	38.96	50.54	68.49	82.96	89.05	89.74	88.24	81.78	71.38	57.53	44.48	25.72	2.19
0.00	13.24	38.15	46.80	56.96	64.84	66.83	65.73	60.37	51.55	43.63	36.81	6.70	0.00

ตารางที่ ผ56 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

0.00	6.58	26.89	37.42	43.96	48.38	50.66	51.27	47.90	46.39	41.28	38.27	0.00	0.00
2.19	29.86	41.32	49.68	57.16	61.34	63.70	65.08	62.48	58.42	50.09	42.82	31.93	2.19
17.88	40.46	49.73	61.87	69.59	73.08	75.89	77.03	75.44	71.54	61.83	48.99	39.73	15.68
37.29	46.11	57.65	70.53	79.30	84.09	89.05	88.56	88.36	82.79	71.70	56.71	44.08	31.65
39.57	50.09	65.28	78.20	86.45	92.10	96.40	96.53	95.47	89.13	81.41	65.33	50.01	39.00
41.72	54.68	71.58	84.58	94.33	98.48	99.65	101.12	99.78	93.88	84.74	70.65	52.20	41.28
44.89	58.66	75.52	90.23	96.53	100.55	101.56	103.47	100.75	97.26	87.79	72.19	56.18	42.58
44.61	59.31	76.17	90.27	98.64	102.17	99.45	101.20	97.42	94.49	84.54	69.67	54.60	42.62
44.24	58.91	74.34	88.48	96.69	100.47	101.12	100.06	97.78	92.63	80.15	65.98	51.63	40.58
42.70	55.21	70.36	82.14	93.15	96.00	97.74	98.96	94.70	87.22	74.02	59.68	47.49	38.31
39.93	50.66	64.31	78.00	87.10	94.74	93.60	91.85	87.75	77.80	66.87	53.46	43.14	36.36
38.39	46.64	56.18	65.77	76.66	81.37	82.67	80.48	79.34	67.72	57.48	46.19	38.84	15.40
18.44	40.79	47.49	54.52	61.51	66.87	67.97	67.64	63.66	56.14	47.57	39.77	26.98	2.19
2.19	26.61	38.47	43.88	47.86	51.96	53.14	52.73	49.40	45.26	40.26	24.86	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ57 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

0.00	0.00	19.87	34.21	39.16	42.21	43.39	42.74	44.24	40.22	34.90	13.28	0.00	0.00
0.00	17.63	37.70	41.76	46.60	50.58	52.73	52.85	51.27	46.56	43.23	37.82	20.11	2.19
19.78	37.09	43.14	48.95	54.28	61.18	62.08	61.26	59.48	55.37	48.99	42.98	36.60	13.24
26.73	40.14	47.00	56.47	63.46	70.89	70.85	71.05	67.84	61.87	56.35	47.65	40.54	27.02
35.02	44.12	53.14	63.38	72.23	76.90	80.36	80.03	76.74	70.85	62.52	52.81	43.14	36.56
39.28	48.22	58.38	69.67	78.12	84.18	87.38	86.65	82.88	75.52	67.23	55.09	46.23	39.00
41.32	50.62	62.40	72.80	82.51	87.99	89.54	88.32	82.75	79.22	68.45	57.81	47.53	39.41
41.76	52.08	61.87	73.21	82.18	87.95	89.46	88.40	84.78	78.69	68.29	57.53	47.90	39.65
42.01	51.15	61.59	73.00	81.05	86.53	88.64	86.61	84.54	77.43	68.01	55.62	46.11	38.92
40.79	48.91	57.93	67.52	75.12	80.28	83.36	81.90	76.94	70.20	62.28	51.27	43.18	37.66
37.86	44.48	52.00	61.95	69.79	74.34	76.54	75.28	70.20	63.66	56.55	48.59	40.95	33.88
37.25	42.13	49.16	55.94	63.90	65.28	67.48	66.79	62.85	56.10	50.25	43.59	38.72	19.91
20.27	37.90	41.84	48.06	52.73	54.03	56.63	56.39	53.71	48.83	43.79	39.57	33.84	8.78
4.39	36.03	38.59	41.19	44.48	46.52	48.51	47.57	46.11	43.06	39.61	36.85	24.17	0.00

ตารางที่ ผ58 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

0.00	4.55	4.39	31.53	37.98	40.79	42.09	42.41	43.14	40.91	39.16	36.68	22.02	0.00
0.00	4.39	31.93	39.20	43.23	47.04	49.16	51.03	48.47	45.83	43.75	39.53	36.93	13.20
6.62	24.46	38.27	43.88	50.38	53.18	57.65	57.73	55.66	53.06	48.83	43.39	38.80	26.77
13.20	37.29	42.13	49.44	57.00	62.16	66.14	67.36	64.59	60.90	56.31	53.71	42.37	37.54
25.19	40.71	46.80	54.88	63.42	69.51	72.96	73.00	72.80	68.90	61.95	54.19	46.48	39.98
31.89	41.84	51.35	60.04	68.62	74.43	76.58	78.33	77.07	73.29	66.14	57.12	49.36	42.25
37.94	43.51	52.77	63.01	71.58	76.01	79.06	81.62	81.21	75.77	68.74	58.74	51.23	43.10
37.70	44.28	54.23	63.70	73.78	77.55	81.25	81.90	79.83	74.99	69.47	59.76	50.13	42.78
38.11	44.48	52.73	60.90	72.76	76.21	79.22	79.67	76.50	71.54	63.70	57.12	48.47	41.88
37.46	42.25	50.54	58.46	68.49	74.63	74.26	75.93	71.50	66.83	60.78	54.48	47.17	40.22
33.60	39.89	46.43	53.58	59.80	66.83	69.06	68.78	65.24	60.29	56.02	50.58	43.96	37.70
17.59	36.93	42.13	48.06	52.85	56.88	65.53	61.06	58.38	54.68	50.25	45.22	40.18	36.40
4.39	31.85	38.51	42.53	46.03	48.99	53.91	54.11	51.31	48.38	44.20	40.58	37.46	29.17
0.00	6.58	27.06	38.31	39.69	41.93	43.79	44.93	43.83	41.56	38.84	36.48	20.03	11.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ59 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

0.00	19.95	37.05	38.47	39.08	40.79	42.62	44.28	42.86	40.42	37.78	35.79	13.16	0.00
13.20	36.44	38.55	41.23	43.55	46.11	48.47	50.17	48.34	44.32	42.58	38.92	34.17	2.19
24.33	37.86	42.33	44.97	48.83	53.22	55.29	55.98	55.13	52.24	46.11	42.05	37.17	15.48
36.32	39.49	44.93	51.15	55.62	58.78	62.03	64.07	60.53	56.75	51.59	46.15	40.02	33.96
37.78	42.13	49.44	57.48	62.81	68.53	70.48	69.59	70.04	61.87	55.49	49.73	43.14	37.50
39.16	44.16	52.04	60.33	66.71	71.74	75.56	75.08	72.84	67.93	60.98	51.19	44.57	38.55
40.38	45.46	53.46	62.81	70.93	74.55	77.68	78.28	75.52	70.08	61.87	53.50	45.62	40.14
40.18	45.46	53.75	61.51	70.44	75.56	79.50	78.85	76.54	70.65	61.91	53.18	46.64	39.85
39.69	45.26	53.22	60.00	68.41	73.86	75.16	76.42	73.29	68.17	60.13	51.84	45.78	39.04
37.66	42.13	50.17	57.20	64.31	67.97	71.05	70.24	68.58	62.48	55.58	49.81	43.18	37.98
34.00	40.22	46.11	52.00	58.99	61.10	64.96	64.23	61.75	56.02	51.96	46.60	40.14	36.89
13.24	37.46	41.93	47.13	53.26	54.76	57.36	56.47	54.88	51.27	46.84	41.52	37.94	33.35
2.19	20.03	37.50	40.54	43.55	47.04	50.09	48.47	47.00	44.48	41.72	37.94	24.58	4.39
0.00	4.39	22.18	37.82	39.89	42.17	44.12	42.29	41.56	39.12	37.98	36.12	6.58	0.00

ตารางที่ ผ60 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

0.00	2.19	24.21	36.56	38.39	38.92	40.14	40.50	38.96	37.66	33.84	22.10	2.19	0.00
2.19	19.95	34.98	40.83	44.00	45.87	46.27	47.49	44.28	42.09	39.24	31.20	2.19	0.00
17.67	37.86	41.48	45.91	49.93	52.73	54.48	53.46	52.24	48.30	43.43	38.80	31.20	0.00
34.53	41.03	46.43	50.94	56.27	59.92	62.93	61.34	59.96	55.82	49.60	43.83	35.95	20.15
38.76	45.01	50.58	56.63	64.63	67.23	73.37	70.24	66.99	59.64	53.75	48.22	41.32	36.97
40.26	48.59	53.83	63.58	67.76	73.69	75.24	74.26	71.09	64.84	59.72	50.82	43.55	38.72
41.88	48.38	55.37	65.45	72.23	76.54	77.76	76.70	75.77	69.43	62.24	52.65	45.50	39.45
41.80	50.62	56.75	66.38	72.27	76.38	80.32	78.41	74.71	70.44	60.37	53.02	45.22	38.63
41.23	47.82	55.62	64.39	70.89	76.50	78.04	75.77	72.68	69.51	61.06	52.49	44.73	39.00
39.89	45.62	53.10	59.96	67.32	72.39	73.25	72.39	69.88	65.04	56.63	48.79	42.45	37.29
36.77	41.56	47.65	54.64	60.45	67.76	72.60	65.93	63.21	58.18	51.80	46.76	40.22	29.37
29.29	38.76	45.13	49.52	53.46	60.78	62.77	59.43	56.59	52.93	47.00	42.45	38.23	24.25
8.90	31.61	39.61	44.08	47.13	49.73	51.76	50.29	48.51	45.46	41.32	35.63	15.48	0.00
0.00	6.58	31.73	38.39	40.99	43.18	43.55	42.86	41.76	38.96	37.09	26.57	2.19	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ61 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

0.00	6.58	31.16	37.70	40.02	41.52	43.14	44.24	43.83	40.79	38.96	34.98	17.92	4.39
6.62	29.17	38.27	42.13	45.99	48.75	50.62	51.92	51.43	48.55	46.19	40.30	34.86	17.63
26.57	38.07	42.82	47.65	53.54	56.63	58.91	59.31	59.43	55.74	50.82	44.20	39.53	27.18
34.45	40.79	47.04	53.83	59.96	64.07	67.93	68.05	67.80	63.33	57.65	50.29	42.90	38.19
38.59	44.08	51.43	59.03	66.30	71.87	75.73	74.75	72.27	69.14	62.97	54.36	46.52	40.34
39.61	46.27	54.28	62.60	69.23	75.16	78.24	78.45	77.59	73.78	66.75	57.28	49.08	41.15
39.04	46.52	57.12	64.59	71.54	77.51	80.40	79.83	80.80	73.90	67.80	58.91	48.30	40.42
39.77	46.15	54.64	65.77	72.07	76.82	80.76	81.33	80.48	74.99	68.78	58.42	48.51	39.89
38.55	46.03	54.84	63.62	69.79	75.24	77.31	78.98	77.31	73.00	66.22	56.67	48.26	40.10
34.57	43.02	49.93	58.62	66.06	71.30	74.10	75.97	72.64	68.37	60.53	52.73	45.01	38.43
17.75	40.30	46.03	54.56	59.68	64.19	68.21	69.14	65.08	61.91	56.18	49.36	42.45	36.89
4.39	34.08	40.99	48.06	52.77	56.79	59.48	61.47	58.26	54.48	49.97	43.23	38.35	20.31
0.00	6.62	37.05	41.19	45.46	48.43	51.63	51.51	49.48	46.48	42.94	39.04	22.30	0.00
0.00	0.00	19.74	37.82	40.54	44.20	43.02	42.82	41.64	41.07	38.31	31.81	6.58	0.00

ตารางที่ ผ62 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 8 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

0.00	17.59	36.64	39.53	42.90	45.91	46.88	45.50	42.62	40.95	37.38	31.12	4.39	0.00
15.40	37.50	41.80	46.96	52.16	55.41	57.04	54.72	51.84	47.49	42.58	38.31	26.65	6.58
31.24	41.19	47.08	55.86	62.93	66.99	68.33	67.23	62.85	56.88	49.40	43.14	37.33	19.78
38.11	45.42	55.41	64.72	74.14	78.24	80.28	77.88	74.75	67.88	56.92	47.61	40.14	26.98
40.54	49.77	61.83	73.00	82.71	88.08	88.85	87.47	82.67	75.28	63.94	53.10	43.71	37.09
43.10	54.72	67.36	77.03	87.75	92.06	94.62	93.28	87.91	80.84	70.53	57.61	46.80	38.72
45.54	57.93	70.44	80.11	89.38	94.25	96.85	96.00	90.63	84.22	73.00	58.95	47.08	39.33
46.56	59.35	72.56	82.06	90.39	94.21	97.34	98.56	91.28	84.66	72.07	60.73	49.68	39.93
44.36	55.94	68.53	78.61	87.71	92.83	92.18	92.50	89.29	81.94	72.31	58.62	46.88	39.16
43.27	51.84	64.23	73.13	83.24	87.38	89.50	86.17	83.12	76.50	67.15	54.84	44.32	37.58
39.45	46.88	56.71	67.07	74.34	78.65	80.84	79.38	75.52	68.74	58.91	49.56	41.44	33.76
22.95	40.83	48.71	57.04	63.78	67.32	69.51	67.11	66.46	58.74	49.93	43.83	35.51	15.44
6.58	34.41	42.58	47.65	50.62	54.52	55.33	57.24	54.97	49.03	43.43	38.43	24.33	0.00
0.00	17.59	36.40	39.61	43.02	44.89	47.21	46.92	44.08	40.71	37.70	29.05	2.19	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

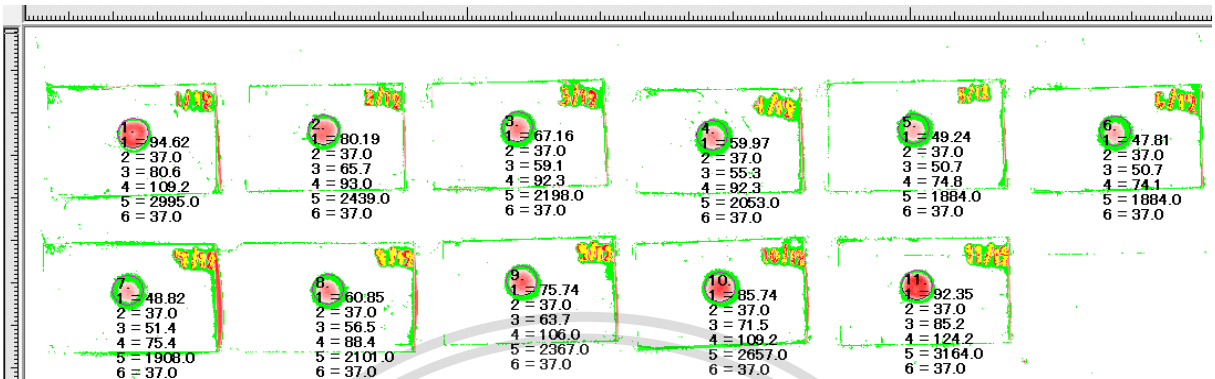
ตารางที่ ผ63 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 9 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

0.00	0.00	4.47	30.35	43.18	49.52	52.65	52.53	50.38	46.39	41.19	27.34	4.39	0.00
0.00	4.39	35.87	49.73	65.77	74.99	80.76	82.47	78.69	72.07	55.90	44.44	32.78	4.39
0.00	28.64	51.35	74.22	91.20	100.10	101.81	102.90	101.89	95.79	79.18	58.42	42.70	24.66
9.02	46.11	72.88	95.55	107.66	110.70	110.95	110.18	111.35	108.83	98.27	76.17	53.30	36.56
24.38	56.55	88.81	105.63	113.02	112.17	112.69	111.19	116.88	111.23	105.95	87.75	61.79	41.48
35.55	67.68	95.67	108.39	112.37	110.62	107.74	109.12	109.93	114.56	106.03	94.17	65.12	44.32
43.39	74.87	98.84	107.86	109.81	107.21	103.63	104.08	108.14	111.07	106.03	94.41	67.80	46.19
46.03	77.96	99.41	108.23	108.71	103.84	100.02	102.25	107.25	108.43	104.08	90.19	69.39	48.63
45.38	74.02	100.38	109.28	109.73	106.23	103.43	104.45	106.68	106.07	101.52	90.07	69.71	48.30
43.18	66.99	93.84	107.09	109.89	109.00	106.19	107.74	108.39	109.12	103.88	90.84	66.30	45.62
36.20	55.58	78.98	96.20	104.41	103.80	104.28	104.12	105.95	105.99	99.33	83.04	58.50	41.19
20.31	43.55	59.19	74.71	85.92	90.23	93.97	96.24	96.97	95.47	85.43	65.04	46.23	32.26
2.19	25.92	42.78	51.59	61.26	65.98	70.93	73.25	72.39	67.97	57.20	45.99	38.39	13.20
0.00	0.00	13.45	35.47	42.25	45.34	48.71	48.26	48.06	44.93	40.91	32.13	4.43	0.00

ตารางที่ ผ64 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 10 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 11 ชั้น

0.00	0.00	24.74	38.63	41.23	43.75	44.89	44.40	42.53	39.04	37.21	19.91	2.19	0.00
2.19	22.51	39.16	47.00	51.59	56.79	58.83	56.43	54.28	48.06	42.25	37.54	22.14	0.00
13.24	39.04	46.84	57.00	65.77	71.95	74.67	73.90	69.43	61.18	53.10	43.92	37.78	13.16
30.06	44.57	57.44	69.79	79.54	85.92	88.77	87.02	84.30	77.96	64.15	52.85	42.82	31.77
40.99	51.72	68.78	81.13	91.12	94.49	96.24	96.73	93.48	85.92	75.73	60.65	47.13	37.86
44.73	58.18	75.16	86.57	94.62	98.96	100.10	101.32	96.81	90.51	80.03	65.65	51.27	39.65
45.62	62.73	80.07	90.76	97.99	100.75	104.00	103.84	101.20	93.15	84.83	71.62	54.48	41.44
46.64	63.21	82.88	92.26	99.69	101.20	105.38	102.94	101.24	95.39	85.07	72.27	55.13	41.15
45.95	62.56	80.80	91.93	96.32	100.10	101.52	103.15	99.17	93.80	83.73	68.94	53.54	40.67
44.40	58.50	73.82	87.06	92.54	96.44	97.22	97.78	95.51	88.68	77.84	65.89	51.39	39.08
42.41	53.14	65.69	78.49	86.37	90.23	91.93	91.61	87.38	81.66	72.68	58.66	46.31	35.26
36.81	44.69	56.92	66.79	73.49	79.18	81.13	80.88	78.77	71.01	61.26	50.74	42.37	15.76
6.62	38.55	45.34	54.11	60.73	65.16	67.28	65.85	62.40	57.04	48.75	41.93	29.78	0.00
0.00	15.40	32.66	42.70	46.72	49.68	50.86	50.98	49.73	45.13	40.30	27.34	4.39	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑๑๑๑ ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน ๑๑๑๑ ชั้น

ตารางที่ ๑๑๑๑ ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน ๑๑๑๑ ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/12	Ellipse	37	80.6	105.7875	2995	37
2/12	Ellipse	37	65.7	90.0250	2439	37
2/12	Ellipse	37	59.1	86.1656	2198	37
4/12	Ellipse	37	55.3	82.0219	2053	37
5/12	Ellipse	37	50.7	70.4438	1884	37
6/12	Ellipse	37	50.7	72.3938	1884	37
7/12	Ellipse	37	51.4	72.0688	1908	37
8/12	Ellipse	37	56.5	84.7031	2101	37
9/12	Ellipse	37	63.7	95.1475	2367	37
10/12	Ellipse	37	71.5	102.0094	2657	37
11/12	Ellipse	37	85.2	112.6125	3164	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ66 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

0.00	2.19	29.74	41.11	48.63	53.95	55.53	55.74	53.18	49.81	42.94	35.34	17.67	0.00
0.00	25.68	44.73	57.81	71.01	75.60	77.15	77.43	76.42	70.00	59.31	48.10	36.24	11.25
25.15	44.65	61.59	79.46	87.91	90.92	92.34	89.50	90.15	87.71	80.48	64.72	47.17	34.33
34.29	56.47	79.83	92.67	94.98	94.01	93.15	94.37	93.97	97.83	94.82	80.88	57.08	40.67
41.15	64.39	87.99	95.35	94.09	91.28	86.90	89.33	93.11	98.23	99.45	87.47	65.61	44.69
44.89	70.36	89.21	94.78	90.96	86.17	80.40	82.43	87.51	95.18	101.81	91.28	71.09	48.30
46.23	71.58	90.96	95.06	89.62	82.92	76.86	78.41	85.43	92.46	95.43	88.48	71.54	49.56
46.88	72.56	88.93	95.83	93.23	85.64	80.88	80.97	85.64	93.15	93.32	84.70	68.41	48.30
47.13	74.02	93.60	98.88	94.98	89.50	85.35	84.87	89.29	89.70	89.33	80.88	62.24	44.53
43.51	71.83	96.28	104.12	102.09	94.41	92.22	91.69	93.60	92.30	85.84	72.72	54.19	39.69
34.57	62.16	88.89	102.46	105.79	102.42	100.10	98.27	96.40	89.94	77.72	62.12	46.84	32.62
15.93	48.47	73.33	90.11	100.71	102.17	101.36	99.41	92.71	81.09	67.48	51.07	39.37	20.11
11.70	33.96	51.92	70.24	83.12	89.33	90.39	88.32	81.58	68.41	54.15	42.25	33.68	0.00
11.33	2.23	29.37	46.19	55.37	62.89	66.02	65.93	59.31	49.68	40.87	33.84	2.19	0.00

ตารางที่ ผ67 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

0.00	0.00	23.24	40.18	44.65	47.25	49.40	48.43	47.37	44.77	40.79	37.98	22.59	0.00
0.00	24.62	40.71	47.61	53.91	59.31	62.03	60.78	61.47	56.06	50.50	45.05	38.43	17.71
11.01	38.43	47.57	57.08	64.88	71.18	73.08	72.23	72.39	67.28	60.73	52.69	43.55	34.82
22.75	43.75	55.37	64.92	72.96	78.49	80.28	79.99	79.58	75.44	70.81	60.65	48.87	39.65
38.84	48.99	63.05	71.70	79.42	82.06	83.81	85.43	84.22	80.56	76.21	66.18	52.85	42.45
40.22	51.76	66.34	74.63	81.37	85.07	86.53	88.32	87.59	84.01	77.59	68.05	55.53	43.92
42.70	54.03	67.56	76.66	85.11	88.12	88.77	90.03	86.86	84.50	77.84	68.98	55.29	44.40
43.43	54.03	67.19	78.85	84.87	87.43	89.38	88.73	85.72	82.02	74.71	66.58	53.75	42.45
41.40	51.96	65.24	79.91	83.97	88.93	89.62	88.68	85.52	79.26	72.84	61.71	50.82	41.60
42.05	48.67	61.10	73.94	82.55	87.30	86.94	84.38	83.04	77.92	68.29	56.47	45.74	38.72
36.85	43.47	54.97	66.02	75.89	80.40	80.93	78.53	74.18	66.75	59.39	48.26	41.48	31.65
19.87	39.04	46.80	57.65	65.37	70.73	71.58	69.92	63.90	56.43	50.13	43.47	37.86	13.24
0.00	26.85	40.50	47.73	53.54	58.26	59.48	57.53	54.28	48.59	43.14	38.84	24.66	0.00
0.00	0.00	24.90	38.59	42.01	48.63	47.08	46.23	44.40	40.75	37.17	24.74	2.19	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ68 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

0.00	2.19	13.24	36.77	39.08	41.36	41.84	44.00	42.25	40.58	38.96	36.44	28.64	4.39
0.00	17.67	36.81	40.79	46.52	50.38	52.28	51.88	49.60	47.00	43.83	39.98	36.81	22.14
4.47	34.25	40.91	47.37	53.42	57.44	60.17	60.82	58.91	54.76	50.38	44.93	39.81	34.69
33.68	40.10	47.37	53.50	62.28	67.88	69.35	69.23	66.26	61.95	56.71	48.47	44.16	39.04
36.85	42.94	50.54	59.60	69.51	75.12	76.70	76.42	73.94	68.21	63.58	54.60	45.99	39.61
38.39	45.74	54.76	64.35	73.29	79.46	82.27	80.97	80.15	72.92	66.26	57.28	48.02	40.71
39.57	48.02	58.13	67.76	77.51	82.43	83.69	85.96	82.67	76.01	69.63	59.27	48.71	41.48
40.02	47.29	57.77	69.27	78.41	82.71	86.17	85.27	81.66	75.89	67.40	57.16	47.98	42.05
39.00	46.68	55.49	65.65	74.83	80.28	84.13	85.03	78.53	72.68	65.73	55.82	47.41	40.87
38.11	44.16	52.69	62.20	71.26	75.44	80.76	80.72	74.30	68.09	59.96	53.75	45.30	39.12
38.27	43.02	49.52	58.05	65.28	71.05	77.43	71.70	69.27	63.78	55.05	50.82	42.58	37.86
33.35	40.02	44.48	51.39	56.71	62.81	63.66	62.36	59.15	56.31	48.79	44.32	39.04	35.63
17.55	34.65	40.75	45.74	49.56	53.42	56.10	55.74	51.03	48.71	43.43	40.02	36.56	17.55
2.19	22.06	37.25	39.77	43.79	46.07	46.03	46.92	44.48	41.11	38.43	36.48	19.99	4.39

ตารางที่ ผ69 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

0.00	4.39	33.68	36.73	38.88	40.58	41.88	42.25	42.17	40.95	39.53	37.01	35.51	19.74
2.19	26.61	37.70	40.34	43.23	47.13	48.47	48.63	48.43	45.18	42.98	39.53	36.48	31.12
17.59	37.70	40.58	46.35	50.86	54.88	58.05	56.59	54.68	52.41	47.53	44.00	39.24	36.93
31.16	39.20	44.48	50.33	55.33	60.49	62.89	65.12	62.73	56.83	52.28	47.41	42.33	38.15
38.03	42.01	49.85	56.59	62.36	67.72	70.69	71.13	69.02	63.58	57.04	50.54	43.88	38.84
38.63	44.12	53.75	62.85	70.08	72.60	76.01	76.46	72.56	67.48	59.80	53.50	46.23	40.02
39.85	46.19	54.64	65.57	71.34	81.37	81.53	79.67	75.97	70.61	63.78	56.35	47.65	41.93
38.51	44.61	53.54	62.89	72.52	76.62	78.00	82.02	77.84	71.26	62.20	53.91	46.92	40.95
38.39	44.16	51.84	58.87	67.97	72.88	76.05	74.83	75.93	70.65	61.67	53.71	45.95	40.50
37.70	43.31	49.73	56.88	64.27	68.86	75.64	71.99	68.45	64.43	56.02	51.11	43.51	39.00
37.38	41.52	47.82	53.67	58.91	64.39	67.36	69.59	63.09	58.34	51.80	47.78	42.37	37.98
36.64	39.37	44.04	48.59	54.48	57.97	59.23	57.97	54.88	51.55	48.22	43.71	39.77	36.73
33.43	37.17	41.28	44.97	48.06	50.09	50.74	50.82	49.03	47.08	45.50	40.34	37.78	33.48
8.78	35.83	38.35	40.95	42.13	42.82	43.79	44.73	43.27	41.19	38.96	37.66	33.31	8.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ70 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

0.00	2.19	6.58	31.53	37.09	38.68	39.28	38.88	38.68	37.25	36.12	31.04	13.16	0.00
0.00	15.48	33.64	37.94	41.52	42.58	43.06	44.12	43.02	40.67	38.96	36.97	31.24	19.78
13.20	36.56	39.12	42.74	47.41	48.71	50.98	50.74	47.86	46.60	42.94	40.18	37.78	35.71
28.93	38.07	42.49	47.94	52.77	55.74	57.40	56.71	53.54	51.63	48.10	44.16	40.02	38.07
36.12	39.00	44.40	51.11	58.05	61.99	63.29	62.36	60.69	56.71	52.00	47.57	42.82	38.63
36.32	41.23	48.63	54.88	60.04	65.00	68.37	67.48	64.88	62.60	55.62	49.32	43.23	39.73
37.66	42.98	49.24	56.63	63.82	67.48	69.79	70.44	66.83	63.78	56.18	50.13	44.93	40.26
37.66	43.06	48.91	55.66	63.62	68.78	70.16	68.94	66.34	62.16	56.47	51.11	44.61	40.50
37.25	42.49	49.32	55.82	61.63	66.71	68.25	68.62	66.22	62.03	56.18	50.42	44.16	40.79
34.41	41.80	47.45	53.50	59.39	66.18	65.89	64.92	62.28	58.13	53.06	47.61	42.94	39.53
36.93	40.34	45.78	50.86	55.82	60.08	60.65	60.61	57.57	54.56	49.81	45.42	41.03	38.11
28.97	37.46	41.60	46.52	50.54	52.77	54.64	54.28	52.81	50.13	45.62	41.80	39.00	36.52
13.16	33.92	39.20	42.49	44.69	47.08	48.30	48.67	47.37	45.05	41.88	39.12	36.68	24.38
4.43	19.83	36.73	38.63	40.34	42.37	42.86	42.70	41.84	40.30	38.27	36.68	33.23	8.78

ตารางที่ ผ71 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

0.00	6.62	28.76	37.82	38.92	39.04	40.30	40.63	39.00	37.94	37.25	31.24	8.86	0.00
6.58	33.72	38.31	41.23	43.59	44.81	46.31	46.03	44.65	42.09	40.14	38.15	34.13	15.36
26.41	37.82	40.67	44.16	48.06	51.07	52.73	53.06	49.52	48.63	44.32	40.87	37.58	33.31
31.36	39.89	44.00	47.41	53.54	58.38	58.70	56.67	54.68	53.58	49.12	43.02	39.12	36.60
37.01	41.93	47.37	52.69	57.24	62.36	63.58	62.64	60.25	56.75	51.76	45.87	41.32	38.51
37.05	42.49	49.16	53.83	60.82	67.03	67.60	68.17	65.12	59.76	53.67	48.06	42.70	39.33
37.46	42.74	50.62	57.32	63.33	68.90	72.39	70.20	68.05	61.38	56.51	49.12	44.48	39.00
37.33	43.43	49.64	57.24	64.96	68.33	71.26	71.18	69.18	63.70	54.76	48.51	43.51	38.39
39.12	43.55	49.32	54.23	61.79	68.90	70.40	69.79	66.83	62.36	55.09	47.49	42.98	38.15
37.33	41.15	46.11	51.47	56.43	63.09	65.16	64.03	61.10	56.79	51.23	45.05	40.22	36.77
36.64	39.98	43.92	48.10	52.37	56.96	60.57	58.58	54.88	52.33	46.52	42.41	39.24	35.71
35.63	37.82	41.19	45.22	48.87	51.63	52.41	52.12	50.86	48.26	42.82	39.45	36.56	22.30
17.55	35.99	37.54	41.28	44.40	46.68	46.31	46.92	45.54	43.55	41.36	37.78	35.79	15.56
4.39	24.38	33.88	38.15	40.46	40.71	40.42	39.89	39.49	39.24	37.70	36.56	17.63	2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ72 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

0.00	2.19	24.33	36.44	37.98	39.00	40.02	39.04	38.55	37.58	36.68	36.03	17.75	4.39
13.16	31.08	36.73	39.37	41.60	43.63	44.53	43.55	43.35	41.44	40.10	38.11	37.46	24.33
4.39	31.61	39.61	43.23	46.88	48.55	50.25	50.17	49.73	46.76	43.63	39.81	37.17	33.27
26.61	40.79	43.55	46.60	51.68	54.84	56.35	56.39	56.39	52.24	48.38	44.20	39.28	35.63
35.83	40.46	46.07	50.78	57.53	59.43	61.87	61.55	60.21	55.82	52.00	46.03	39.53	36.64
37.09	41.84	48.14	53.67	58.95	64.88	69.55	69.67	64.63	60.41	54.93	48.99	42.05	36.97
38.23	42.41	48.10	54.80	62.85	69.31	69.92	71.91	69.75	63.86	55.74	51.92	44.28	39.49
39.37	43.67	48.95	56.06	64.68	69.88	70.32	72.07	71.95	65.53	57.65	52.41	46.03	39.45
39.41	43.23	48.30	54.97	62.12	67.07	69.51	70.61	70.44	65.45	56.63	51.11	45.34	39.24
37.58	41.68	47.53	53.30	59.96	65.41	67.32	66.46	63.86	59.27	53.67	49.64	43.96	38.68
36.64	39.28	44.48	50.54	55.33	59.72	61.59	62.48	59.15	54.68	51.27	44.97	41.23	37.58
26.81	37.17	41.68	45.91	49.64	52.77	53.99	54.15	54.48	49.97	47.08	42.70	39.24	36.40
6.58	35.67	38.51	41.23	44.89	46.07	47.45	48.79	47.73	45.70	42.21	39.04	36.68	31.12
0.00	8.78	28.80	37.25	39.37	40.83	41.56	42.45	41.36	39.85	37.46	36.32	30.75	10.97

ตารางที่ ผ73 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 8 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

0.00	11.01	28.97	37.38	39.24	41.11	42.58	41.84	41.48	38.39	37.50	31.24	4.39	0.00
6.66	29.37	39.33	42.58	45.26	48.14	49.03	48.75	46.88	43.55	40.83	37.74	28.88	8.78
24.82	39.53	44.08	47.86	52.93	56.79	57.36	57.20	54.40	50.17	45.26	41.03	37.09	22.06
37.58	43.51	47.86	55.29	61.63	64.92	67.60	64.92	61.95	56.27	49.97	44.73	39.57	33.64
38.63	45.95	52.77	62.24	68.17	72.84	74.95	72.23	69.75	63.62	54.93	49.97	41.44	37.74
41.11	47.65	55.66	65.00	72.84	80.07	81.49	78.73	73.90	69.14	59.43	51.47	45.01	38.88
41.80	48.14	57.81	67.48	74.38	80.28	83.65	82.51	77.88	71.62	62.24	54.11	46.96	40.02
41.32	49.03	57.61	66.54	74.38	81.70	84.70	84.66	79.50	73.29	64.07	54.60	46.48	41.56
39.69	48.38	56.31	63.58	71.46	78.33	80.36	80.44	77.03	70.20	61.71	52.65	45.87	40.42
38.63	44.73	50.62	58.70	66.46	73.04	74.59	72.27	70.85	64.31	56.79	51.59	44.73	42.90
36.60	41.52	46.88	53.22	59.23	64.43	67.15	66.67	62.73	59.23	52.49	48.30	41.84	39.45
33.23	39.20	43.59	48.79	52.89	55.66	58.01	56.79	56.47	53.26	47.33	42.58	38.72	36.64
13.16	35.75	38.23	41.15	44.93	47.86	48.51	49.56	47.13	45.87	42.21	39.45	36.52	22.18
0.00	6.58	35.91	37.09	39.69	40.46	42.05	41.88	41.40	39.08	37.54	36.03	30.96	2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ74 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 9 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

2.19	13.37	36.89	39.41	41.68	43.10	43.43	43.39	41.56	39.04	36.85	28.68	0.00	0.00
17.67	34.33	40.71	45.26	48.59	52.49	51.39	51.68	49.44	45.70	40.54	37.78	28.97	4.39
35.95	40.63	47.04	52.04	56.35	61.26	61.91	62.36	59.76	52.61	46.23	41.80	39.65	20.03
39.24	44.53	53.30	60.37	67.84	71.70	73.98	73.98	69.18	62.68	53.54	45.58	40.22	31.69
42.62	49.97	58.50	69.75	76.01	81.21	82.18	82.02	78.24	72.15	61.06	51.88	43.71	37.82
46.31	54.11	65.53	75.08	80.97	87.18	88.24	88.32	86.00	77.43	67.68	55.90	47.25	39.00
48.30	58.05	68.49	78.73	86.90	89.98	93.80	94.98	89.38	82.51	72.72	60.33	50.05	40.58
48.91	58.26	68.82	79.18	85.60	89.42	94.66	95.14	90.39	80.03	70.28	62.24	50.66	41.28
46.11	55.45	66.54	78.53	82.63	89.58	91.81	91.33	85.56	79.06	72.11	61.91	49.68	40.71
43.27	51.68	61.95	72.39	78.93	85.35	87.75	87.14	82.59	77.27	67.76	58.54	47.86	40.26
40.14	47.29	54.97	64.84	72.31	78.04	80.40	79.71	76.09	72.48	62.24	52.16	43.71	37.90
37.74	42.53	49.68	57.73	64.19	68.41	68.90	68.94	68.94	63.66	55.01	47.37	40.67	36.16
22.51	37.98	42.41	48.59	53.50	56.10	57.32	58.42	56.18	52.08	46.96	41.03	37.62	33.07
0.00	20.03	36.93	40.79	44.28	46.19	47.57	48.14	46.76	42.94	40.46	37.78	36.85	17.79

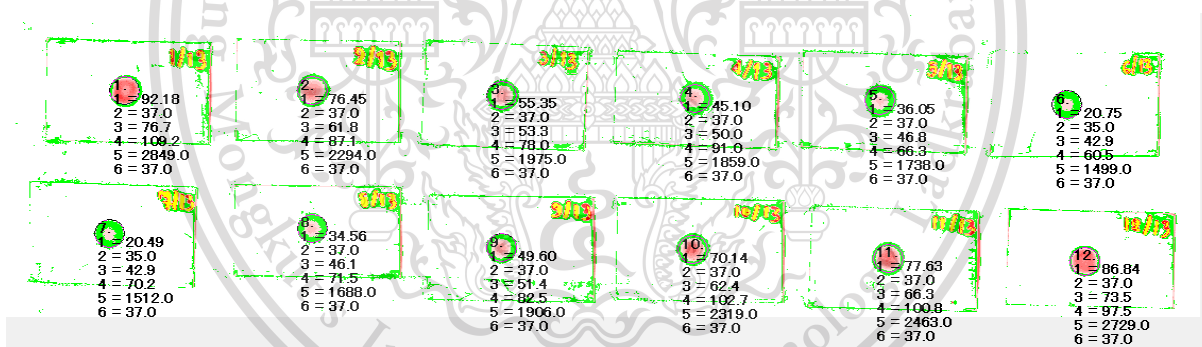
ตารางที่ ผ75 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 10 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

13.16	33.48	37.46	40.50	43.67	47.86	48.63	48.38	47.13	43.02	40.63	37.62	33.43	6.62
31.16	38.63	42.25	47.82	53.71	57.44	61.06	61.99	59.43	54.23	47.90	42.82	38.23	31.24
36.60	41.88	49.16	57.57	67.52	72.39	77.07	76.17	74.10	66.95	58.38	50.09	42.13	37.62
39.16	46.39	56.92	69.92	80.88	85.80	88.73	91.41	87.63	80.93	70.20	58.66	47.78	40.63
42.37	52.73	65.45	77.59	87.43	92.83	95.10	96.61	94.90	90.72	78.24	66.02	54.44	43.06
44.57	55.86	70.85	82.63	91.69	96.97	97.83	99.65	99.04	93.84	84.78	69.31	58.99	46.27
46.35	60.33	74.43	85.15	94.41	99.17	101.20	102.01	101.97	96.08	87.06	75.32	61.38	47.94
47.04	62.32	75.77	86.69	94.21	99.41	101.16	100.51	98.31	93.56	86.98	75.77	61.87	48.18
45.34	58.50	72.64	85.03	91.28	94.49	99.49	97.46	95.43	92.79	86.13	74.71	59.68	47.90
42.98	53.67	66.10	77.39	87.22	91.12	94.25	93.52	93.52	89.42	81.82	70.44	56.79	44.73
39.04	46.23	57.81	69.43	78.41	83.12	86.29	86.41	85.56	81.21	73.86	63.29	50.62	42.58
35.99	41.23	48.55	57.36	65.04	71.13	75.44	75.44	73.25	69.96	63.74	53.95	45.13	38.84
13.20	36.68	40.99	45.91	52.61	57.93	62.68	60.57	62.12	56.92	50.38	45.01	39.69	36.44
0.00	17.63	34.33	38.88	42.37	45.34	47.69	47.37	48.18	45.78	42.09	38.76	36.40	19.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗76 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 11 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 12 ชั้น

0.00	0.00	13.28	34.90	40.50	43.63	46.92	47.29	45.42	42.33	39.16	29.41	4.39	0.00
0.00	19.91	39.61	47.94	58.01	66.22	70.44	71.74	68.09	60.53	49.64	41.23	33.84	4.39
8.86	39.85	51.31	68.49	81.45	91.69	95.43	96.00	95.47	89.70	72.80	55.09	40.91	31.48
30.43	48.38	70.08	86.98	98.43	104.77	109.85	107.33	108.63	103.68	92.58	70.28	48.51	38.39
40.30	58.13	86.57	99.86	106.97	111.35	108.83	112.25	112.61	107.74	101.77	85.56	59.96	43.75
44.32	66.67	91.49	103.80	107.49	108.51	109.40	105.99	107.66	108.31	105.06	93.11	66.95	46.15
49.73	73.17	93.64	104.12	106.07	102.54	107.17	105.71	104.37	108.51	104.28	95.18	72.39	49.40
49.89	74.34	96.24	106.52	106.19	100.30	97.66	99.08	101.60	104.69	102.98	93.76	75.56	52.00
47.94	72.19	93.40	105.10	107.13	99.90	98.19	97.30	101.85	104.00	100.91	91.98	74.99	52.08
46.07	68.09	90.51	104.33	110.13	101.40	97.74	101.56	105.54	110.87	103.76	95.31	74.91	50.13
41.60	59.56	81.53	93.76	99.61	101.52	101.85	103.03	105.42	106.72	103.72	92.87	69.59	45.46
37.46	46.92	62.40	77.43	87.10	93.11	96.40	98.03	98.48	98.56	93.28	77.11	55.01	39.24
34.00	40.26	44.61	55.45	65.16	70.00	75.64	78.85	77.43	74.87	65.20	51.80	41.44	24.94
15.48	31.77	37.21	39.89	44.73	47.49	50.98	52.37	51.68	48.43	44.00	39.37	31.32	4.39



รูปที่ ๗15 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗77 ข้อมูลที่ได้จากการแสกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/13	Ellipse	37	76.7	94.2906	2849	37
2/13	Ellipse	37	61.8	83.3219	2294	37
3/13	Ellipse	37	53.3	76.9438	1975	37
4/13	Ellipse	37	50.0	71.0125	1859	37
5/13	Ellipse	37	46.8	63.1313	1738	37
6/13	Ellipse	35	42.9	56.8750	1499	37
7/13	Ellipse	35	42.9	56.8750	1512	37
8/13	Ellipse	37	46.1	66.5438	1688	37
9/13	Ellipse	37	51.4	76.9844	1906	37
10/13	Ellipse	37	62.4	96.5250	2319	37
11/13	Ellipse	37	66.3	94.3313	2463	37
12/13	Ellipse	37	73.5	105.3813	2729	37

ตารางที่ ๗78 ข้อมูลที่ได้จากการแสกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	0.00	6.58	25.23	41.19	44.36	45.78	46.72	44.36	41.07	30.06	6.62	0.00	0.00
0.00	6.66	34.04	46.39	57.85	63.86	68.86	68.74	64.43	57.48	46.39	38.92	15.72	0.00
4.51	36.24	48.71	64.80	76.46	84.09	86.94	87.87	84.26	81.41	66.18	49.68	36.60	11.13
13.53	43.83	62.68	77.03	87.43	90.84	93.23	93.72	93.68	92.34	81.49	63.13	45.38	22.63
28.88	54.11	73.49	87.38	91.45	91.93	91.12	92.67	94.29	93.03	86.98	72.03	51.35	37.66
40.58	59.92	77.96	89.13	89.42	86.29	85.23	87.91	90.35	91.04	86.25	76.50	57.04	41.11
42.37	62.12	78.08	87.83	86.98	83.53	80.36	83.08	87.59	90.51	87.95	77.88	59.48	43.43
42.94	63.17	78.89	86.49	84.46	82.39	79.54	81.70	85.80	87.38	86.37	75.73	60.08	44.00
41.52	60.33	77.43	85.19	85.64	83.00	81.86	81.98	84.66	87.79	86.04	77.23	60.86	43.75
37.13	57.36	74.51	83.28	86.45	87.51	82.02	83.32	86.57	89.09	87.59	79.58	63.46	42.70
25.76	49.93	67.23	76.70	82.51	86.61	85.27	85.23	88.73	91.28	87.95	78.61	57.81	40.18
4.43	40.34	54.48	66.87	75.48	77.88	82.55	84.34	85.11	87.26	83.40	67.48	46.88	25.35
0.00	15.56	38.07	50.58	59.92	65.61	70.36	73.08	71.13	69.75	60.82	47.90	36.20	6.62
0.00	0.00	8.98	30.63	41.52	46.19	49.28	51.07	50.33	46.07	42.13	27.63	4.39	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อวัตถุประสงค์ทางการศึกษาเท่านั้น มิใช่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

108
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ผ79 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	0.00	11.01	29.01	40.18	41.72	43.02	43.31	42.05	40.99	38.68	34.08	11.01	0.00
2.19	8.78	34.82	40.30	46.11	49.44	51.35	51.39	49.64	48.02	44.97	40.50	34.45	8.78
2.19	34.53	42.53	48.47	56.10	58.46	59.39	63.21	61.51	57.81	53.18	49.68	41.19	34.00
17.79	38.96	46.84	55.98	64.88	67.23	69.18	69.39	68.17	66.91	60.49	54.03	46.72	39.00
20.48	43.67	53.18	62.77	67.44	70.24	73.61	73.78	73.49	71.58	67.88	59.35	51.92	41.11
35.22	49.44	58.95	71.70	73.17	75.16	77.31	78.24	78.89	75.97	72.11	63.42	54.11	44.12
40.06	50.21	62.68	74.26	77.47	79.26	78.93	79.71	79.99	76.38	71.74	63.90	53.83	44.08
39.98	52.41	65.41	77.47	79.50	81.66	80.93	80.36	80.03	76.90	72.52	64.80	55.29	44.93
38.23	51.23	64.39	77.55	80.07	82.14	82.27	79.75	80.60	74.75	69.14	61.06	52.49	43.02
37.74	48.10	62.36	76.29	80.80	82.75	83.32	81.94	79.75	73.94	64.88	57.57	48.71	41.19
27.42	44.00	58.13	70.93	76.13	79.22	78.85	78.37	74.38	68.78	60.41	51.23	44.12	35.59
8.90	39.57	50.33	60.53	67.97	70.97	72.52	72.43	69.43	61.51	54.56	46.31	39.57	28.88
0.00	23.08	41.15	49.68	58.01	61.26	62.12	60.69	57.73	52.00	46.03	40.42	34.08	0.00
0.00	2.19	25.07	41.11	47.21	50.21	51.03	48.87	46.88	42.49	39.41	31.73	8.86	0.00

ตารางที่ ผ80 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	0.00	0.00	15.44	37.17	38.23	39.41	40.50	40.30	37.98	34.37	24.38	0.00	0.00
0.00	0.00	8.78	34.53	40.30	42.94	45.62	46.43	45.58	44.57	40.18	37.86	22.10	0.00
0.00	13.16	34.86	41.40	45.78	51.03	53.18	52.69	51.72	49.52	45.66	41.56	35.63	17.92
0.00	22.34	39.61	45.74	53.26	57.32	60.73	61.10	59.11	55.74	51.63	46.48	41.36	34.73
4.39	34.90	43.79	51.07	59.43	66.18	67.60	67.36	67.32	63.66	57.93	51.68	46.07	40.50
15.36	38.35	48.14	55.25	63.29	68.37	71.58	71.46	70.65	68.37	62.89	54.68	47.94	41.07
19.91	40.42	48.51	58.87	65.81	71.26	75.52	74.71	73.04	70.53	64.11	57.04	49.44	42.29
31.53	42.13	51.03	58.66	67.11	73.13	74.43	76.94	74.47	70.57	65.24	58.30	50.25	42.62
24.90	41.56	49.12	57.61	63.98	68.94	72.11	72.48	71.91	67.72	62.03	54.52	47.82	41.32
33.72	39.85	46.48	53.46	61.71	66.42	67.93	68.94	69.75	63.86	57.24	51.68	45.13	39.41
13.28	37.21	43.83	50.54	54.97	61.67	64.39	64.68	63.54	57.61	51.63	48.22	41.88	37.25
2.19	26.77	41.84	47.13	50.25	54.76	56.79	57.40	54.97	52.24	47.08	43.14	38.59	31.93
0.00	11.05	30.02	39.49	42.86	46.72	48.51	49.97	47.98	45.09	41.93	38.63	31.61	6.66
0.00	0.00	19.95	35.79	38.11	40.50	42.98	44.20	41.84	39.61	37.25	29.21	6.58	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ81 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	6.58	31.73	38.27	42.45	41.68	43.10	42.98	42.01	40.58	39.98	32.30	24.58	15.36
0.00	22.06	37.94	40.54	45.87	47.13	48.79	47.78	47.33	44.00	42.70	39.20	31.89	19.78
19.78	36.60	42.37	45.87	51.35	53.71	55.37	55.05	53.71	49.32	46.43	41.68	38.07	34.13
28.97	38.27	44.81	52.00	56.14	58.46	64.07	61.14	60.04	53.87	48.91	43.59	40.14	37.25
29.49	40.14	46.35	59.60	63.05	66.87	68.45	65.93	64.35	57.73	52.12	46.15	40.71	38.07
37.09	42.29	48.87	56.31	66.30	70.65	71.01	70.36	67.23	63.13	57.36	48.10	43.35	38.96
34.29	40.50	49.03	57.61	66.42	70.57	70.61	69.51	67.52	62.12	55.49	48.67	43.83	40.10
36.40	41.60	48.10	56.47	63.74	69.92	70.69	70.97	64.59	59.15	54.68	48.63	44.12	39.98
30.67	64.51	48.14	52.16	59.15	62.85	64.55	65.81	63.66	58.09	53.02	46.35	42.41	39.49
13.77	42.29	42.70	47.90	53.26	58.74	62.77	61.43	57.61	52.89	48.59	44.44	40.22	37.38
0.00	17.92	38.59	43.39	48.47	51.92	54.97	55.66	52.08	47.21	42.90	41.36	37.46	36.52
0.00	6.58	33.88	39.77	43.02	45.62	47.78	48.47	46.92	41.88	39.04	37.98	35.75	32.99
0.00	0.00	19.78	31.85	38.31	40.34	42.45	41.64	41.28	39.08	37.46	35.75	26.41	13.20
0.00	0.00	6.70	15.36	31.20	34.73	38.63	38.07	37.78	36.48	35.79	8.78	2.19	13.16

ตารางที่ ผ82 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	2.19	28.56	36.44	37.94	39.28	39.65	39.12	38.80	37.90	37.25	35.83	8.78	0.00
10.97	35.55	36.73	39.33	42.05	43.35	43.63	42.78	42.98	41.36	40.06	37.98	31.44	11.05
24.25	37.01	39.16	42.21	45.22	47.17	48.30	47.65	46.80	45.09	42.21	39.85	37.38	35.71
33.15	37.38	41.28	44.16	49.36	50.70	52.08	52.69	51.19	48.10	44.69	41.76	39.24	34.04
36.40	39.73	44.40	47.86	52.81	55.21	56.59	56.06	55.09	52.69	49.36	44.85	41.03	37.21
34.61	40.79	45.78	50.66	55.62	57.44	60.17	61.06	59.43	55.70	50.50	45.62	41.68	37.74
37.74	42.62	47.04	52.20	57.93	60.49	63.13	61.95	60.90	56.55	51.88	45.70	41.56	37.74
36.89	41.28	47.61	51.51	56.67	61.22	62.89	61.18	60.33	56.79	52.24	45.91	41.36	37.94
29.41	40.14	46.11	51.88	54.84	57.85	60.53	61.22	58.78	55.78	50.54	45.13	40.91	37.05
22.55	37.98	44.40	49.03	53.67	55.98	58.99	59.76	56.88	52.69	49.60	43.63	40.14	36.20
6.58	34.29	40.87	45.26	50.50	51.96	53.30	53.54	51.84	48.63	44.53	41.72	37.82	28.93
6.58	31.57	39.08	42.53	46.11	48.47	48.71	48.47	46.19	43.83	41.60	38.80	36.52	17.59
0.00	15.44	36.44	39.81	42.49	43.39	43.55	43.31	41.48	40.10	38.63	36.56	33.03	2.19
0.00	0.00	24.25	36.60	38.68	39.45	39.16	38.92	38.27	37.54	35.83	24.17	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ83 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	0.00	0.00	4.39	22.10	33.56	33.92	28.93	29.01	13.24	2.19	2.19	0.00	0.00
0.00	0.00	6.58	30.96	37.86	38.92	39.33	38.88	37.90	36.64	35.71	19.78	0.00	0.00
0.00	0.00	19.78	37.42	40.14	42.90	43.59	43.02	41.88	40.06	38.07	36.20	21.94	0.00
0.00	8.78	36.40	39.49	43.47	46.31	47.73	48.22	45.38	43.67	41.15	38.15	35.95	26.37
2.19	26.45	37.82	42.37	46.68	49.24	50.42	50.54	49.81	47.37	44.28	40.18	37.25	22.30
0.00	31.53	38.72	44.00	49.36	51.80	53.10	53.79	52.69	49.89	46.43	43.31	38.43	28.76
15.40	36.16	40.83	45.38	50.54	53.46	55.66	56.88	55.66	51.47	48.30	44.04	39.33	31.28
0.00	33.31	39.37	44.00	49.81	52.81	56.06	56.27	53.34	50.05	46.43	43.06	38.43	31.00
4.39	33.52	39.77	43.55	47.86	53.02	55.25	54.72	52.73	50.33	47.69	41.40	38.03	31.48
2.19	24.21	37.54	42.21	45.30	49.32	51.63	52.49	51.19	47.61	44.04	40.14	36.56	17.59
0.00	4.39	33.92	39.08	42.78	45.09	46.15	47.08	46.03	50.78	43.10	38.11	27.10	8.78
0.00	11.42	36.24	38.72	39.77	41.60	42.53	44.16	42.66	51.59	42.13	36.97	29.09	2.19
0.00	6.66	11.05	31.32	36.44	38.63	39.33	39.28	38.55	38.19	34.13	24.38	2.19	0.00
0.00	0.00	0.00	2.19	17.59	31.16	29.66	33.80	26.93	19.95	8.90	0.00	2.19	0.00

ตารางที่ ผ84 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	0.00	0.00	4.39	24.21	35.83	37.05	37.17	32.05	33.80	17.63	4.39	0.00	0.00
0.00	0.00	6.58	31.28	37.54	39.08	39.81	39.57	39.33	37.74	36.68	11.05	0.00	0.00
0.00	2.19	24.33	38.76	41.80	44.36	45.70	46.56	43.59	42.21	39.37	36.56	22.02	2.19
0.00	31.40	37.50	42.49	47.61	50.42	51.84	50.66	48.83	46.19	42.49	38.72	31.69	11.01
4.39	31.73	41.44	47.98	51.15	55.09	57.04	56.43	55.41	52.65	47.04	40.83	38.11	24.29
13.20	37.17	42.70	48.71	54.84	59.31	62.32	61.95	60.13	55.82	49.36	44.12	39.45	29.25
8.86	37.17	43.06	48.75	55.58	61.14	64.43	66.54	61.67	57.04	51.07	45.50	40.10	35.95
15.60	37.21	43.47	49.24	57.36	62.28	63.62	64.88	62.89	58.13	53.22	48.87	41.36	37.66
13.24	37.98	44.44	53.10	57.97	64.11	66.18	62.81	60.45	57.00	50.74	46.19	40.26	31.85
13.16	36.64	43.88	50.50	52.49	57.16	60.53	58.38	57.24	54.72	48.99	44.24	39.08	35.47
2.19	35.87	38.84	41.64	45.42	50.90	55.13	53.83	52.53	51.11	44.28	39.85	38.55	22.30
0.00	15.52	29.13	38.27	41.72	45.83	50.62	46.96	47.13	45.62	41.80	38.15	31.24	0.00
0.00	0.00	8.86	20.39	36.97	39.61	40.42	41.07	40.67	39.61	39.89	35.30	4.39	0.00
6.58	2.19	0.00	0.00	11.09	36.28	36.16	37.13	36.44	27.87	37.13	11.13	0.00	2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ85 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 8 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	0.00	0.00	19.91	26.77	37.01	37.94	37.33	34.69	28.97	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	4.39	31.65	38.11	40.26	43.92	44.40	42.98	41.68	38.92	29.33	17.83	2.19	0.00
4.39	29.90	41.80	46.96	50.50	52.69	52.53	52.04	48.67	45.50	42.70	38.27	31.53	6.62
33.96	39.53	45.70	52.28	55.86	58.83	60.86	60.82	57.12	52.41	47.08	42.01	37.38	26.61
36.85	42.78	49.36	56.79	62.44	67.48	69.23	68.78	64.43	57.89	51.96	46.07	39.65	31.32
38.68	44.57	51.76	60.94	67.44	71.78	75.28	72.92	69.47	64.39	54.72	46.23	40.99	36.36
39.41	46.07	53.67	62.20	69.27	73.82	76.29	76.25	72.80	65.33	56.18	48.02	41.84	36.40
38.31	44.53	53.26	61.95	68.94	73.33	76.98	76.38	71.58	65.57	56.23	49.52	41.88	36.93
34.69	44.32	52.45	61.06	67.07	71.30	74.02	70.85	68.53	62.52	54.48	47.29	41.52	36.24
27.22	41.15	49.40	55.01	62.48	67.32	68.66	66.46	64.35	58.99	49.52	43.59	39.04	31.48
6.66	37.78	43.96	50.05	54.19	58.13	60.33	60.21	56.39	51.11	45.87	41.11	37.29	13.16
0.00	29.45	39.49	43.88	48.79	52.24	53.75	52.08	50.50	45.22	41.11	37.09	19.95	0.00
0.00	4.39	31.97	38.84	41.97	44.48	46.31	44.08	42.78	40.06	37.42	24.21	0.00	0.00
0.00	0.00	6.58	26.85	37.58	38.59	38.96	39.49	38.19	32.62	19.99	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ผ86 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 9 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	13.20	29.70	39.12	42.29	46.39	47.13	47.45	44.44	40.22	37.94	27.10	2.19	0.00
6.66	34.61	42.01	47.00	52.69	55.37	57.61	57.97	54.72	49.32	44.16	39.77	34.00	17.59
29.62	41.72	48.79	55.82	64.31	68.29	70.28	69.55	64.35	59.35	52.04	44.44	39.20	35.79
38.19	45.54	55.90	64.19	73.98	79.67	81.29	79.22	76.54	69.71	61.38	49.85	42.45	37.54
41.15	49.93	61.30	72.52	80.52	88.68	90.88	87.43	83.65	75.85	67.97	56.23	45.13	39.69
41.84	53.75	63.78	76.25	85.76	92.02	94.21	88.52	87.83	79.34	71.34	59.07	49.03	41.36
42.82	54.64	66.99	78.98	87.18	94.78	96.53	93.97	89.17	83.20	74.59	64.88	52.37	41.36
41.88	54.19	63.01	75.64	90.19	91.81	94.45	92.26	89.70	80.68	72.64	60.57	50.90	40.67
39.04	47.61	58.91	70.81	81.86	86.08	89.33	88.60	83.28	77.68	67.44	56.75	45.50	38.84
32.42	43.55	53.10	65.00	74.18	80.07	82.75	80.52	76.98	70.85	62.08	52.65	42.17	36.85
17.83	39.85	48.18	57.77	65.24	71.99	72.19	71.78	66.67	62.36	53.67	45.87	39.28	29.05
8.86	36.60	41.64	47.61	53.46	59.19	61.99	75.32	58.05	52.16	46.39	40.95	36.85	4.39
2.19	13.24	34.37	39.81	45.01	48.34	50.46	51.15	47.86	44.16	39.53	32.18	11.05	0.00
0.00	0.00	4.39	24.74	38.35	40.67	41.28	41.88	40.50	37.78	35.47	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

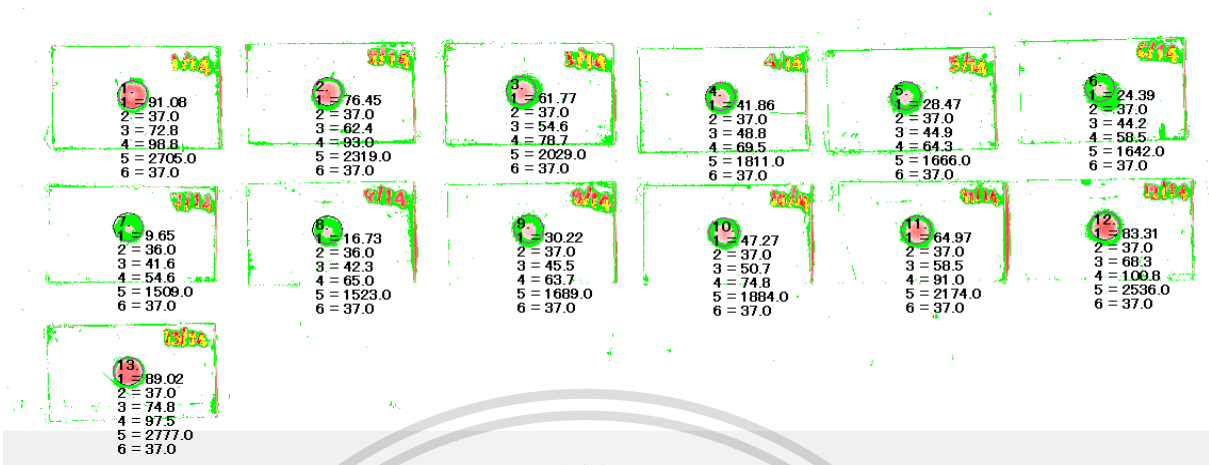
ตารางที่ ผ87 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 10 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	2.19	19.99	40.54	42.45	43.35	44.97	44.53	42.94	40.42	37.50	26.73	4.43	0.00
0.00	17.63	37.98	49.97	63.42	53.54	56.67	58.09	54.84	50.09	43.35	38.76	24.42	0.00
8.78	37.58	44.57	54.48	67.56	67.93	73.57	73.65	72.35	63.09	53.99	44.69	37.86	17.63
31.77	42.78	51.80	63.66	73.45	81.62	85.19	83.69	80.19	73.57	65.73	51.84	42.09	34.21
38.68	47.82	61.10	72.60	81.13	85.72	90.31	90.76	88.85	83.69	72.56	59.88	46.80	38.31
40.18	51.55	66.38	76.46	88.48	91.28	92.63	94.33	90.11	86.73	77.19	65.53	51.35	41.03
42.29	54.32	70.53	79.71	86.65	91.45	93.19	93.03	91.98	89.78	79.79	67.84	54.07	42.70
41.23	54.80	68.13	77.39	85.84	88.52	91.69	93.32	90.51	85.76	79.06	69.18	54.84	42.86
40.87	52.77	67.36	74.34	84.30	88.56	89.50	89.09	87.47	87.14	79.95	67.11	53.18	41.88
38.51	48.67	60.86	71.91	81.41	84.58	87.71	87.10	84.50	80.93	72.64	63.38	50.62	40.87
29.86	43.51	54.03	66.06	72.35	77.84	81.66	82.39	79.38	74.30	66.30	55.13	44.97	37.74
20.03	39.12	46.48	55.66	61.95	68.62	72.76	73.21	71.05	64.63	58.18	48.10	41.28	31.57
0.00	22.34	39.77	45.78	51.43	54.68	58.18	59.31	59.96	53.22	47.57	41.19	37.05	13.20
0.00	0.00	28.97	38.39	41.36	45.01	46.43	47.41	45.22	42.25	40.02	32.05	13.24	0.00

ตารางที่ ผ88 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 11 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 13 ชั้น

0.00	0.00	13.65	40.34	47.21	53.38	56.47	54.56	51.96	48.87	42.29	37.98	8.98	0.00
0.00	20.52	44.20	57.81	69.71	74.75	74.99	77.55	72.23	69.02	59.56	48.63	31.08	4.47
11.13	42.66	58.99	77.03	85.84	87.02	84.70	88.64	86.04	83.93	81.05	65.81	48.51	32.62
25.76	51.31	74.38	88.52	90.96	86.37	84.78	84.42	89.42	91.65	91.12	77.88	59.35	41.15
40.50	59.72	82.35	92.87	90.72	83.53	77.68	78.33	82.92	89.33	92.06	84.74	66.10	46.88
42.41	65.45	88.24	93.03	91.33	81.33	73.08	72.52	77.88	87.67	92.87	87.67	69.75	46.39
44.93	70.69	89.94	95.51	90.11	78.69	71.91	70.97	76.82	85.19	94.25	84.99	70.24	48.06
47.69	73.90	92.67	97.30	90.23	81.29	74.43	75.64	79.71	88.28	89.54	82.67	66.02	46.03
48.71	76.58	95.83	101.20	94.74	85.76	78.08	79.46	83.40	85.19	83.77	75.40	58.46	43.06
44.89	71.91	96.08	105.38	102.70	94.82	87.75	86.98	88.28	86.98	79.50	68.21	51.63	39.28
35.38	60.25	87.59	99.82	103.55	100.26	95.55	92.95	91.81	85.52	73.90	59.15	44.48	27.38
18.04	47.04	69.27	88.93	93.80	93.93	94.29	90.43	86.94	77.92	64.96	48.79	36.36	11.13
0.00	23.48	46.88	61.91	75.32	80.28	81.90	82.92	76.78	63.70	49.56	36.73	13.33	0.00
0.00	0.00	23.12	41.88	50.21	57.65	59.23	57.53	52.93	44.48	36.28	8.94	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๗16 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

ตารางที่ ๗89 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/14	Ellipse	37	72.8	92.7063	2705	37
2/14	Ellipse	37	62.4	86.5313	2319	37
3/14	Ellipse	37	54.6	74.9531	2029	37
4/14	Ellipse	37	48.8	66.3406	1811	37
5/14	Ellipse	37	44.9	60.0438	1666	37
6/14	Ellipse	37	44.2	56.2250	1642	37
7/14	Ellipse	36	41.6	52.0813	1509	37
8/14	Ellipse	36	42.3	56.9563	1523	37
9/14	Ellipse	37	45.5	60.6531	1689	37
10/14	Ellipse	37	50.7	72.0281	1884	37
11/14	Ellipse	37	58.5	86.0844	2174	37
12/14	Ellipse	37	68.3	94.7375	2536	37
13/14	Ellipse	37	74.8	94.4938	2777	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ90 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

9.38	6.58	20.27	37.42	46.76	51.84	56.14	55.41	52.89	48.06	43.02	37.42	8.90	0.00
8.98	18.20	43.83	55.37	68.78	75.32	76.17	71.99	72.68	67.11	58.99	47.86	36.16	4.43
6.66	38.31	55.37	70.44	79.79	83.57	83.57	80.88	80.68	80.80	78.77	61.67	45.95	32.22
20.23	47.41	67.32	80.19	84.50	84.22	82.10	82.23	85.96	90.27	86.41	76.94	58.01	41.64
30.59	53.10	75.60	85.68	83.08	79.18	74.83	75.85	79.34	86.94	90.92	85.39	67.84	47.21
30.10	58.18	76.74	83.44	80.97	74.71	70.08	70.04	73.69	82.06	87.75	84.58	69.71	47.45
41.19	61.22	79.63	83.44	79.95	72.39	66.91	67.72	73.17	82.06	88.36	83.97	71.01	48.87
42.62	62.28	78.81	84.58	80.19	73.86	71.42	71.13	75.24	81.37	84.30	80.60	67.97	47.49
42.70	64.23	81.74	89.17	84.05	77.39	73.86	75.68	78.57	81.25	82.27	74.38	60.37	43.06
41.03	62.28	83.57	91.37	91.89	85.39	83.12	85.96	83.12	82.63	78.85	69.75	53.58	39.77
32.70	54.64	77.63	88.77	92.54	91.98	90.76	88.52	87.47	82.63	73.37	60.45	45.46	30.35
15.64	43.88	63.94	78.37	87.34	89.50	89.54	92.71	87.47	78.81	66.58	50.13	39.61	15.52
0.00	25.68	46.27	60.04	71.78	77.96	81.21	83.08	75.32	65.12	52.04	41.11	20.11	0.00
0.00	2.19	30.06	43.55	49.81	57.36	60.45	60.37	56.31	46.84	39.57	20.23	4.43	0.00

ตารางที่ ผ91 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

0.00	0.00	13.33	32.13	39.41	42.17	45.26	45.34	45.62	43.47	40.67	35.10	28.76	2.19
0.00	8.82	36.93	42.78	48.06	51.43	54.72	56.06	56.31	52.33	47.94	42.74	38.51	31.12
2.19	34.78	42.41	51.63	57.48	63.62	66.18	70.57	67.52	60.69	57.77	52.24	43.83	38.19
15.40	39.61	48.83	58.18	65.89	71.70	73.33	73.04	71.50	68.90	65.57	57.16	48.63	40.75
25.07	42.53	54.40	64.72	70.77	75.32	76.09	77.63	77.19	75.40	72.15	63.33	52.69	42.82
34.94	45.34	58.54	70.53	74.30	78.89	79.91	78.65	78.08	77.27	75.60	65.98	56.59	45.01
38.47	48.30	61.75	75.12	76.94	79.54	81.09	82.35	81.82	77.15	74.10	66.26	55.78	45.91
39.08	48.79	61.55	73.37	77.76	79.67	81.41	86.53	81.13	79.38	73.90	63.90	53.71	43.59
38.51	47.37	63.21	74.38	81.33	85.39	82.71	82.92	80.56	77.80	71.54	62.03	51.47	42.70
37.46	45.74	58.18	70.97	79.54	80.36	79.22	81.70	78.00	72.03	67.60	56.31	47.13	39.81
31.81	42.29	52.08	62.40	71.99	75.64	75.56	76.01	73.94	67.60	59.68	51.07	42.62	37.86
11.21	38.59	45.46	54.93	61.63	66.58	68.01	67.44	66.14	59.39	52.85	44.93	39.89	28.84
0.00	31.24	40.14	47.37	52.00	57.04	59.39	58.70	56.02	50.78	45.87	39.89	36.32	4.43
0.00	6.58	34.21	39.65	43.23	46.31	47.90	47.98	45.83	42.66	38.63	35.99	19.91	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ92 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

0.00	11.13	35.75	36.89	38.35	40.42	40.58	42.09	40.50	40.02	38.51	32.09	31.08	6.58
19.74	33.76	38.72	41.28	43.35	46.92	48.99	49.32	47.94	45.26	42.05	41.28	37.29	36.12
33.11	37.58	41.15	46.72	49.85	51.35	54.48	55.74	54.80	50.54	47.82	43.14	39.49	36.97
36.73	40.02	46.19	51.84	56.75	58.01	61.06	62.89	60.08	57.04	53.99	47.00	42.58	39.04
37.94	43.14	49.73	54.72	61.63	64.96	68.41	69.27	65.61	62.77	57.65	50.42	44.73	40.50
38.96	45.54	51.96	58.95	64.84	69.35	71.54	72.48	71.38	65.81	60.98	53.18	46.31	43.23
39.61	45.99	54.19	61.55	67.28	71.18	74.06	74.79	72.68	68.74	61.87	55.66	47.65	46.48
40.02	46.39	55.98	61.83	67.28	72.68	74.95	74.79	74.47	69.63	65.04	55.49	47.49	43.18
40.06	46.72	56.39	60.94	66.99	73.04	73.49	72.80	71.34	66.02	60.45	52.57	46.39	40.67
38.63	45.09	52.45	58.87	65.12	68.94	71.87	71.70	67.97	62.44	56.71	50.13	44.08	39.65
36.81	42.09	48.79	54.72	61.10	63.78	65.65	67.56	62.44	58.13	52.89	46.43	41.36	37.66
35.79	39.69	45.09	50.70	54.84	58.22	59.48	59.68	57.24	53.38	48.95	43.71	39.81	36.48
17.55	36.36	40.95	44.36	48.06	51.15	51.88	51.88	50.62	46.56	44.16	39.49	37.09	29.13
0.00	26.49	36.64	39.45	41.40	44.04	44.65	45.91	44.08	40.58	38.88	36.68	32.99	6.58

ตารางที่ ผ93 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

0.00	0.00	15.40	36.56	38.55	39.08	39.81	40.38	41.80	40.10	39.24	37.66	24.42	13.16
0.00	13.16	31.40	38.47	42.21	43.63	45.26	44.40	45.42	44.00	42.53	38.96	34.21	15.48
4.39	29.37	38.84	42.86	46.07	49.64	51.27	51.59	51.35	48.43	45.09	41.93	38.07	36.03
24.42	38.35	42.62	46.56	50.50	54.07	56.59	57.57	56.31	51.72	47.61	43.71	40.34	36.68
33.92	40.71	45.38	50.66	54.03	58.18	60.25	61.75	60.49	55.58	50.42	45.30	41.28	37.05
37.42	42.37	47.65	52.85	57.85	63.17	65.57	66.06	63.78	58.18	52.73	48.02	42.82	38.27
34.73	42.66	48.26	54.36	59.96	62.16	65.73	66.34	63.01	60.08	53.99	47.45	42.33	37.66
37.74	42.37	49.32	55.78	59.56	64.72	65.69	64.55	63.17	60.17	54.48	49.48	42.58	37.94
37.38	43.31	48.26	53.42	59.27	62.40	63.21	62.85	61.38	57.36	52.93	46.27	41.07	37.42
33.64	40.06	45.34	50.78	55.21	58.42	59.92	59.23	56.55	52.69	47.90	43.71	39.28	35.99
21.98	38.15	43.18	47.33	49.68	52.37	53.58	53.02	50.90	48.55	43.92	40.38	37.46	28.60
0.00	31.65	39.00	41.64	44.85	47.45	48.06	47.41	45.22	43.14	40.42	38.55	35.71	6.58
0.00	11.05	36.12	37.82	40.18	41.76	42.21	43.10	41.48	38.96	37.66	33.39	17.55	2.19
0.00	6.66	17.71	28.97	34.37	37.66	38.27	38.76	38.07	36.85	35.79	17.55	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ94 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

0.00	0.00	4.39	24.25	31.36	36.68	37.66	36.89	36.60	36.68	29.33	15.52	10.97	4.39
0.00	8.78	22.30	36.56	38.35	39.04	40.38	40.63	39.93	39.53	37.74	35.79	33.03	19.78
4.39	17.55	37.09	39.04	41.88	42.82	44.57	45.50	43.96	42.21	40.46	37.94	37.21	26.49
13.16	36.08	39.00	41.84	44.65	47.69	48.51	50.58	48.91	46.96	43.18	40.95	37.78	33.68
28.80	37.38	40.42	44.28	48.18	50.82	54.03	56.35	53.34	49.64	47.13	42.94	39.49	37.13
31.20	38.15	42.25	45.38	50.29	54.40	57.73	59.23	56.47	53.06	48.99	44.04	39.69	37.05
36.28	39.85	43.83	49.08	53.38	58.22	59.19	60.04	58.50	55.09	50.54	45.99	40.63	38.03
35.95	39.08	43.92	50.05	52.33	56.23	58.58	59.27	57.73	53.22	50.01	45.01	40.54	37.09
36.81	39.33	43.55	50.13	53.02	56.23	58.18	58.34	56.43	53.58	49.32	44.89	40.67	37.42
36.81	39.28	43.23	47.45	51.03	54.36	56.06	55.45	54.03	51.15	48.75	44.00	39.93	37.01
33.88	38.11	40.46	44.24	46.88	50.50	52.00	51.84	50.25	47.90	45.50	41.68	38.59	35.87
21.94	37.25	39.41	41.15	43.47	46.15	47.33	47.08	46.27	45.78	42.21	38.59	37.01	24.21
8.78	28.72	36.44	38.47	40.50	42.29	42.94	43.47	41.97	40.95	38.51	36.52	35.26	8.78
0.00	21.98	31.20	36.56	37.66	39.28	38.55	39.00	38.92	37.98	36.89	33.19	19.78	4.39

ตารางที่ ผ95 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

0.00	0.00	10.97	19.87	33.72	33.88	36.44	33.80	34.08	26.69	26.49	4.39	0.00	0.00
0.00	6.58	26.65	36.52	37.46	38.76	38.51	39.08	39.41	37.74	36.60	33.43	0.00	0.00
8.78	26.65	37.98	39.00	40.83	43.23	44.89	44.08	42.98	42.53	40.06	37.98	29.09	13.20
33.39	36.73	40.22	42.94	45.62	48.06	49.16	48.79	47.04	45.99	43.31	39.73	36.93	31.12
33.92	38.88	41.97	45.38	48.18	50.58	52.73	52.61	50.82	48.55	45.34	42.01	38.23	36.40
37.78	39.81	43.83	47.69	50.62	53.54	53.83	55.01	53.46	50.86	47.73	43.71	39.37	36.73
37.54	40.30	43.27	50.42	51.84	53.67	54.44	56.23	53.99	51.47	48.95	45.09	40.83	38.15
36.89	40.06	43.92	48.34	51.39	54.68	55.53	55.98	53.91	50.33	49.03	43.79	40.71	37.21
37.86	41.03	44.44	47.17	51.84	52.77	54.52	53.99	52.85	50.17	47.69	43.83	39.33	37.42
36.77	39.61	43.02	45.70	49.24	51.27	52.41	52.08	51.63	49.28	47.65	41.15	38.03	36.40
36.32	38.27	42.86	45.13	47.69	49.89	50.50	49.52	48.87	47.29	44.16	40.42	38.35	36.56
31.81	37.01	38.84	41.93	46.43	45.26	46.76	45.42	46.07	45.13	41.80	39.28	37.46	36.60
20.52	36.12	37.82	40.34	44.57	43.27	44.24	44.00	42.98	41.52	40.34	38.03	36.93	35.59
13.16	28.68	31.61	37.58	41.52	41.11	40.06	40.71	41.03	40.87	39.00	37.05	36.97	35.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ96 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

0.00	0.00	0.00	4.39	17.63	35.47	35.91	36.28	36.12	35.55	33.48	20.27	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	15.60	36.48	36.93	38.27	38.51	37.42	36.60	36.89	35.51	24.13	2.19
0.00	0.00	24.13	36.20	37.94	39.85	40.79	42.17	39.57	38.88	38.59	36.12	32.91	4.39
0.00	17.59	35.91	38.76	40.26	43.27	44.57	44.65	43.92	42.82	40.83	38.35	35.87	24.13
2.19	31.44	37.54	40.63	43.92	45.46	47.82	47.61	47.25	44.81	42.37	40.18	37.38	24.25
26.37	36.68	39.81	42.82	47.53	49.60	50.90	50.33	50.01	47.33	45.09	40.75	38.84	31.97
26.49	37.25	40.71	44.40	47.57	51.31	51.55	52.08	50.70	49.16	45.38	40.83	38.51	35.91
24.33	37.66	40.26	44.93	48.87	51.19	52.04	51.47	51.11	49.28	45.42	41.44	38.03	36.40
17.63	34.49	40.34	43.96	46.72	49.44	51.43	50.82	49.36	47.57	44.69	40.99	39.81	33.43
6.58	29.41	38.63	41.36	44.53	47.29	47.98	48.10	48.71	45.91	43.06	39.65	40.42	26.77
8.78	33.48	37.50	39.61	43.18	45.05	46.27	45.66	44.93	43.51	40.63	38.19	34.17	10.97
0.00	13.20	31.81	37.74	39.93	41.23	42.29	42.94	41.80	40.22	39.08	36.60	17.63	0.00
0.00	4.39	24.29	36.16	37.62	39.37	39.37	39.61	39.20	37.98	36.68	35.63	6.58	0.00
0.00	0.00	2.19	26.45	24.46	31.32	35.91	36.28	36.36	28.93	24.38	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ผ97 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 8 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

0.00	0.00	0.00	15.40	22.30	34.13	34.33	33.68	31.48	24.54	17.55	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	8.86	36.03	37.94	38.72	40.02	39.61	38.68	37.54	34.17	17.59	0.00	0.00
0.00	11.01	34.21	38.88	41.60	42.66	43.18	43.43	42.94	41.40	38.47	36.08	15.36	2.19
0.00	26.69	37.78	40.83	43.71	45.42	46.92	48.10	46.60	44.16	41.36	38.03	33.35	17.59
4.39	33.60	39.20	42.90	47.17	48.22	51.80	50.98	49.36	46.11	43.27	39.41	36.77	24.25
11.01	36.28	40.14	44.44	49.85	52.37	52.65	53.99	52.00	48.75	45.50	41.60	37.78	29.09
13.20	36.36	40.67	45.46	49.60	53.14	54.52	53.75	53.83	49.64	46.07	43.14	39.49	28.76
8.78	36.81	41.52	45.58	50.09	53.26	56.96	55.45	53.34	50.90	46.64	41.93	38.72	36.32
8.78	34.08	40.71	45.13	49.68	53.02	56.35	53.54	51.63	49.85	45.09	40.42	38.39	36.03
6.58	34.04	39.08	42.98	46.48	49.48	51.23	51.07	48.55	46.96	43.14	40.71	36.44	30.79
2.19	28.72	38.19	40.95	43.10	45.01	47.37	46.56	46.27	44.40	40.63	37.86	35.75	17.55
0.00	13.33	36.36	38.88	40.50	41.23	42.17	43.39	42.49	39.81	37.66	33.88	17.59	0.00
0.00	2.19	15.40	24.42	36.81	37.38	38.55	38.63	38.15	38.68	35.91	19.83	11.05	0.00
0.00	0.00	0.00	4.39	26.57	33.52	35.95	35.91	33.80	33.27	24.25	13.16	4.39	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ98 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 9 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

2.19	15.72	28.56	35.91	37.09	38.88	39.28	39.73	38.68	37.42	35.83	35.38	22.22	0.00
6.58	28.60	35.95	37.42	41.23	42.98	43.92	43.47	41.80	40.83	37.74	36.32	30.83	10.97
30.92	36.28	38.84	40.18	43.31	46.64	47.94	47.25	46.96	45.18	41.84	38.55	36.68	21.98
35.67	37.21	39.81	42.74	46.15	49.97	51.76	51.88	50.29	49.24	44.65	40.14	37.46	35.59
36.77	38.80	42.05	45.34	48.79	53.63	57.12	56.63	54.64	52.20	47.37	42.01	38.39	31.57
36.60	39.28	44.16	47.00	52.24	56.43	59.64	60.29	58.42	55.01	49.60	42.82	39.24	35.87
36.36	39.41	44.00	48.14	52.49	57.85	60.25	60.57	60.08	55.21	50.21	44.12	40.10	36.08
36.52	39.00	44.00	48.71	53.87	59.31	60.37	60.04	60.65	56.59	49.81	44.85	40.14	36.32
36.89	39.08	43.27	48.26	53.42	57.73	59.23	58.62	58.13	54.23	49.12	43.63	39.16	36.52
36.60	38.51	42.78	46.03	50.54	54.44	55.82	56.43	53.50	50.98	47.41	41.80	38.27	35.91
15.36	36.52	39.69	43.06	46.27	50.09	50.98	53.10	51.23	47.90	44.69	40.02	37.05	28.76
4.39	35.26	37.46	39.65	43.31	44.57	46.19	47.08	47.65	44.36	41.64	38.51	36.03	28.60
0.00	0.00	17.75	36.93	38.84	41.03	41.11	42.13	41.11	40.06	38.80	36.20	21.94	2.19
0.00	0.00	10.97	28.76	36.44	37.38	37.98	38.80	37.82	39.00	34.04	22.06	8.78	0.00

ตารางที่ ผ99 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 10 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

0.00	6.62	22.18	34.57	37.38	39.04	40.34	41.32	39.89	38.35	37.38	33.60	15.40	2.19
4.39	31.16	37.17	39.57	42.13	44.32	47.61	48.30	46.23	42.82	40.50	37.70	33.43	13.16
28.93	36.81	39.69	43.47	48.02	49.89	53.34	53.54	51.51	48.99	45.13	40.18	36.64	29.01
35.95	38.43	43.06	47.78	51.96	55.66	58.18	60.69	58.18	54.64	49.44	43.63	39.12	36.16
36.93	40.26	44.85	50.33	56.47	60.41	64.15	66.91	64.72	59.43	54.07	46.48	41.72	37.50
37.09	41.84	48.34	53.02	58.38	64.72	69.75	69.88	69.18	63.25	57.28	49.08	43.31	38.03
38.51	43.06	49.12	53.91	60.98	67.48	71.70	72.03	70.32	66.58	58.42	52.12	43.35	38.07
37.86	42.66	48.63	55.01	60.21	67.23	70.77	71.78	69.43	65.65	59.11	52.81	44.04	38.43
37.78	40.54	47.53	54.56	59.19	65.00	69.06	70.12	67.56	63.90	56.23	50.78	43.88	38.15
36.44	38.76	44.61	50.74	55.94	60.86	64.15	64.63	63.94	57.81	52.89	48.47	42.09	36.81
26.45	37.54	42.13	45.70	51.03	55.53	56.51	58.26	57.40	53.30	48.06	43.35	39.81	31.85
0.00	24.38	38.03	41.40	45.70	49.32	50.21	51.27	49.36	46.84	43.31	39.45	37.42	15.52
0.00	8.78	31.48	38.51	40.14	43.35	45.13	46.03	44.20	43.31	40.58	37.94	37.25	17.71
0.00	0.00	6.58	31.36	36.40	38.80	39.77	39.85	39.85	38.39	36.32	28.84	4.47	2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ100 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 11 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

0.00	10.97	31.69	38.07	41.52	43.55	45.87	44.48	42.82	41.15	37.54	24.50	6.58	0.00
13.28	32.70	39.89	43.88	49.08	52.16	55.09	53.42	50.82	48.30	42.78	38.59	33.96	15.48
36.52	39.65	46.07	50.86	56.88	61.47	64.92	63.98	60.37	54.72	49.93	43.51	38.51	26.57
37.98	42.98	49.81	56.39	64.92	71.13	73.21	73.53	68.49	61.79	54.52	47.86	41.32	36.52
39.93	46.43	53.63	63.82	71.34	78.41	79.30	79.99	76.25	70.48	59.39	51.92	43.63	38.03
41.52	49.77	57.77	67.52	75.56	79.79	81.74	81.86	84.22	74.06	67.76	55.49	45.09	38.39
42.41	51.92	60.25	69.96	77.15	82.47	84.95	85.11	83.69	75.85	65.81	54.84	45.30	39.12
43.47	49.32	59.07	68.58	77.19	82.75	86.08	85.31	79.95	74.75	65.65	55.21	45.95	38.03
41.28	48.34	57.53	66.26	74.30	77.55	81.25	80.97	77.88	71.05	62.85	53.83	44.65	37.94
40.14	46.03	52.69	61.71	68.21	73.37	76.38	77.27	74.43	68.49	58.01	51.07	43.06	37.42
38.43	41.68	47.45	54.64	60.17	67.56	68.01	69.55	65.28	59.31	53.38	46.64	39.93	31.24
31.77	38.92	43.14	46.96	52.20	56.75	58.70	59.11	55.70	51.39	47.86	41.56	37.74	8.90
15.52	34.04	38.76	40.91	43.39	47.13	48.26	48.75	47.49	44.73	40.38	37.62	28.64	0.00
0.00	2.19	35.38	37.58	38.80	40.71	41.72	42.78	41.19	39.77	37.58	35.55	4.39	0.00

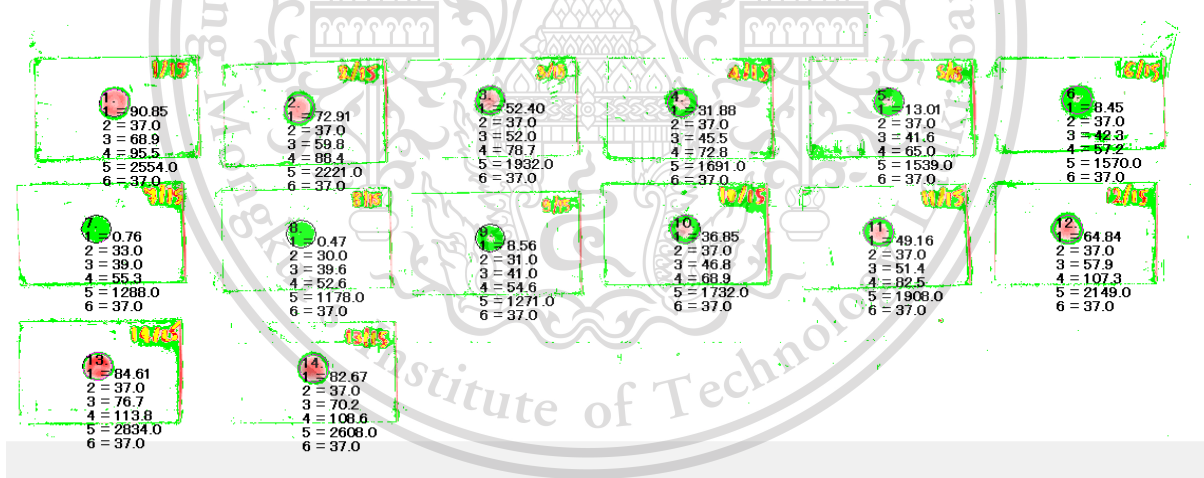
ตารางที่ ผ101 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 12 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

0.00	15.44	31.97	39.12	43.59	46.27	50.09	51.88	48.99	45.83	43.14	38.23	36.28	9.02
15.44	36.24	40.38	45.62	52.57	56.96	62.32	63.94	61.10	58.18	53.22	43.96	39.41	36.08
29.25	39.20	46.96	54.52	63.09	70.93	73.53	75.03	73.65	71.58	61.75	51.15	43.27	37.42
37.54	44.48	53.34	65.00	72.72	80.56	84.70	85.68	85.15	80.52	72.52	59.68	48.87	40.63
40.38	48.06	61.06	73.69	81.53	87.55	92.67	92.26	91.93	89.25	79.91	67.44	54.48	43.10
42.33	51.31	66.50	78.37	87.75	89.50	89.94	94.05	94.37	90.59	86.21	74.30	58.34	46.84
43.02	54.56	66.99	78.81	87.14	91.00	91.98	91.98	94.74	90.51	86.37	76.82	59.39	46.15
43.63	53.18	67.72	76.78	86.08	88.68	91.89	90.76	91.61	88.89	85.35	74.30	60.00	45.78
42.90	52.81	63.05	74.83	80.32	83.40	89.94	90.35	90.59	86.86	82.55	72.48	59.11	45.87
41.36	49.03	57.89	69.35	76.90	80.97	84.18	89.29	87.06	81.49	78.41	69.27	56.18	44.57
38.63	44.28	50.94	61.43	72.56	75.85	79.26	82.39	82.10	77.31	71.38	61.38	49.64	40.79
36.52	39.49	44.48	54.07	61.75	64.76	69.59	74.79	70.40	68.53	62.03	53.26	43.79	37.66
30.79	34.37	39.61	44.40	49.28	52.73	57.48	59.23	59.19	56.31	51.68	47.78	40.58	35.79
2.19	15.56	29.21	34.98	40.14	42.66	47.04	47.37	47.04	45.95	44.08	39.89	32.01	8.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ102 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 13 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 14 ชั้น

18.28	13.61	13.69	32.09	38.72	44.00	45.62	44.16	43.63	41.19	38.55	22.47	6.58	0.00
4.39	24.38	38.39	44.53	53.54	61.34	66.83	66.71	63.98	61.14	50.29	42.62	32.22	4.39
6.62	38.72	45.26	59.11	73.37	80.68	82.39	85.31	82.18	79.06	68.37	55.58	41.36	20.31
24.78	44.20	59.03	75.03	85.84	89.94	90.88	90.63	91.53	89.98	84.46	69.23	49.44	37.46
38.88	50.21	70.20	83.20	89.58	89.94	88.28	88.89	92.58	92.42	90.72	78.69	58.91	42.05
41.03	56.06	77.19	88.40	91.53	89.66	84.46	85.23	88.73	91.57	88.73	80.84	63.90	44.69
41.36	59.43	79.58	87.91	89.74	86.21	81.86	83.08	87.63	89.25	88.68	81.53	68.41	48.71
41.11	59.27	79.50	88.48	88.60	83.85	80.07	81.33	85.31	87.75	87.30	82.63	68.98	49.85
40.30	58.30	78.57	89.74	89.78	84.66	82.71	83.73	84.95	88.32	87.22	85.15	70.69	51.07
38.11	54.64	75.52	88.81	90.63	90.19	87.22	88.56	87.91	90.72	92.26	86.82	71.38	49.24
36.89	47.86	68.78	81.82	89.58	89.42	88.40	89.74	92.46	94.49	91.12	84.46	65.28	45.18
31.12	39.85	55.01	69.23	78.65	84.05	84.38	84.50	87.95	88.24	82.06	72.27	52.85	37.29
31.20	37.13	43.10	52.08	60.49	69.79	72.72	70.36	71.46	68.94	61.47	51.76	40.71	22.34
8.86	32.34	37.94	40.34	44.04	47.53	49.97	50.21	50.09	47.98	43.71	39.12	17.92	0.00



รูปที่ ผ17 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ103 ข้อมูลที่ได้จากการแกลนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/15	Ellipse	37	68.9	88.0750	2554	37
2/15	Ellipse	37	59.8	81.9000	2221	37
3/15	Ellipse	37	52.0	75.6031	1932	37
4/15	Ellipse	37	45.5	61.1406	1691	37
5/15	Ellipse	37	41.6	53.9906	1539	37
6/15	Ellipse	37	42.3	52.2844	1570	37
7/15	Ellipse	33	39.6	48.9125	1288	37
8/15	Ellipse	30	38.0	48.1813	1178	37
9/15	Ellipse	31	41.0	52.3250	1271	37
10/15	Ellipse	37	46.8	65.6094	1732	37
11/15	Ellipse	37	51.4	73.1656	1908	37
12/15	Ellipse	37	57.9	84.2563	2149	37
13/15	Ellipse	37	76.7	100.5063	2834	37
14/15	Ellipse	37	70.2	111.0281	2608	37

ตารางที่ ผ104 ข้อมูลที่ได้จากการแกลนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	4.39	25.51	41.11	49.56	56.35	59.80	60.73	58.83	54.28	48.87	40.99	27.30	4.39
0.00	22.47	42.98	54.60	66.30	72.07	73.73	73.98	71.87	70.24	65.12	54.88	41.93	25.03
2.19	39.41	54.80	69.59	78.24	79.22	78.85	78.20	78.73	78.93	76.86	69.88	52.81	38.96
17.96	45.95	63.86	77.92	82.67	80.40	77.92	76.21	78.00	81.37	83.85	80.19	66.34	44.24
25.15	49.56	69.39	81.37	81.82	77.72	73.45	70.77	73.65	79.02	83.85	81.25	68.98	48.83
21.17	50.21	69.47	77.19	78.77	74.34	68.62	66.95	68.21	75.24	82.88	80.48	70.53	51.96
30.43	51.92	68.82	75.81	76.58	71.22	66.54	65.04	66.50	77.80	82.79	79.14	67.03	49.28
32.66	52.57	69.27	78.33	77.47	71.83	65.98	65.12	65.45	72.35	75.24	76.21	62.89	46.68
38.03	53.71	71.22	80.97	84.74	76.54	72.15	69.83	70.36	73.04	73.61	72.92	56.83	43.35
35.30	52.12	71.22	83.32	88.08	82.67	77.88	75.60	74.95	76.09	72.11	71.01	50.21	39.12
33.92	47.37	66.67	80.72	86.53	86.13	82.35	81.90	81.49	76.54	68.94	56.79	44.36	33.84
11.05	40.63	54.68	70.04	78.28	82.10	81.90	83.16	78.93	72.52	60.69	49.08	39.28	8.86
2.19	27.14	42.45	53.79	64.59	71.34	74.63	74.47	70.00	61.51	50.50	40.26	29.58	4.39
0.00	0.00	29.21	40.50	46.43	52.00	56.71	55.94	53.26	46.92	40.83	31.77	4.39	0.00

ตารางที่ ผ105 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	2.19	24.33	37.17	40.14	43.27	45.50	46.56	46.03	43.59	39.61	36.97	22.30	4.39
0.00	11.05	37.25	42.62	48.47	52.93	55.29	55.45	54.72	51.43	46.43	42.25	37.74	33.11
0.00	24.86	41.19	49.32	57.24	62.12	65.93	66.58	65.73	59.68	53.58	45.78	39.85	31.53
11.09	38.35	47.61	58.46	65.04	70.77	72.35	72.52	70.00	66.22	59.84	51.96	42.25	37.58
18.12	41.11	52.04	62.40	71.99	76.05	80.64	76.94	74.87	71.70	65.49	56.71	46.48	40.14
29.70	45.05	57.16	67.93	75.44	80.93	80.52	78.81	77.63	74.67	68.53	59.19	47.53	41.52
32.50	47.45	59.92	70.12	76.25	78.04	78.04	78.12	77.35	73.33	68.90	59.15	48.51	40.46
38.92	48.51	61.43	71.91	77.51	78.20	80.32	78.28	78.65	73.61	67.52	58.34	47.94	40.18
39.28	48.14	60.13	69.51	74.51	78.45	81.90	75.81	76.01	69.71	64.80	55.82	46.43	39.65
38.96	47.45	57.16	66.91	73.94	78.12	76.54	74.43	72.80	66.83	60.45	53.22	43.79	37.66
38.27	45.30	54.32	63.78	71.30	73.98	73.57	71.87	70.48	62.56	56.14	48.43	41.36	36.64
33.52	40.91	49.08	56.75	64.92	68.33	70.40	66.14	62.20	55.74	49.52	44.08	37.94	33.52
18.00	37.13	42.90	50.05	55.41	58.42	60.49	58.91	55.41	48.99	43.96	39.24	35.91	13.24
0.00	28.97	37.74	41.07	45.99	47.49	49.16	48.67	45.50	41.68	38.35	33.43	11.01	0.00

ตารางที่ ผ106 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	0.00	6.62	22.43	35.22	38.76	40.58	41.60	41.07	39.00	37.46	27.30	2.19	0.00
0.00	10.97	29.58	38.96	41.64	45.34	48.06	48.38	48.99	46.52	43.10	38.96	34.04	2.19
8.86	28.76	39.12	43.27	47.13	53.91	55.33	57.32	55.53	52.93	47.73	43.43	37.62	24.21
8.78	36.52	41.23	48.63	53.79	60.25	62.52	64.23	62.56	58.87	53.54	45.50	39.81	33.64
15.48	39.04	45.13	50.13	58.95	65.16	68.49	68.25	71.01	65.37	59.23	49.44	43.06	37.70
24.74	40.95	47.73	53.91	61.99	69.39	72.15	71.58	71.38	67.97	60.65	53.79	45.01	38.51
29.45	41.60	48.75	58.18	63.58	70.53	74.87	74.71	73.21	69.35	61.34	57.48	44.32	37.90
31.89	41.40	48.59	57.28	64.23	71.54	73.69	75.60	72.31	68.45	60.25	52.73	43.83	37.90
35.99	40.87	48.87	55.45	61.10	66.30	70.48	71.42	70.00	63.94	57.44	50.33	42.17	34.90
33.88	40.14	45.87	52.85	58.38	64.80	67.23	68.33	65.61	61.22	53.67	47.21	39.53	33.84
26.53	37.42	42.78	48.26	53.58	58.95	61.67	62.44	58.99	54.32	49.60	43.43	37.98	24.29
8.78	33.80	39.57	43.79	48.87	52.24	53.95	54.80	52.61	50.13	44.77	40.06	31.48	4.39
0.00	8.78	34.37	38.76	40.91	44.20	45.74	45.70	44.81	41.84	40.58	36.32	8.98	2.19
0.00	0.00	6.58	19.91	36.20	38.76	38.88	39.53	38.35	36.85	30.27	18.53	4.67	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ107 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	2.19	4.39	15.48	22.22	26.73	29.01	33.48	33.31	31.57	22.18	6.62	0.00	0.00
2.19	20.31	20.11	35.87	37.42	38.15	38.23	38.43	38.39	36.81	36.32	24.50	11.01	0.00
2.19	33.03	36.03	37.82	39.00	40.54	42.33	41.40	40.95	40.79	38.11	36.28	19.78	0.00
4.39	36.03	37.05	40.06	41.23	44.04	45.62	44.85	45.26	43.23	41.19	38.51	33.68	8.82
26.57	37.86	40.06	42.62	45.05	47.86	48.95	48.91	49.77	48.02	44.40	40.30	36.93	30.75
35.67	38.59	41.19	44.44	48.71	50.46	51.72	51.35	50.54	48.59	45.42	42.29	37.78	35.59
36.48	38.35	42.13	45.95	51.84	52.85	52.49	52.77	51.51	48.75	44.61	41.32	38.84	29.13
36.12	38.51	41.40	44.40	49.89	52.28	53.99	52.28	51.23	50.90	46.23	42.49	38.76	33.76
28.97	37.90	40.30	43.75	46.80	49.93	51.43	51.43	50.74	48.47	44.93	40.91	37.50	33.11
35.38	37.38	39.93	42.90	46.64	48.26	49.97	48.38	47.78	45.46	43.96	41.60	37.29	31.12
28.93	36.20	38.15	42.05	43.18	44.93	46.72	45.62	44.61	44.08	42.05	39.08	36.52	28.84
2.19	28.84	36.64	38.23	39.57	41.36	42.94	42.58	41.93	40.26	38.84	36.73	36.24	8.78
0.00	8.90	30.79	35.95	37.42	38.39	39.65	39.16	38.72	37.58	36.16	19.91	11.01	0.00
0.00	0.00	4.39	13.16	36.08	36.32	37.58	36.68	36.77	35.71	33.11	15.36	0.00	0.00

ตารางที่ ผ108 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	4.39	6.66	17.75	26.53	31.08	33.88	34.37	36.03	31.32	24.58	8.78	6.58	0.00
6.58	23.32	29.29	34.25	36.89	38.15	39.24	39.85	39.69	38.15	37.42	36.40	22.06	0.00
4.39	33.64	42.33	39.37	40.34	42.09	44.48	44.65	43.67	42.86	41.64	38.88	35.95	13.16
33.64	37.05	42.74	43.43	44.40	48.67	50.70	51.31	48.22	47.37	45.22	41.48	37.42	29.09
37.13	39.33	42.01	49.52	49.97	51.92	55.29	55.09	54.64	51.47	48.18	44.00	39.69	37.13
37.74	40.58	43.39	50.42	54.36	55.05	57.08	57.48	58.70	56.06	50.90	46.15	41.07	37.21
38.43	40.75	45.42	50.62	61.14	58.13	59.03	60.82	59.43	57.53	52.45	47.25	42.90	37.86
38.03	40.95	46.15	50.58	54.23	58.38	57.53	59.56	59.39	57.65	53.10	45.30	42.05	37.70
35.91	39.37	44.48	49.40	51.80	56.27	58.46	58.01	56.75	54.23	50.50	44.24	40.38	36.89
31.08	38.11	41.36	45.34	49.89	53.83	54.80	55.53	55.58	52.85	49.40	43.88	39.81	36.48
13.16	36.36	40.10	44.44	46.68	50.05	51.39	51.23	51.11	49.44	45.91	42.33	38.76	35.91
2.19	28.97	37.94	40.91	43.18	46.03	48.63	46.60	46.23	44.93	42.41	39.81	37.01	24.46
0.00	8.78	36.16	37.54	39.69	41.19	43.43	42.86	42.41	40.99	39.00	36.93	33.23	10.97
0.00	0.00	15.60	35.55	36.81	38.19	38.80	39.28	38.80	37.29	35.95	33.03	15.36	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ109 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	0.00	0.00	6.58	6.58	15.40	22.22	24.38	22.14	19.91	13.20	8.78	0.00	0.00
0.00	0.00	10.97	28.84	36.68	36.68	36.60	37.21	36.56	36.52	35.67	28.76	17.63	15.36
4.39	28.60	35.91	37.74	39.12	40.06	40.22	40.50	39.61	38.59	37.86	37.38	36.89	35.71
26.61	35.75	38.35	40.83	43.51	44.97	44.16	43.47	42.82	41.40	40.91	38.19	37.21	35.67
35.55	37.66	40.71	43.10	45.50	47.13	46.96	46.80	45.18	43.88	41.56	39.16	37.54	35.55
36.12	38.59	42.33	45.54	48.10	49.48	50.01	50.13	48.06	46.27	44.04	41.56	38.68	36.73
37.58	39.81	47.37	47.98	48.83	51.96	52.28	51.43	49.48	48.18	45.09	41.97	39.37	36.52
37.29	40.14	43.71	46.11	47.61	51.19	52.24	50.98	50.13	46.88	45.26	42.86	38.68	36.85
37.13	39.73	43.55	46.52	47.82	50.29	51.39	50.94	48.83	46.68	44.61	41.56	38.88	36.81
36.77	38.76	41.88	43.88	45.66	48.34	48.59	48.99	47.57	45.42	42.53	40.75	39.00	36.16
35.91	37.74	39.53	42.45	44.89	45.83	47.25	46.48	44.53	43.27	41.07	40.14	38.07	36.44
30.96	36.89	39.08	41.60	42.53	43.75	44.73	44.48	43.27	41.68	39.65	38.68	37.17	35.75
28.64	36.32	37.46	38.68	40.38	40.63	42.17	41.07	42.37	39.93	39.53	38.72	37.05	35.67
2.19	28.60	35.63	36.56	37.78	38.39	38.88	38.31	39.41	38.72	38.19	37.25	36.08	29.01

ตารางที่ ผ110 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	2.19	0.00	2.19	0.00	2.19	10.97	8.82	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	2.19	19.87	19.74	26.81	29.58	36.20	31.61	26.61	4.39	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	15.48	35.67	36.64	37.29	37.78	37.29	36.68	36.12	22.22	15.44	2.19	0.00
13.16	19.78	31.44	36.64	39.45	40.06	41.36	41.07	38.92	37.66	36.32	33.31	4.39	0.00
8.78	33.52	38.27	38.11	40.75	42.90	44.04	44.04	40.58	40.06	38.55	35.91	17.55	2.19
19.91	36.97	39.28	40.67	43.18	45.01	45.62	45.58	43.67	41.88	39.08	37.86	28.84	2.19
24.66	37.66	39.28	41.60	43.75	45.83	47.78	47.29	45.70	43.75	40.10	37.62	35.95	4.39
28.72	37.17	39.93	42.94	44.97	47.65	48.91	47.57	45.01	43.79	41.64	38.15	35.91	13.16
28.84	36.28	38.15	40.06	43.59	47.37	48.06	45.95	44.40	43.35	41.48	37.82	36.36	8.78
2.19	22.06	37.98	40.34	43.14	45.46	44.73	44.36	44.53	41.60	39.49	36.85	28.80	6.58
0.00	15.40	37.05	38.07	39.37	41.68	44.00	42.62	41.52	38.68	36.97	35.79	13.16	0.00
0.00	2.19	31.36	36.28	38.11	39.04	39.81	39.89	39.49	38.11	36.08	26.37	2.19	0.00
0.00	0.00	4.39	20.15	31.69	36.28	37.33	37.86	36.32	36.36	15.80	8.78	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	6.58	11.05	19.95	36.08	35.83	33.07	17.63	6.58	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ111 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 8 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	2.19	2.19	0.00	13.20	0.00	2.19	11.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.76	6.58	0.00	11.13	19.95	15.48	29.17	21.94	15.93	8.78	0.00	0.00	0.00	0.00
2.32	2.19	13.37	26.81	28.72	37.17	36.52	36.93	31.65	31.16	13.24	0.00	0.00	0.00
2.23	25.76	36.56	37.29	38.43	39.08	39.37	40.79	38.51	37.78	33.72	19.78	0.00	0.00
27.06	33.48	36.89	40.18	41.19	41.84	42.37	42.70	41.40	40.54	38.72	29.94	6.58	0.00
8.78	31.65	38.39	41.68	42.86	44.85	45.38	46.39	44.61	41.28	39.57	37.66	28.80	4.51
11.05	36.77	37.66	39.98	43.83	45.87	46.48	45.74	45.46	43.88	40.79	38.43	33.23	9.18
15.56	24.13	36.52	40.06	44.12	47.90	48.18	47.29	45.62	43.63	41.07	37.38	31.00	0.00
0.00	22.14	37.25	40.67	43.14	45.62	47.37	47.25	46.19	44.81	41.60	36.52	17.83	0.00
0.00	20.19	37.98	40.18	42.66	43.10	44.44	45.13	44.81	42.78	40.46	34.61	15.36	0.00
0.00	11.33	33.76	37.94	39.73	40.38	42.66	41.97	41.44	41.48	39.08	33.80	2.19	0.00
0.00	0.00	15.36	34.13	37.42	38.23	39.49	39.00	38.11	37.33	36.28	19.87	2.19	0.00
0.00	0.00	0.00	17.63	28.68	36.40	36.97	37.05	36.48	28.76	17.67	2.19	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	4.39	8.78	17.75	13.28	10.97	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ผ112 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 9 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	8.86	22.10	17.83	6.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	13.16	22.06	31.65	37.33	37.50	38.51	34.69	29.09	17.67	6.58	0.00	0.00
0.00	8.78	24.54	36.85	38.51	39.77	41.60	42.09	41.23	39.41	36.68	19.99	2.19	0.00
0.00	26.53	36.93	39.41	41.80	44.08	44.57	44.08	43.63	40.95	38.47	36.24	2.19	0.00
0.00	31.77	38.47	41.68	46.39	48.22	48.91	47.78	46.43	44.73	40.87	36.85	26.49	2.19
6.58	36.60	38.96	42.33	45.66	49.12	50.17	49.52	48.02	46.31	42.78	38.47	33.48	2.19
17.59	36.93	39.81	43.47	46.15	50.05	52.33	52.04	50.58	47.37	44.28	39.77	29.45	4.39
11.09	33.76	39.61	42.86	45.09	49.56	50.62	51.51	50.66	47.17	44.16	38.88	28.88	10.97
11.01	36.08	38.80	41.97	45.95	48.63	48.95	50.21	49.81	47.25	42.86	39.00	35.99	2.19
0.00	20.11	37.74	39.69	41.88	44.00	45.87	46.35	47.04	42.49	40.22	37.58	33.48	0.00
0.00	4.39	27.58	36.77	38.63	40.18	42.33	43.10	41.60	40.06	38.19	33.88	15.60	0.00
0.00	0.00	4.39	13.20	33.60	37.86	39.28	38.72	38.11	36.97	24.33	15.40	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	8.78	26.69	35.99	33.19	26.77	13.16	0.00	9.14	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.58	13.45	4.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ113 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 10 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	0.00	4.47	15.44	24.82	34.90	36.89	38.03	37.82	37.66	28.88	2.19	0.00	0.00
0.00	10.97	30.88	36.44	38.35	39.57	39.73	41.32	41.36	40.50	36.56	26.57	2.19	0.00
2.19	24.21	37.46	39.04	41.36	43.47	45.42	45.01	47.33	44.12	38.55	36.56	15.40	0.00
24.86	38.35	40.79	42.70	45.66	49.60	51.51	50.94	51.88	48.30	42.90	39.12	35.83	8.78
31.81	40.91	43.10	48.14	52.45	52.85	55.66	56.88	57.08	52.33	47.21	42.17	37.46	17.75
36.44	39.69	45.01	50.78	54.84	58.13	61.43	60.94	61.38	55.53	49.85	43.96	38.80	31.24
37.13	41.60	46.64	53.22	56.71	61.22	65.61	63.50	60.29	56.02	51.47	46.35	40.22	36.12
37.58	42.01	47.21	52.49	58.18	62.28	64.63	65.45	62.44	58.05	52.04	46.56	40.50	34.08
36.85	40.67	46.27	53.18	56.59	60.78	63.21	63.86	60.25	56.55	52.37	45.22	40.18	36.36
26.61	38.68	45.42	51.59	54.32	56.39	58.66	57.61	58.18	54.36	48.38	43.06	39.24	33.43
6.58	36.36	40.67	45.70	49.64	52.85	54.44	54.52	54.56	50.05	45.66	40.91	36.44	8.82
2.19	28.76	37.50	41.44	44.53	47.17	50.62	50.70	48.71	46.60	42.29	38.63	36.32	8.78
0.00	0.00	15.48	37.74	40.46	43.23	43.51	43.67	42.62	40.42	37.98	35.55	4.39	0.00
0.00	0.00	2.19	19.91	37.05	38.88	39.04	38.80	38.35	32.66	27.06	13.20	0.00	4.59

ตารางที่ ผ114 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 11 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	0.00	0.00	10.97	33.31	33.48	36.89	37.17	37.46	36.60	24.54	4.39	0.00	0.00
0.00	0.00	8.90	31.44	38.51	40.30	42.49	43.10	42.90	41.07	38.03	31.24	10.97	0.00
0.00	22.10	36.28	39.24	41.97	46.39	49.52	50.66	50.01	47.65	44.53	39.28	31.97	10.97
8.82	34.04	39.20	44.48	48.30	52.65	56.55	58.54	55.94	53.75	49.56	43.35	38.76	31.04
28.93	39.33	44.12	47.94	55.29	59.27	62.32	64.55	62.77	59.39	53.22	47.45	40.67	36.81
36.68	41.07	44.77	52.61	59.84	63.70	67.72	69.43	70.61	73.00	60.13	51.11	43.43	38.51
34.69	41.40	46.56	53.06	61.06	68.09	70.12	70.16	72.31	72.68	63.33	54.80	46.68	40.46
36.77	42.49	47.04	54.11	63.05	67.76	70.81	73.17	72.35	70.44	63.78	56.14	47.08	40.30
35.75	40.22	45.87	55.01	62.28	66.42	70.44	72.88	70.89	68.90	62.16	54.68	46.48	39.93
22.14	38.31	43.63	51.59	56.92	64.43	68.98	68.33	68.58	65.49	59.92	53.14	44.85	39.16
8.78	34.57	40.26	46.23	51.27	57.81	61.67	62.48	63.33	63.17	56.14	49.52	43.18	37.54
0.00	22.18	37.25	42.37	46.92	51.43	55.21	56.39	57.44	56.51	50.46	44.69	39.61	36.44
0.00	0.00	19.99	37.54	41.44	45.22	47.45	48.26	48.34	46.88	44.12	39.08	37.42	24.13
0.00	0.00	0.00	15.52	29.74	39.04	40.54	41.19	39.98	39.73	37.58	33.80	8.82	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ115 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 12 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	2.19	13.37	35.99	38.11	40.06	40.99	41.44	39.77	37.50	27.06	4.43	0.00	0.00
2.19	17.63	36.97	40.10	43.88	46.60	47.86	48.71	47.08	45.91	39.69	31.73	13.24	0.00
2.19	36.12	40.10	44.57	50.78	53.34	57.69	59.23	54.44	51.39	44.28	38.63	22.14	2.19
18.16	39.00	45.13	50.98	57.89	62.44	66.79	67.56	64.76	64.76	51.27	43.55	38.39	15.52
36.77	41.76	49.85	56.79	67.11	72.76	74.10	74.99	70.73	75.97	59.43	49.81	42.62	29.94
38.27	44.28	52.61	62.89	71.09	76.17	79.14	78.61	75.60	71.26	63.62	55.05	47.90	38.51
40.06	46.96	56.79	65.16	74.38	78.85	84.26	82.96	78.85	73.69	66.54	56.63	47.53	40.63
40.63	47.17	56.63	67.60	74.22	81.09	82.06	83.20	80.56	77.19	69.31	59.19	50.46	41.07
40.26	47.90	55.90	64.59	71.42	78.57	81.01	80.36	78.00	74.79	69.02	59.80	50.21	41.28
38.19	44.24	54.40	61.02	69.63	73.61	76.74	76.78	75.20	71.70	65.98	56.96	48.02	39.69
31.73	40.58	50.50	55.45	64.03	68.01	70.24	69.59	69.79	67.64	62.44	57.00	45.95	38.84
15.52	37.58	42.41	48.34	54.93	59.64	60.98	62.48	60.41	60.08	54.97	48.67	43.51	37.29
2.19	13.41	37.62	42.37	46.88	50.62	52.00	53.18	53.75	50.70	47.45	42.53	38.43	15.56
0.00	2.19	17.92	37.38	40.26	41.84	44.00	46.56	48.51	43.43	40.67	37.58	26.89	2.19

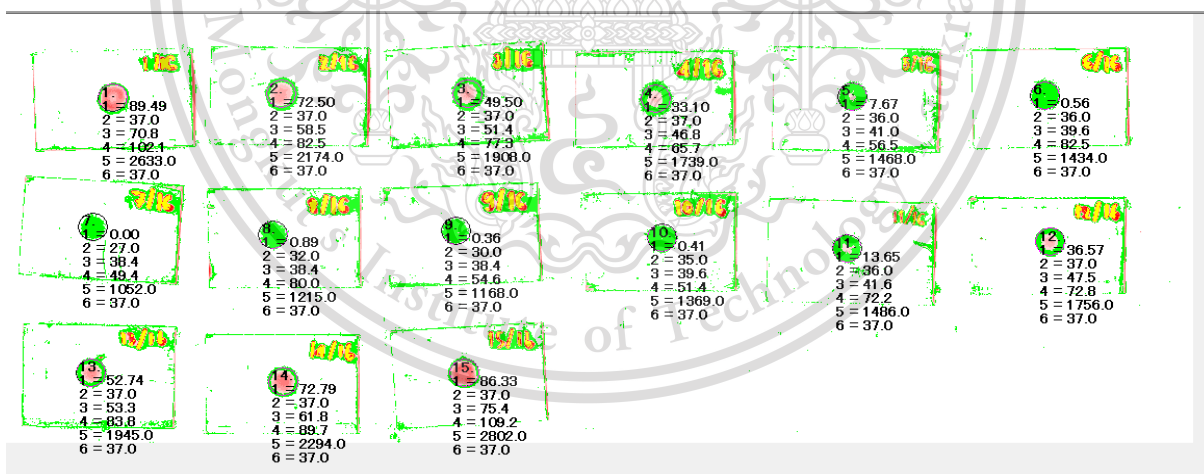
ตารางที่ ผ116 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 13 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	0.00	0.00	8.94	30.43	38.72	39.04	39.24	35.47	30.43	13.20	2.19	0.00	0.00
0.00	0.00	16.33	41.84	50.70	56.27	59.07	59.19	56.31	48.71	40.46	25.43	4.39	0.00
0.00	18.61	46.19	63.01	76.54	84.91	87.99	87.43	82.51	75.60	59.07	42.98	20.23	0.00
6.70	41.07	65.89	85.48	95.59	101.40	104.73	104.89	104.12	97.38	82.92	59.56	40.50	6.62
27.22	59.15	85.15	97.26	103.39	102.78	104.61	107.09	111.03	109.12	98.96	79.38	49.97	30.39
45.05	73.69	95.18	102.46	101.73	98.31	96.57	100.75	105.30	108.88	103.15	88.81	61.63	40.38
49.40	79.02	98.03	99.73	96.97	87.06	82.47	84.83	96.12	100.51	98.43	90.43	67.76	44.89
53.95	80.68	95.06	95.31	87.91	77.03	72.80	74.91	84.58	88.16	87.30	86.04	67.07	45.58
53.30	79.38	91.57	87.99	82.02	79.71	81.17	82.43	86.82	87.30	80.64	74.75	63.21	44.32
49.16	72.88	83.85	80.15	80.84	84.54	88.68	91.73	94.90	91.08	82.39	65.57	52.28	41.19
43.83	62.64	76.29	77.76	82.06	87.38	92.71	99.61	101.40	96.93	81.74	57.40	42.41	30.23
28.32	49.48	62.24	67.32	75.77	82.39	90.15	95.63	98.03	87.30	65.41	43.39	29.41	4.39
6.58	33.35	45.50	51.27	58.09	66.83	75.08	78.33	76.38	62.12	43.27	13.45	0.00	0.00
0.00	2.19	16.13	30.79	41.23	44.81	48.38	50.66	46.52	32.26	9.02	0.00	0.00	2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ117 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 14 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 15 ชั้น

0.00	0.00	8.78	31.48	39.37	43.02	48.71	42.94	42.05	39.08	32.01	8.90	0.00	0.00
0.00	6.62	37.33	41.76	47.78	50.70	55.29	55.49	54.40	48.06	41.93	37.90	15.48	0.00
2.19	29.41	42.82	52.28	60.94	66.50	70.61	69.06	65.12	59.52	51.19	43.35	37.42	13.33
15.64	40.02	50.13	65.37	73.61	77.55	80.64	81.25	77.39	72.80	63.09	49.64	41.19	31.85
34.73	44.36	57.69	76.54	79.50	87.43	93.23	89.90	89.54	82.02	72.23	58.70	46.03	37.58
38.92	51.27	67.48	84.83	87.14	91.12	96.40	97.66	95.75	91.20	80.44	68.98	53.26	40.58
41.03	54.84	69.79	86.08	91.61	96.65	99.33	98.92	97.01	93.68	85.52	71.95	54.88	43.10
42.45	55.53	72.31	86.98	92.95	97.62	100.51	99.86	97.46	95.35	88.48	77.72	57.81	44.61
40.75	53.95	73.37	84.34	91.37	94.70	95.79	97.58	98.03	96.57	88.68	80.84	62.08	44.57
39.24	52.37	70.44	82.75	89.17	91.53	92.22	92.46	95.47	91.81	88.68	79.67	63.09	44.32
30.75	48.06	64.07	76.29	82.83	85.80	82.35	82.63	83.00	83.53	82.47	77.03	60.78	42.25
22.38	42.21	53.50	65.37	71.74	73.78	72.43	72.48	73.98	75.60	73.00	65.81	52.61	38.35
0.00	25.43	43.39	52.81	57.04	62.68	61.18	61.51	63.66	64.51	58.05	53.46	44.73	22.87
0.00	0.00	34.49	41.32	45.54	50.13	49.12	50.38	50.29	49.60	46.88	42.37	35.43	2.19



รูปที่ ผ18 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ118 ข้อมูลที่ได้จากการแสดกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/16	Ellipse	37	70.8	96.4438	2633	37
2/16	Ellipse	37	58.5	77.8375	2174	37
3/16	Ellipse	37	51.4	71.8656	1908	37
4/16	Ellipse	37	46.8	63.1719	1739	37
5/16	Ellipse	36	41.0	51.4719	1468	37
6/16	Ellipse	36	39.6	48.2219	1434	37
7/16	Ellipse	27	38.4	44.6469	1052	37
8/16	Ellipse	32	36.8	42.9406	1215	37
9/16	Ellipse	30	38.4	46.3531	1168	37
10/16	Ellipse	35	39.6	48.9531	1369	37
11/16	Ellipse	36	41.6	60.0844	1486	37
12/16	Ellipse	37	47.5	68.0063	1756	37
13/16	Ellipse	37	53.3	78.4469	1945	37
14/16	Ellipse	37	61.8	84.3375	2294	37
15/16	Ellipse	37	75.4	91.3656	2802	37

ตารางที่ ผ119 ข้อมูลที่ได้จากการแสดกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	6.62	36.44	39.69	45.09	48.63	51.15	50.25	46.84	41.97	33.15	8.94	0.00
0.00	2.19	33.39	47.86	59.76	67.36	68.33	70.32	70.32	66.79	60.33	49.77	39.45	11.25
2.19	27.99	48.30	64.19	75.44	78.53	79.75	79.34	78.77	80.60	76.62	68.49	50.50	36.68
8.90	40.87	58.18	75.52	82.63	82.59	80.60	81.13	81.82	84.87	84.87	78.41	62.44	44.53
20.27	46.72	66.83	82.02	85.72	81.29	77.55	73.49	72.76	79.42	87.83	86.37	69.18	47.90
25.35	48.91	69.18	80.32	82.83	75.48	67.48	66.26	67.64	76.21	86.00	84.70	71.22	51.88
32.54	50.66	71.91	79.99	80.68	71.05	64.31	64.55	66.18	74.71	82.27	81.29	71.95	51.88
28.80	54.19	71.50	80.80	81.82	73.49	64.31	63.05	66.34	74.71	79.50	77.76	68.62	50.29
38.55	55.25	77.39	87.02	86.04	84.70	69.88	66.95	70.20	75.03	76.74	73.61	62.60	46.92
37.54	54.48	78.28	91.57	93.11	86.49	79.34	76.01	78.65	78.41	76.17	67.68	56.31	44.24
24.94	49.28	70.89	89.05	96.44	93.03	90.31	86.25	84.91	79.95	74.30	62.97	47.61	40.14
8.90	41.15	58.46	76.42	87.87	91.93	92.58	90.07	87.30	79.71	68.33	54.56	41.72	32.30
2.19	27.26	44.04	58.09	72.96	80.40	81.70	81.53	78.12	68.90	56.27	46.43	39.69	24.62
0.00	0.00	20.76	41.03	48.99	57.53	61.10	60.94	57.16	49.93	42.53	26.00	6.62	6.58

ตารางที่ ผ120 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	4.39	37.82	38.47	41.15	44.12	47.41	48.99	46.27	44.20	41.03	38.19	29.33	8.78
0.00	22.14	38.55	43.71	48.26	52.61	55.17	56.79	54.56	52.45	48.59	42.62	37.46	28.68
10.97	37.09	42.58	50.17	56.23	61.22	62.48	62.89	61.14	59.68	55.45	48.99	42.13	36.68
31.36	41.07	48.83	55.05	62.64	66.58	68.78	67.60	67.03	65.41	62.36	54.72	46.31	38.96
34.37	44.12	52.33	61.22	67.52	68.74	71.62	71.70	70.89	70.16	66.87	58.83	50.05	41.64
37.90	46.15	55.17	62.89	72.48	73.61	74.43	73.29	71.95	70.36	66.30	60.37	51.51	42.66
38.39	46.19	57.40	66.38	70.73	73.98	76.66	74.87	72.80	70.12	66.91	59.03	51.27	41.60
38.88	49.97	59.07	66.54	71.99	75.64	77.84	74.51	72.43	70.32	66.83	58.99	49.36	41.68
38.35	48.59	59.43	67.07	71.54	74.02	75.52	74.71	73.73	70.12	64.55	55.78	47.29	40.79
37.25	46.64	54.72	65.45	71.26	73.78	74.34	73.33	71.34	66.67	59.92	52.77	45.54	39.49
27.26	42.21	52.53	60.00	67.56	70.48	72.11	70.53	66.71	61.67	54.93	48.47	41.32	37.05
13.28	38.31	46.27	52.37	59.19	63.90	65.08	64.23	59.27	54.52	49.64	42.74	38.23	35.63
2.19	36.20	39.57	44.32	49.64	53.71	55.25	54.23	51.19	47.00	42.53	38.80	35.87	6.58
0.00	8.78	29.70	38.84	41.44	43.31	44.93	44.48	42.49	40.67	37.86	26.73	6.58	2.19

ตารางที่ ผ121 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	21.98	33.48	34.25	38.51	38.72	39.33	38.96	38.23	37.01	26.81	10.97	0.00
0.00	26.49	36.24	38.72	40.99	42.33	44.89	45.30	44.40	42.53	39.81	36.85	35.71	11.05
2.19	35.79	38.15	41.52	45.30	48.30	52.24	51.51	49.28	46.80	43.23	39.37	37.66	30.92
19.83	37.21	41.03	45.74	50.66	55.25	58.74	56.31	54.23	50.98	45.78	41.88	38.51	27.02
35.79	39.57	43.55	50.29	55.82	59.72	63.01	61.51	60.13	55.25	50.01	44.69	40.83	36.97
36.73	40.46	47.82	55.33	60.69	64.84	67.76	65.73	64.03	59.84	54.68	48.22	42.66	38.07
38.35	42.41	49.73	57.48	64.68	68.01	70.12	69.67	66.71	62.12	56.27	49.89	43.18	38.84
37.29	42.78	50.58	57.36	65.89	69.55	71.87	71.30	68.37	64.59	56.55	50.21	43.92	38.39
37.82	43.59	50.21	58.26	66.71	70.57	71.54	70.73	67.40	62.60	55.13	47.61	42.33	38.68
36.97	42.33	48.22	57.85	65.93	67.84	70.44	69.14	65.08	59.27	53.50	46.92	41.36	37.70
34.17	39.89	45.70	52.93	58.26	64.11	65.57	63.70	59.27	55.58	49.73	44.24	41.23	37.25
33.48	38.19	42.82	48.71	53.71	56.43	56.63	55.58	53.22	50.17	45.42	40.95	38.03	31.00
19.99	36.03	39.33	44.44	48.14	49.93	50.94	49.56	48.02	44.57	40.99	38.84	35.95	24.33
0.00	26.69	36.44	38.76	41.93	44.85	44.81	43.10	41.97	40.50	38.19	36.08	30.83	4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ122 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	28.68	39.37	41.68	38.31	40.22	39.65	38.84	38.07	36.52	33.48	24.25	0.00
0.00	19.74	35.87	37.74	40.54	41.84	42.78	43.75	42.90	42.58	39.24	37.38	35.91	17.55
21.94	35.63	38.31	41.19	43.71	46.03	48.22	48.06	46.84	45.87	42.74	40.71	37.46	35.83
15.40	36.44	39.16	42.86	45.78	53.75	52.93	52.57	50.46	50.21	45.42	41.72	38.72	36.12
24.62	37.58	41.19	46.68	50.09	53.14	56.06	55.86	53.54	52.45	47.90	45.09	39.93	37.46
35.75	38.80	42.33	48.51	54.07	56.79	60.17	59.43	57.77	54.64	50.09	45.74	41.40	38.03
35.91	39.69	44.65	50.29	56.63	58.58	61.67	61.71	59.52	55.74	50.66	45.95	42.21	38.80
37.05	40.99	45.70	52.28	58.18	60.00	61.26	63.17	60.61	55.53	50.46	46.43	42.90	38.84
36.32	38.88	44.61	50.13	56.27	57.97	59.92	60.90	57.85	55.17	50.82	46.07	41.36	38.35
34.17	38.55	43.18	48.30	52.53	56.55	57.53	56.63	56.23	51.84	47.17	44.61	39.37	37.05
31.04	38.19	40.79	46.07	47.90	51.23	53.02	53.50	51.23	48.71	44.97	41.03	38.31	36.03
19.78	37.58	38.59	42.29	44.24	47.13	48.71	48.22	47.04	45.34	43.06	39.81	36.64	30.83
19.74	36.08	37.29	39.33	41.19	42.33	43.18	43.39	42.21	40.83	39.24	38.03	36.24	28.76
4.39	10.97	24.42	36.89	37.46	38.72	38.68	40.06	37.94	37.05	36.20	35.75	19.78	10.97

ตารางที่ ผ123 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	0.00	6.58	33.07	28.80	31.16	28.88	35.67	24.25	17.71	6.58	0.00	0.00
0.00	0.00	11.01	26.61	33.76	37.78	36.97	37.54	37.46	36.44	33.23	11.13	2.19	0.00
0.00	10.97	28.72	36.64	39.04	41.07	40.99	41.07	40.58	38.72	37.86	31.85	28.68	4.39
2.19	24.21	33.96	39.12	41.76	44.85	45.66	44.00	43.02	40.99	38.92	37.42	35.59	10.97
6.58	35.79	37.50	40.71	44.08	46.52	48.83	50.09	45.70	43.14	40.10	38.80	36.03	28.56
0.00	31.53	38.19	41.44	46.03	49.52	49.97	49.20	46.31	43.39	41.44	38.84	36.44	19.95
13.16	36.03	39.04	43.14	46.96	50.78	51.23	50.29	49.20	46.23	43.23	40.06	37.25	22.22
8.78	33.92	39.41	43.83	46.43	50.21	51.47	51.35	49.73	45.83	43.79	40.06	37.01	28.68
8.78	36.56	39.08	43.10	46.11	49.32	51.07	51.31	48.83	45.54	43.51	39.08	36.68	19.83
10.97	35.79	38.35	41.15	44.73	47.13	48.06	48.26	45.46	43.96	41.64	38.55	36.48	26.37
2.19	35.55	37.29	39.45	42.90	44.81	45.26	44.69	44.16	43.02	39.41	37.01	35.38	4.39
0.00	15.36	31.44	37.86	39.69	40.46	40.91	40.26	40.42	39.20	37.38	35.55	19.74	0.00
0.00	0.00	15.36	35.51	37.09	37.98	38.03	37.66	36.64	36.36	33.39	19.74	2.19	0.00
0.00	0.00	0.00	19.74	30.88	35.87	36.40	35.55	35.63	33.48	17.59	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ124 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	4.39	8.78	24.17	30.92	36.03	36.08	35.71	35.47	33.11	19.83	8.82	4.39	0.00
0.00	0.00	17.55	28.76	34.45	36.64	37.17	38.03	37.17	35.87	35.59	24.29	4.47	0.00
0.00	8.78	30.79	35.79	37.98	39.24	39.81	39.37	39.24	38.76	37.29	35.75	13.16	2.19
2.19	19.78	36.32	38.11	43.27	47.94	42.70	42.41	41.93	41.03	38.07	37.05	24.17	19.83
10.97	35.63	38.68	39.53	44.53	48.22	44.32	44.53	44.73	42.90	39.81	38.39	36.08	19.78
17.55	36.16	38.47	40.46	43.55	44.65	45.78	45.18	45.34	43.51	41.11	38.84	35.83	28.68
15.44	36.44	38.92	40.34	44.53	47.57	46.52	47.25	45.83	44.28	40.63	37.38	34.21	28.60
17.75	37.25	39.33	41.76	44.97	46.64	48.06	47.17	46.11	43.51	41.32	39.16	37.33	28.64
13.16	36.36	38.84	41.84	45.34	45.66	47.73	45.78	44.89	44.81	40.54	39.04	36.40	24.21
21.98	35.99	38.35	41.84	43.88	44.32	45.05	44.16	44.12	42.86	41.28	38.76	36.12	21.94
17.59	35.38	38.15	39.28	40.99	42.29	43.18	42.58	42.25	40.79	39.69	38.27	33.15	17.55
6.58	26.45	35.87	37.66	39.61	41.68	40.42	40.06	39.53	38.92	37.66	36.24	24.13	6.58
0.00	2.19	24.38	36.40	37.21	37.90	37.78	38.27	38.43	37.29	36.36	28.60	2.19	0.00
0.00	2.19	8.78	26.49	33.03	36.20	35.59	35.75	33.11	28.64	22.14	21.94	6.58	0.00

ตารางที่ ผ125 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	6.91	13.65	8.78	2.19	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	24.46	28.76	28.72	15.36	13.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	17.55	22.38	34.37	36.40	35.59	31.61	26.65	2.19	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	13.16	36.56	37.58	38.63	37.62	38.76	38.35	37.09	20.03	4.39	0.00	0.00
0.00	6.62	33.31	37.78	38.63	39.61	40.63	40.63	39.45	38.72	36.40	21.94	0.00	0.00
0.00	22.10	36.03	39.04	42.05	43.18	42.41	42.21	41.11	38.96	37.50	30.92	8.78	0.00
0.00	33.56	36.73	38.84	42.62	44.12	43.79	42.49	41.03	39.04	37.66	33.31	4.39	0.00
2.19	31.12	37.42	39.89	43.39	43.27	44.65	42.94	43.35	40.02	38.07	36.60	17.67	0.00
2.19	28.60	36.64	39.61	41.68	42.82	42.70	42.90	42.37	40.38	38.31	35.87	13.24	0.00
0.00	33.43	36.60	37.50	40.22	42.49	42.37	43.59	41.52	39.61	38.11	31.61	11.01	0.00
0.00	33.39	35.63	37.62	37.70	39.37	40.06	41.40	39.41	38.63	37.01	35.30	0.00	0.00
0.00	15.36	13.49	29.01	36.60	38.07	38.19	38.76	36.68	36.20	28.84	6.58	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	2.19	26.45	36.89	36.48	33.60	30.83	15.40	13.16	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	2.19	0.00	17.59	24.17	8.78	6.70	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ126 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 8 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	0.00	8.90	19.83	28.80	22.30	33.80	19.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	2.19	25.88	37.42	37.21	37.13	38.43	31.28	15.40	2.19	0.00	0.00	0.00
0.00	4.39	11.29	34.45	37.09	38.31	39.61	39.00	36.89	33.11	26.49	13.16	0.00	0.00
0.00	24.21	36.77	38.84	39.98	40.34	40.67	39.93	38.80	37.82	31.65	30.92	17.67	2.19
10.97	28.76	37.66	39.28	40.95	41.84	43.23	41.48	41.03	39.93	37.74	36.32	13.16	11.05
11.01	35.67	37.42	39.89	40.87	42.13	43.43	43.75	42.70	40.95	39.49	37.50	22.43	31.12
4.39	24.42	36.85	39.00	40.87	42.09	45.87	43.55	42.53	41.03	39.61	37.90	35.79	22.63
0.00	17.59	35.75	38.27	40.22	40.63	41.52	41.60	42.94	40.14	38.80	36.73	33.03	4.39
14.54	37.38	35.71	38.23	40.02	41.07	43.06	42.58	40.87	39.98	38.76	36.20	35.30	13.20
37.66	48.14	35.59	37.29	38.68	40.91	41.28	43.67	41.28	39.81	38.15	36.48	30.88	10.97
4.47	22.55	26.37	36.28	37.82	38.88	40.02	39.57	39.16	37.54	34.33	31.28	13.16	4.39
0.00	6.58	2.19	26.49	35.83	36.64	39.33	38.07	36.93	36.20	22.10	8.78	2.19	0.00
0.00	0.00	2.19	2.19	17.63	26.73	39.73	37.17	35.55	28.84	2.19	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	4.39	28.68	30.96	24.33	8.78	8.86	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ผ127 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 9 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.58	10.97	8.78	8.78	10.97	2.19	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	4.39	18.00	29.09	36.32	33.52	31.12	19.74	4.39	2.19	0.00	0.00
0.00	0.00	4.39	28.93	36.48	37.17	37.94	38.11	36.85	35.83	28.64	19.78	0.00	0.00
0.00	2.19	28.60	36.12	37.33	39.16	40.22	39.12	37.98	37.29	35.55	13.20	4.39	0.00
0.00	26.49	36.52	37.74	38.59	40.50	41.32	41.56	39.73	37.70	36.85	33.27	2.19	0.00
10.97	35.95	38.96	39.93	40.83	43.27	43.88	43.92	42.94	41.15	38.76	37.01	24.25	6.58
8.78	19.87	38.03	40.26	41.64	44.20	44.44	44.24	44.24	41.23	38.63	36.97	24.29	13.16
13.24	36.03	38.96	40.02	41.93	45.18	44.16	45.87	46.35	41.64	39.89	37.01	35.59	19.74
0.00	31.12	38.55	39.65	41.48	43.51	44.57	44.04	44.93	42.82	40.14	37.74	28.76	13.16
0.00	15.40	35.95	38.80	39.77	40.54	42.01	44.53	41.80	41.48	38.76	36.36	22.02	0.00
0.00	4.39	24.38	36.85	37.13	38.68	39.93	42.25	38.88	38.27	37.21	35.38	21.98	21.33
0.00	0.00	22.26	33.96	36.52	37.38	38.15	39.33	37.98	36.60	31.16	20.19	19.74	17.96
0.00	0.00	0.00	4.39	17.71	37.05	33.88	37.33	36.08	22.10	11.01	2.19	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	13.28	26.81	24.54	13.16	13.16	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ128 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 10 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	0.00	2.19	19.74	13.16	19.74	19.78	13.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	6.58	15.36	28.72	36.44	36.56	37.42	37.01	36.73	31.32	19.95	8.86	0.00	0.00
6.58	10.97	30.79	35.71	38.03	39.73	40.71	39.77	39.81	37.86	35.83	33.31	10.97	0.00
28.93	35.75	36.28	38.07	39.53	42.13	43.88	42.86	42.33	40.42	38.15	36.97	31.28	6.62
26.65	36.85	37.58	40.22	41.97	43.71	46.80	45.95	44.04	42.74	40.10	37.98	35.63	24.33
24.21	37.21	38.84	40.46	43.59	45.46	47.41	46.27	45.99	43.96	40.79	38.27	35.55	19.74
28.68	37.01	38.92	40.46	44.24	45.74	46.60	47.17	46.88	44.57	41.84	38.47	36.08	28.56
19.91	36.20	37.98	40.42	44.48	46.84	47.61	48.95	47.45	44.24	42.01	38.88	34.57	26.33
8.78	36.24	38.15	40.54	43.63	45.87	46.56	47.78	46.15	43.23	40.95	38.51	31.61	24.46
0.00	33.56	37.05	39.93	41.64	44.16	43.96	44.32	43.27	40.67	38.96	37.98	35.91	8.78
0.00	8.94	27.14	36.81	39.33	41.03	40.83	42.49	41.23	39.33	38.07	33.76	28.60	2.19
0.00	0.00	11.01	33.48	37.17	38.19	39.73	40.63	39.28	38.27	37.94	32.95	4.39	0.00
0.00	0.00	0.00	8.86	20.11	33.72	37.86	38.55	36.73	36.12	26.57	6.58	4.39	2.19
0.00	0.00	2.19	4.39	4.39	28.52	35.55	33.60	19.83	24.13	4.39	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ผ129 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 11 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	0.00	13.16	17.71	29.05	35.79	33.19	22.10	17.59	8.98	0.00	2.19	0.00
0.00	0.00	20.07	36.24	37.38	38.63	38.51	39.20	38.03	35.99	19.95	0.00	0.00	0.00
2.19	28.52	37.09	39.28	41.40	41.93	42.94	44.04	41.23	39.24	37.58	31.16	6.62	0.00
8.78	33.31	38.47	40.91	44.48	45.70	47.90	45.87	44.16	42.09	39.04	36.56	31.48	6.62
15.36	36.36	39.98	43.75	46.64	50.33	49.20	48.26	46.31	45.83	42.25	39.73	34.08	26.81
22.51	36.97	40.75	45.30	48.18	50.66	51.80	50.66	47.65	48.34	48.30	39.77	33.56	10.97
33.27	37.13	40.34	45.66	49.77	52.49	52.61	53.22	54.60	54.97	51.51	42.29	36.36	21.94
19.95	36.36	39.04	45.70	47.57	51.88	52.57	53.75	59.96	47.49	43.63	39.81	36.16	13.16
15.44	37.21	39.93	46.60	47.98	50.42	50.94	51.63	60.08	47.00	42.37	38.84	35.99	21.94
6.58	35.63	38.23	41.56	43.92	46.76	47.73	47.25	55.53	44.65	40.34	38.72	31.08	6.58
0.00	24.17	36.28	38.35	41.07	42.53	43.88	44.00	46.27	40.75	37.90	37.21	28.72	0.00
0.00	0.00	15.36	35.83	37.38	39.08	40.50	40.30	38.76	37.62	36.44	30.96	6.58	0.00
0.00	0.00	10.97	28.76	36.16	36.68	37.70	38.11	37.29	36.32	30.92	6.66	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	2.19	24.46	28.84	35.79	35.95	36.24	33.03	10.97	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ130 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 12 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	0.00	10.97	33.84	36.32	37.38	36.77	37.17	36.56	19.91	8.78	0.00	0.00
0.00	0.00	19.74	36.77	40.26	40.83	41.56	42.62	41.76	40.38	37.46	35.59	10.97	0.00
0.00	19.74	36.60	40.02	43.27	46.56	48.67	48.55	47.49	44.36	43.59	37.90	31.16	4.39
8.78	36.20	38.96	44.89	48.99	51.88	53.99	56.18	53.87	50.09	45.30	40.06	37.13	17.67
13.16	37.74	41.28	47.21	53.10	56.35	59.23	61.38	59.84	55.74	49.16	43.18	38.72	28.93
24.54	37.78	43.51	51.11	56.10	61.75	64.96	65.53	64.07	57.81	53.10	46.15	40.54	36.20
26.89	38.35	44.40	52.53	58.34	64.80	66.99	67.40	67.15	60.61	54.68	48.10	41.72	36.81
24.74	38.55	43.83	50.94	58.62	63.46	66.87	68.01	68.01	60.53	54.60	48.38	42.29	37.01
21.94	37.90	42.09	49.24	55.90	59.80	63.21	65.73	64.63	58.42	52.57	47.29	40.99	36.85
2.19	36.20	40.50	45.50	51.07	56.96	58.78	60.69	59.27	54.48	50.25	44.61	42.37	36.16
0.00	19.91	37.66	42.53	47.21	51.68	53.50	55.78	53.99	49.44	45.54	42.33	38.80	35.99
0.00	0.00	33.31	38.72	43.02	45.18	47.57	48.63	48.91	45.22	40.22	37.98	29.09	8.78
0.00	2.19	15.40	33.68	38.43	40.50	41.28	42.66	42.53	40.42	38.35	28.97	17.63	4.39
0.00	0.00	2.19	8.78	22.14	36.28	36.81	37.94	37.90	38.68	28.84	13.16	0.00	0.00

ตารางที่ ผ131 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 13 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	13.20	29.21	38.76	38.88	39.73	39.20	37.46	36.44	35.75	28.97	8.78	0.00
0.00	8.86	36.56	39.81	42.62	44.61	46.39	45.74	43.18	40.58	38.55	26.73	4.39	0.00
2.19	29.45	40.75	47.37	51.39	54.28	55.33	53.79	49.89	46.07	41.48	36.08	17.67	0.00
24.25	38.27	44.97	54.03	59.27	64.43	66.14	63.94	58.87	54.03	46.15	40.46	36.48	8.82
34.13	42.45	51.72	58.91	66.99	70.97	73.78	71.66	68.01	60.00	50.66	43.79	38.27	17.63
37.70	44.57	53.87	62.28	69.47	76.21	78.16	76.38	72.15	64.07	57.53	48.43	40.06	22.22
39.33	45.91	55.98	65.49	70.81	77.19	80.93	78.28	74.43	68.21	60.13	48.38	40.38	31.73
37.86	46.80	55.98	68.25	71.99	77.35	78.16	78.45	74.79	67.11	58.38	48.83	40.02	31.61
36.89	43.96	52.93	61.26	69.67	74.34	75.77	76.94	72.07	65.08	56.10	48.14	40.02	31.44
31.97	42.78	50.01	57.24	64.59	68.45	70.77	70.44	69.71	62.36	53.30	44.85	38.07	19.91
6.74	37.98	42.90	50.05	56.06	60.29	63.82	63.58	61.47	54.88	47.25	41.07	36.60	10.97
0.00	24.70	40.18	45.66	48.43	52.89	54.36	53.18	51.31	48.47	42.66	38.07	24.42	2.19
0.00	15.36	34.82	40.38	43.27	45.13	45.78	45.50	43.71	41.28	35.30	22.67	0.00	0.00
0.00	2.19	8.82	24.54	38.19	38.03	38.31	38.07	37.29	29.29	4.39	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

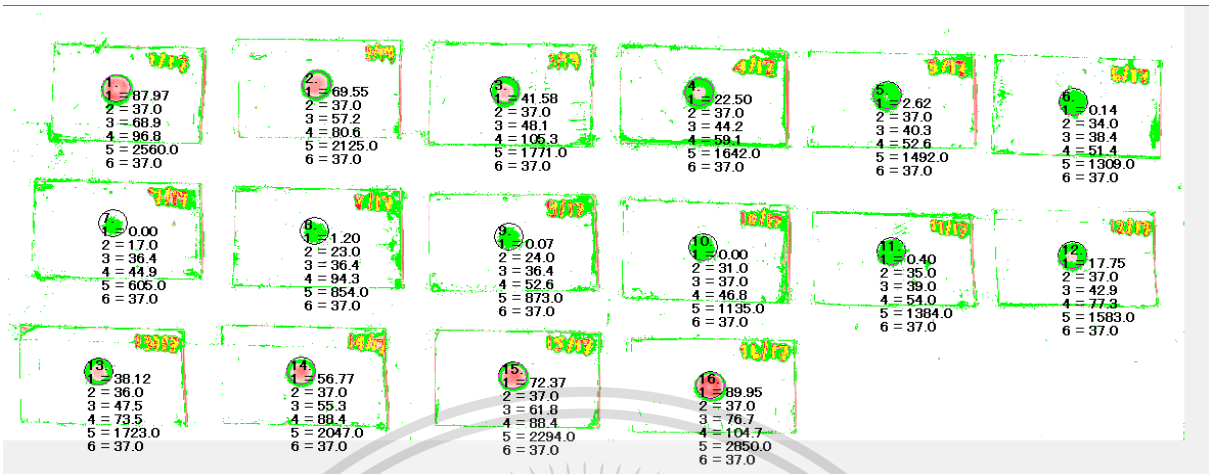
ตารางที่ ผ132 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 14 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	8.82	36.81	40.22	41.32	43.71	45.34	44.16	40.99	38.68	25.07	4.39	0.00
0.00	15.48	37.21	42.58	50.42	53.02	56.27	57.08	54.93	49.93	46.23	40.02	29.49	2.19
4.39	32.50	43.14	50.54	59.03	63.50	67.36	69.14	69.96	62.93	54.84	46.11	39.61	17.96
18.04	40.30	49.12	59.68	68.37	74.75	75.77	77.39	76.58	72.31	64.55	53.34	44.32	32.38
37.09	43.67	55.21	66.26	73.78	81.17	82.10	83.40	81.33	79.58	72.07	60.65	49.81	39.16
37.78	47.53	61.14	70.40	77.07	80.68	84.09	84.99	85.03	80.88	74.83	64.80	52.41	41.23
38.84	49.48	62.16	71.38	78.53	81.09	84.30	84.54	86.61	81.53	76.46	66.99	54.40	42.05
39.12	49.24	63.29	72.68	78.41	81.37	83.04	84.26	84.34	81.62	77.84	67.88	54.52	42.90
38.68	48.22	59.88	69.88	77.27	79.50	82.43	82.39	84.13	83.97	74.38	63.54	51.84	40.54
29.90	43.55	53.83	65.61	71.05	74.47	77.31	79.63	78.89	77.03	70.36	59.19	47.94	38.31
17.75	39.45	47.41	57.20	63.21	68.86	72.56	75.24	73.61	70.85	65.53	55.86	44.93	36.64
2.19	34.08	40.71	48.26	54.97	59.31	64.39	65.73	64.84	61.47	55.94	48.10	42.33	27.18
0.00	11.01	36.48	40.71	44.97	49.85	53.22	54.23	52.81	50.58	45.87	40.42	37.58	24.90
0.00	0.00	0.00	22.38	37.90	39.61	42.45	44.28	42.58	40.22	37.25	22.10	0.00	0.00

ตารางที่ ผ133 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 15 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 16 ชั้น

0.00	0.00	11.42	35.30	41.64	44.16	46.39	46.84	44.81	41.07	37.42	15.60	0.00	0.00
0.00	11.05	35.95	44.16	54.32	62.64	70.04	69.06	66.79	61.34	49.93	38.35	8.86	0.00
2.19	32.30	46.39	62.89	75.08	82.79	88.08	88.48	88.24	81.74	70.69	49.77	33.19	4.43
18.16	45.01	60.78	77.39	86.41	95.27	95.88	96.81	99.65	96.53	88.68	65.41	44.85	22.63
32.70	52.45	73.25	86.21	93.97	96.89	94.86	98.60	99.69	102.17	100.18	77.43	53.58	37.78
40.50	61.30	80.56	90.11	92.58	90.43	88.24	91.33	95.51	98.23	97.66	83.24	59.96	41.40
42.53	63.17	81.33	90.63	89.90	86.45	84.18	84.99	91.49	96.89	93.72	85.27	63.86	44.40
42.49	63.29	80.07	88.89	89.17	82.79	86.00	83.77	87.59	90.47	91.37	85.03	66.50	46.23
43.02	61.22	79.99	90.27	89.54	85.11	83.61	84.22	87.38	90.84	92.50	85.60	69.02	48.38
40.46	57.44	77.11	89.50	91.89	86.94	88.03	86.37	90.80	94.94	94.90	90.35	68.53	47.37
38.51	48.34	70.24	83.73	87.14	87.51	88.36	89.42	93.84	95.02	91.57	81.62	60.41	41.44
8.86	39.85	54.07	68.98	78.12	79.50	82.47	83.73	84.99	86.13	80.15	66.83	47.37	37.86
0.00	11.58	37.94	48.10	58.01	63.62	67.36	69.02	68.78	64.39	58.95	46.68	36.40	11.05
0.00	0.00	13.28	30.14	40.38	44.28	46.19	47.04	48.14	43.55	39.57	24.98	13.20	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑19 ผลการสแกนแผ่นฟิล์มวัดความดันสัมผัสของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

ตารางที่ ๑134 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

Partial Measurement	Area	Pressed Area (mm ²)	Ave Pressure (MPa)	Max Pressure (MPa)	Load(N)	Measured Area (mm ²)
1/17	Ellipse	37	68.9	83.6469	2560	37
2/17	Ellipse	37	57.2	76.3750	2125	37
3/17	Ellipse	37	48.1	66.0563	1771	37
4/17	Ellipse	37	44.2	56.5906	1642	37
5/17	Ellipse	37	40.3	49.4812	1492	37
6/17	Ellipse	34	38.4	45.5812	1309	37
7/17	Ellipse	17	36.8	39.2437	605	37
8/17	Ellipse	23	36.5	49.6437	854	37
9/17	Ellipse	24	36.4	39.6906	873	37
10/17	Ellipse	31	37.0	42.2094	1135	37
11/17	Ellipse	35	39.0	48.1406	1384	37
12/17	Ellipse	37	42.9	59.8406	1583	37
13/17	Ellipse	36	47.5	68.2500	1723	37
14/17	Ellipse	37	55.3	83.4031	2047	37
15/17	Ellipse	37	61.8	83.1187	2294	37
16/17	Ellipse	37	76.7	90.8781	2850	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น การอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ135 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 1 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	4.39	25.84	42.37	45.58	47.04	47.49	46.07	42.78	39.61	27.67	8.86	0.00
0.00	6.66	35.79	47.69	59.11	63.90	66.22	65.73	62.64	58.83	52.20	44.53	35.18	8.82
4.43	30.35	47.90	64.15	75.77	77.31	77.59	74.22	72.07	71.83	68.33	58.74	45.30	32.30
11.17	42.94	58.54	74.79	81.82	82.51	79.14	75.93	76.38	77.80	78.37	72.72	56.71	40.71
32.01	48.26	66.79	79.18	83.69	79.50	74.59	70.93	73.90	78.16	84.09	77.63	62.48	45.70
37.82	53.67	69.35	81.70	82.10	73.29	70.57	65.98	68.90	75.40	81.01	79.99	69.18	48.79
39.20	56.88	74.30	81.01	81.70	73.17	65.89	63.13	66.50	73.33	78.57	77.27	68.01	48.43
41.19	61.43	76.62	83.65	82.18	73.25	66.42	64.59	66.63	73.94	77.43	74.87	61.83	45.66
41.68	62.08	81.25	90.84	83.32	76.62	69.51	68.17	71.22	76.38	75.16	72.35	54.97	41.03
40.79	60.69	82.14	91.33	88.12	83.40	78.00	74.99	74.59	74.38	71.74	60.37	47.37	37.58
35.14	51.80	75.44	89.42	92.02	90.88	84.42	82.39	79.18	74.34	67.19	52.85	41.07	27.14
18.04	43.71	61.22	77.88	87.30	89.17	87.06	86.08	80.60	71.99	59.68	47.08	37.62	8.78
6.62	35.10	46.07	60.41	71.22	77.27	80.19	79.83	71.54	61.22	49.03	41.11	33.72	0.00
0.00	13.24	37.17	43.02	50.01	56.92	60.33	59.07	53.42	46.76	39.20	37.46	8.78	0.00

ตารางที่ ผ136 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 2 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	2.28	36.24	39.37	42.29	44.44	45.42	44.81	42.66	38.96	31.57	6.62	0.00
0.00	8.78	35.06	42.29	47.04	50.74	52.00	54.19	53.30	50.78	46.11	41.56	37.13	26.57
2.19	32.62	42.01	49.73	56.39	58.95	60.53	60.73	59.07	56.67	54.32	47.57	40.50	36.32
20.11	40.87	48.55	57.32	62.73	65.98	66.79	68.78	66.42	64.84	59.72	53.02	45.78	39.28
34.33	44.85	53.18	60.94	67.19	69.88	70.40	71.34	71.18	69.71	63.94	56.71	48.43	41.07
38.80	47.86	58.05	63.17	69.88	72.27	73.13	74.30	73.00	71.70	65.65	58.54	49.24	41.48
39.73	49.52	60.08	66.87	72.76	74.99	75.73	74.71	73.73	71.50	67.76	58.62	49.52	41.48
40.42	49.89	59.80	68.94	74.02	76.38	74.43	74.79	72.60	69.55	64.76	56.55	48.43	40.87
39.81	48.34	60.86	68.25	73.49	74.22	75.03	74.83	72.19	67.23	60.37	52.85	45.38	38.47
38.84	47.37	57.53	66.14	71.95	72.76	73.65	72.27	69.51	64.11	57.28	49.20	41.80	37.13
34.65	43.27	52.37	60.04	68.01	70.04	70.00	69.02	65.49	59.92	52.28	44.24	39.08	31.08
24.66	38.88	45.50	53.22	58.34	62.93	62.93	62.08	58.38	52.37	46.27	40.46	37.50	19.83
6.66	29.37	39.77	45.54	50.50	52.77	53.87	53.30	49.48	44.40	40.46	37.05	33.56	4.39
0.00	2.19	24.74	37.46	40.54	43.02	43.79	43.31	40.67	38.43	36.08	24.17	2.19	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ137 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 3 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	11.05	31.12	36.48	38.39	38.96	38.76	38.39	36.24	35.38	8.78	2.19	0.00
4.79	40.83	36.60	37.98	39.81	42.62	43.31	43.47	41.93	39.20	37.74	36.08	24.74	2.19
6.58	34.82	38.19	41.03	43.35	47.08	48.59	48.26	46.43	43.55	41.44	38.47	34.04	13.16
2.19	34.17	41.23	44.40	49.12	53.30	56.35	55.25	52.28	49.52	46.11	41.60	37.66	33.03
13.69	38.23	70.24	56.55	53.34	58.13	59.84	59.35	57.61	52.93	48.71	43.35	38.76	30.96
22.87	40.10	54.84	52.57	57.40	62.48	65.49	63.29	60.86	56.67	51.03	45.01	40.95	35.87
29.58	41.80	46.52	53.83	59.07	63.98	65.20	64.27	61.91	59.48	51.47	45.78	40.34	36.89
33.15	40.46	48.18	55.25	59.43	64.07	66.06	63.90	61.87	55.33	51.19	46.27	40.54	36.52
31.57	39.65	48.34	54.36	59.52	63.33	66.22	63.09	60.61	54.72	50.09	43.92	39.37	28.93
28.93	38.55	46.88	53.14	57.89	61.83	62.60	63.74	59.11	51.63	46.56	41.11	40.10	26.73
17.59	37.38	44.12	50.62	54.32	56.92	57.77	57.40	54.40	48.34	42.86	39.12	36.40	13.16
6.58	24.70	39.98	45.62	48.95	52.00	52.20	51.76	48.38	45.78	41.40	38.03	28.72	6.58
0.00	15.40	36.68	39.85	44.28	44.85	45.34	43.88	41.93	39.04	37.54	24.50	2.19	0.00
0.00	0.00	21.98	37.05	38.63	40.99	40.06	39.24	38.63	36.36	33.43	6.58	0.00	0.00

ตารางที่ ผ138 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 4 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	4.43	29.37	35.79	36.68	36.68	37.78	37.94	37.90	36.64	36.77	35.71	26.33	8.82
0.00	29.29	36.16	37.01	41.97	40.18	41.48	41.19	39.53	39.93	38.51	36.89	36.12	19.91
8.86	36.03	37.25	39.57	42.05	43.27	45.13	44.81	44.48	42.49	41.80	39.53	37.33	33.15
33.19	36.89	39.49	41.80	44.89	48.10	49.16	48.99	48.79	46.64	44.24	40.54	38.31	36.20
36.40	38.31	41.84	45.18	48.38	52.08	53.46	53.10	52.37	49.93	46.60	43.31	40.10	36.97
36.48	38.35	42.49	46.88	50.82	53.38	54.28	54.88	54.40	51.31	48.71	45.01	41.48	38.07
36.32	39.04	42.37	46.68	51.76	55.05	55.45	56.02	55.86	52.41	48.71	45.99	41.15	38.43
36.32	38.96	42.58	46.23	50.82	54.60	56.59	56.18	54.72	52.20	47.98	44.85	40.79	37.66
33.35	38.43	41.23	44.85	50.13	53.30	54.23	53.58	52.57	50.42	47.78	42.49	38.59	36.68
33.11	37.62	39.69	44.12	48.26	50.58	51.59	52.98	51.23	49.03	44.57	42.09	38.84	36.28
19.74	36.24	39.00	42.25	44.85	46.72	48.79	48.67	48.47	46.11	42.17	39.73	38.19	35.75
2.19	35.75	37.13	39.93	41.88	43.79	45.09	45.38	43.55	42.33	39.93	37.54	36.40	32.99
0.00	19.83	35.91	37.58	39.12	41.64	40.99	41.52	39.45	39.24	37.09	36.24	33.15	17.59
6.95	6.58	30.79	35.67	36.64	38.31	38.47	38.19	37.46	36.36	35.63	26.53	6.62	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ139 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 5 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	2.19	11.05	13.16	24.54	28.97	31.16	35.63	35.34	28.80	21.98	2.19	0.00	2.19
4.43	2.19	24.17	35.67	37.09	37.13	37.62	38.03	37.78	37.13	35.75	32.95	11.05	0.00
8.78	19.87	33.72	36.89	38.59	39.04	39.93	39.53	39.04	38.43	36.97	35.67	22.06	0.00
24.33	35.47	37.13	38.59	40.87	42.29	43.79	42.21	42.01	40.02	38.59	37.29	35.67	10.97
35.18	36.52	38.51	39.69	41.03	44.69	45.50	45.99	45.22	43.31	40.42	39.77	37.29	33.27
35.30	36.81	39.20	41.19	43.88	45.09	48.02	47.98	46.56	45.13	42.62	40.14	37.90	35.83
26.37	36.60	39.20	43.18	44.48	47.90	49.12	49.68	48.14	46.19	45.50	41.15	38.11	35.87
21.98	36.73	39.04	41.97	45.34	48.06	48.95	49.48	48.30	47.25	45.22	42.74	38.80	35.38
28.60	36.97	39.65	40.38	44.93	48.67	50.29	49.12	49.24	46.92	44.85	39.85	38.27	33.48
30.71	36.16	38.47	40.30	44.08	46.35	47.65	47.61	46.60	44.97	41.84	38.92	37.21	33.52
4.39	28.60	36.68	39.33	42.29	43.02	43.63	44.20	45.22	43.27	39.93	37.38	36.03	26.41
4.39	17.55	36.20	38.35	40.46	41.03	41.64	42.05	42.33	40.83	37.98	36.77	28.76	6.58
0.00	10.97	28.60	36.03	37.94	40.14	39.00	39.41	38.80	37.90	36.68	35.38	10.97	2.19
0.00	2.19	19.78	28.72	35.75	36.73	36.64	37.50	36.97	36.03	30.92	24.13	2.19	0.00

ตารางที่ ผ140 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 6 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

2.19	0.00	4.39	6.58	10.97	19.74	31.36	26.33	31.04	4.39	17.59	10.97	4.39	0.00
2.19	2.19	10.97	22.02	35.59	35.83	37.94	35.87	35.91	35.34	13.16	4.39	2.19	0.00
2.19	30.75	35.67	36.44	37.46	37.94	38.72	39.00	39.00	37.29	35.79	22.06	10.97	0.00
4.39	24.21	37.29	38.92	39.28	39.69	39.89	39.77	39.08	37.70	36.73	36.12	19.83	0.00
24.33	35.51	38.43	40.42	40.46	41.60	42.53	41.93	41.15	39.28	37.66	36.56	35.87	4.39
26.45	36.16	37.86	40.30	42.13	45.34	45.87	44.32	42.90	41.60	39.04	37.82	35.34	24.21
31.16	36.64	37.82	40.30	43.55	44.65	45.18	44.04	43.92	41.48	37.98	37.38	33.27	10.97
33.23	36.16	39.37	40.06	43.43	44.93	45.58	44.61	43.88	41.32	39.04	36.52	35.59	19.74
6.58	33.56	38.80	40.14	42.70	44.16	45.09	44.16	45.54	40.79	37.98	35.83	30.83	10.97
17.59	35.38	37.98	39.69	40.99	42.74	42.94	41.48	40.75	40.14	37.05	35.38	19.83	0.00
4.39	15.40	36.68	38.19	39.41	39.33	39.85	38.96	38.96	37.62	31.65	28.56	6.58	0.00
0.00	6.58	28.68	36.32	37.62	37.66	37.86	37.62	38.11	36.68	19.87	6.58	0.00	0.00
0.00	0.00	6.58	28.80	33.52	33.35	37.17	37.29	37.42	31.36	6.58	4.39	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	2.19	21.98	10.97	26.81	38.39	36.81	15.56	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ141 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 7 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	0.00	0.00	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	0.00	13.24	22.14	8.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	13.16	31.04	33.92	33.56	17.59	15.36	2.19	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	6.58	30.79	36.08	36.60	36.89	33.52	30.79	19.78	4.39	0.00	0.00
0.00	2.19	0.00	17.59	35.91	36.77	36.89	38.31	36.89	36.03	30.79	26.77	0.00	0.00
0.00	6.58	8.78	33.19	36.08	37.46	38.23	38.76	38.43	36.32	31.04	22.06	0.00	0.00
0.00	13.24	33.03	35.59	35.75	36.81	39.24	38.72	38.80	39.20	36.64	10.97	0.00	0.00
0.00	2.19	11.01	31.97	36.08	37.58	38.59	38.76	38.63	37.09	35.99	17.71	0.00	0.00
0.00	6.62	0.00	6.62	35.34	36.28	37.38	37.86	37.05	35.91	28.68	13.33	23.48	2.19
0.00	0.00	8.78	24.13	19.91	35.43	35.67	36.03	35.79	32.99	13.16	0.00	2.19	0.00
0.00	0.00	0.00	4.39	6.58	19.95	19.95	28.80	26.53	8.78	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.45	4.39	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ผ142 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 8 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	19.95	27.87	6.70	2.19	11.29	8.94	0.00	0.00	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	15.72	23.73	17.55	19.91	31.48	33.35	19.78	13.16	22.75	4.47	0.00	0.00	0.00
0.00	6.58	13.33	33.07	34.13	36.24	36.32	37.01	35.95	28.68	22.06	2.19	0.00	0.00
20.03	22.06	28.72	31.57	37.58	37.62	37.50	36.48	35.34	35.14	24.29	26.37	0.00	0.00
4.39	17.55	35.71	37.90	37.90	39.33	38.76	36.56	35.83	35.63	31.73	24.90	8.82	0.00
2.19	8.78	33.31	35.95	37.21	38.39	45.91	41.36	36.60	33.48	36.81	26.53	32.91	4.47
2.19	26.57	35.83	36.60	38.51	39.49	49.64	55.94	36.08	33.15	34.00	38.43	33.92	13.65
0.00	19.74	30.83	33.92	37.86	38.31	38.23	37.33	37.46	37.21	34.25	42.62	11.25	0.00
2.19	10.97	17.63	35.79	37.29	37.66	37.86	37.01	31.40	31.32	15.40	13.33	2.19	0.00
0.00	2.19	8.78	33.23	36.52	36.77	36.40	35.51	30.71	36.28	22.67	0.00	2.23	4.43
0.00	0.00	2.19	17.63	37.98	38.63	33.60	32.99	28.52	15.76	8.78	15.80	4.39	2.19
0.00	0.00	0.00	0.00	13.45	17.96	6.58	17.67	11.29	0.00	0.00	2.19	4.51	6.58
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	2.19	0.00	0.00	0.00	4.59	2.40	4.51	7.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ143 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 9 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	0.00	0.00	4.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	2.19	4.39	6.58	4.39	13.20	11.05	8.78	6.58	4.39	0.00	2.19
0.00	0.00	2.19	4.39	15.40	22.06	35.22	33.03	35.30	35.18	4.39	6.58	0.00	0.00
0.00	4.39	2.19	6.58	8.78	28.76	35.59	33.60	35.67	28.68	15.36	2.19	0.00	0.00
0.00	0.00	8.78	13.16	35.22	36.24	37.01	36.68	36.73	35.95	33.03	26.45	6.58	0.00
0.00	0.00	13.16	24.17	36.20	37.33	38.03	38.35	37.38	37.74	36.48	35.30	26.65	2.19
0.00	6.70	19.95	35.71	36.85	38.03	39.73	39.53	38.84	38.35	37.01	35.63	28.56	4.39
0.00	4.43	19.87	36.40	37.17	39.49	39.69	39.61	38.76	38.80	37.13	35.51	17.59	2.19
0.00	8.78	24.21	36.12	38.63	40.91	40.30	41.11	39.41	38.07	36.56	36.24	26.33	4.39
0.00	8.78	26.57	36.03	37.82	39.53	43.43	39.53	39.04	37.66	36.40	35.26	2.19	2.19
0.00	0.00	8.78	35.87	35.87	36.44	38.31	37.62	37.25	36.48	31.32	17.55	2.19	13.53
0.00	0.00	0.00	4.39	19.74	28.97	36.85	36.77	36.36	35.67	35.38	17.55	0.00	20.48
0.00	0.00	0.00	6.58	6.58	26.45	35.51	26.69	28.80	24.17	15.44	6.58	18.48	4.51
0.00	0.00	0.00	0.00	4.39	22.43	10.97	15.40	4.39	13.16	0.00	0.00	13.24	0.00

ตารางที่ ผ144 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 10 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	0.00	10.97	15.36	17.67	24.13	22.18	2.19	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	13.20	26.77	31.04	35.63	35.87	35.79	33.15	33.07	13.16	4.39	0.00	0.00
0.00	0.00	19.74	35.47	33.52	36.28	36.36	36.32	36.52	33.60	31.00	10.97	0.00	0.00
0.00	2.19	19.78	31.48	36.97	38.19	38.31	38.84	38.07	37.17	33.48	26.57	0.00	0.00
0.00	6.58	28.72	36.64	38.07	39.28	39.98	40.71	40.91	38.07	36.03	22.02	8.78	0.00
6.58	26.45	35.55	37.98	39.57	41.15	41.28	40.87	40.87	39.20	37.50	35.87	13.20	0.00
4.39	35.26	36.20	38.47	40.10	40.42	42.01	42.21	40.54	39.81	38.27	35.71	21.94	0.00
0.00	35.10	36.68	37.98	39.93	40.58	41.40	42.21	40.38	39.45	37.94	35.95	19.99	0.00
0.00	19.74	36.20	37.74	39.98	40.34	41.76	43.14	39.57	38.76	37.50	36.12	28.76	8.78
4.39	6.58	30.88	38.03	39.00	38.59	39.12	39.16	38.59	37.74	36.85	35.22	6.58	0.00
0.00	0.00	24.29	42.41	42.58	38.84	37.94	37.70	37.74	36.81	37.50	27.02	17.63	8.82
0.00	0.00	13.16	35.67	36.85	38.03	36.44	36.32	35.71	33.35	19.83	15.36	6.66	8.78
0.00	0.00	2.19	26.61	36.48	33.52	36.16	36.89	36.16	35.30	33.19	13.16	24.58	2.19
0.00	0.00	0.00	2.19	26.53	29.53	26.45	26.33	17.59	19.91	2.19	2.19	2.19	4.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ145 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 11 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	17.55	32.99	31.40	37.13	36.32	8.78	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	11.05	29.17	36.12	36.48	36.73	37.29	38.07	37.54	28.68	19.78	13.16	0.00
0.00	6.58	22.02	35.95	37.50	39.00	39.33	38.96	37.86	37.38	36.12	35.71	22.26	19.78
4.39	15.36	35.51	38.19	39.77	40.87	41.48	41.60	39.98	38.80	36.60	36.24	33.64	6.58
0.00	18.00	37.62	38.39	41.48	43.63	44.97	43.51	41.23	39.57	37.90	36.03	28.60	17.67
17.55	31.53	39.65	41.48	43.27	46.07	47.94	45.42	44.00	40.83	39.61	36.97	35.38	26.41
21.94	37.09	39.65	41.15	43.59	45.78	48.51	46.64	45.54	42.21	39.20	37.21	35.47	32.99
8.78	36.24	39.08	42.01	44.28	45.91	48.14	46.64	44.69	43.79	42.41	39.16	36.77	28.56
6.66	35.63	39.20	40.75	42.90	44.36	46.84	46.92	46.35	44.73	40.22	37.58	36.48	35.26
15.36	35.67	38.84	39.73	42.78	44.40	45.62	43.79	42.82	39.93	37.86	37.29	35.38	28.52
13.24	35.51	37.98	40.14	40.63	42.70	42.45	41.72	40.87	38.88	37.21	36.81	33.43	31.12
15.36	31.12	36.85	37.82	38.47	38.68	38.88	39.24	39.41	39.33	36.68	35.38	32.95	10.97
0.00	4.43	20.03	30.96	35.59	33.84	37.09	37.62	37.86	42.70	29.09	10.97	8.82	0.00
0.00	0.00	0.00	4.39	8.78	26.45	31.08	31.40	36.77	26.65	2.19	0.00	8.78	0.00

ตารางที่ ผ146 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 12 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	0.00	2.19	26.49	33.43	36.28	36.52	37.01	29.09	17.63	4.39	0.00	0.00
0.00	0.00	8.78	35.63	37.94	38.23	38.51	40.58	40.22	38.88	37.01	26.45	15.36	2.19
0.00	2.19	33.60	37.54	40.06	42.09	44.04	43.39	42.62	40.10	39.20	36.20	35.55	10.97
4.39	26.37	37.98	40.79	43.02	46.19	47.61	47.90	47.13	43.96	42.17	38.59	36.52	29.58
8.78	35.91	39.16	43.79	47.33	49.52	50.86	53.50	49.93	46.64	43.96	40.22	37.38	31.12
17.59	36.68	41.44	46.27	50.38	57.85	53.38	53.87	52.04	48.59	44.16	40.30	38.35	29.13
33.03	37.21	42.01	46.84	51.23	63.29	56.51	55.74	53.83	50.50	44.48	40.99	38.63	35.79
24.38	37.86	43.51	46.52	54.40	59.84	54.32	58.26	53.34	48.83	44.65	41.97	37.62	35.67
28.76	37.13	42.17	45.95	53.50	53.34	53.02	52.85	52.65	48.51	43.88	41.11	38.31	35.99
32.46	38.43	40.71	44.04	47.37	49.68	49.40	50.50	49.64	48.02	44.77	41.03	38.76	28.76
21.98	34.90	38.59	42.78	44.40	45.74	45.91	46.11	45.22	44.40	41.03	40.34	33.48	8.78
2.19	13.16	34.04	38.80	39.49	41.72	43.47	42.78	41.11	39.89	38.76	37.58	22.02	2.19
0.00	0.00	19.99	33.64	36.93	38.19	39.20	39.00	38.27	36.93	33.60	24.17	4.39	0.00
0.00	0.00	4.39	13.16	33.15	33.96	35.99	36.60	33.88	26.49	15.36	6.58	0.00	6.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ147 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 13 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	15.36	24.50	35.75	33.56	24.66	20.27	4.39	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	13.24	29.62	38.15	39.00	39.45	39.69	39.08	37.33	26.61	8.78	0.00	0.00
0.00	0.00	24.54	38.19	41.23	42.98	44.85	44.89	44.81	41.93	38.03	26.81	0.00	0.00
0.00	19.87	37.70	41.80	46.56	54.23	50.62	51.96	50.82	47.45	41.97	37.46	19.87	0.00
4.39	37.33	42.62	48.14	54.19	58.05	58.09	57.69	57.40	51.80	45.83	43.10	37.78	11.09
13.28	41.15	43.83	56.67	59.76	61.55	62.85	62.28	61.10	54.93	49.68	51.88	38.47	22.30
24.17	39.28	47.78	55.25	61.95	64.03	67.64	66.58	61.59	57.77	50.62	44.73	38.80	24.74
31.28	39.41	47.04	53.95	60.61	64.15	68.25	66.75	64.92	59.88	52.08	45.18	38.27	24.66
29.17	40.38	47.04	53.10	59.23	63.82	65.53	62.93	63.94	58.09	52.00	44.32	38.72	24.46
26.41	38.03	43.43	49.77	56.79	59.92	65.57	60.94	57.93	54.72	49.77	43.71	37.62	15.44
26.41	36.73	41.60	46.43	51.31	54.60	57.97	56.75	52.81	50.46	45.70	41.76	36.64	2.19
2.19	28.84	39.37	41.32	45.38	48.02	50.33	50.66	48.95	46.03	42.21	40.91	26.61	0.00
9.43	11.05	33.52	40.06	41.52	40.91	42.86	43.43	42.45	40.42	37.70	22.67	6.58	0.00
15.68	0.00	0.00	22.75	36.48	34.73	38.19	36.89	35.87	24.66	17.67	2.19	0.00	0.00

ตารางที่ ผ148 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 14 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	0.00	0.00	15.48	22.63	34.65	27.58	33.88	26.57	6.58	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	4.55	32.01	38.96	40.83	42.86	42.62	40.75	38.96	34.86	22.10	2.19	0.00
0.00	4.39	34.73	42.29	45.87	50.78	53.10	52.98	50.25	46.88	43.31	39.08	24.82	0.00
6.62	34.94	43.10	49.68	54.88	60.00	63.62	63.94	62.16	57.40	51.35	43.67	37.17	24.58
24.42	39.81	48.10	55.66	64.80	72.27	74.75	75.24	71.38	65.41	57.04	48.30	41.44	34.37
34.08	44.77	52.37	61.38	71.87	79.54	83.16	82.71	78.24	73.57	63.17	53.06	46.19	37.50
37.62	45.26	54.32	64.11	74.26	82.92	84.18	83.73	82.79	77.35	67.93	57.08	47.61	38.15
39.00	45.50	54.36	64.19	75.77	79.50	82.75	83.40	80.32	76.29	69.14	57.44	48.22	39.73
38.76	44.12	53.79	63.13	71.74	75.52	77.96	77.88	76.58	72.76	64.31	55.78	45.83	39.65
35.06	41.80	51.88	59.68	67.48	70.20	71.66	72.68	70.28	66.87	59.35	51.23	42.70	37.05
24.54	40.18	46.15	53.30	58.66	63.09	65.41	66.54	64.11	61.63	54.93	47.41	40.54	24.54
17.63	37.25	41.88	47.45	50.74	55.62	58.54	59.19	57.40	54.15	48.59	43.02	38.07	17.75
2.19	26.85	37.46	40.10	43.51	46.80	48.14	49.36	48.55	46.39	42.49	37.98	28.93	0.00
0.00	0.00	2.19	29.45	37.90	39.04	41.28	41.23	40.91	38.84	37.09	19.87	2.19	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ149 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 15 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	0.00	15.72	27.42	38.11	41.03	39.53	38.68	32.05	8.86	0.00	0.00	0.00
0.00	6.62	27.54	40.71	45.78	49.32	50.78	50.05	49.48	44.24	38.35	22.38	0.00	0.00
4.39	36.93	43.06	50.78	59.39	63.42	65.85	65.37	62.93	56.92	47.94	40.34	20.19	2.19
25.03	40.87	49.97	62.28	69.43	74.75	74.63	75.93	73.29	67.76	57.97	47.49	38.11	8.78
38.51	47.78	57.61	69.96	75.60	79.83	81.17	84.42	81.82	77.11	67.03	54.28	42.53	24.50
41.64	52.69	64.19	73.86	79.87	82.83	83.61	85.07	85.19	79.75	71.58	60.78	47.04	37.05
44.04	55.09	67.03	74.38	78.41	81.21	82.63	84.30	84.13	80.32	73.17	61.79	47.73	38.31
44.20	56.43	66.91	73.69	78.61	80.60	81.66	83.12	83.04	80.64	73.29	63.42	49.28	38.80
43.59	55.58	67.40	73.78	76.17	79.14	80.93	81.33	81.05	78.28	72.80	63.58	50.21	39.28
42.01	52.12	62.36	69.43	73.78	76.01	77.68	79.34	78.00	76.17	70.53	60.78	47.82	38.68
38.27	46.07	56.02	61.67	67.93	70.44	71.09	72.76	74.67	71.38	63.38	53.75	42.90	31.77
27.02	40.54	47.29	55.41	58.46	62.56	63.42	65.57	66.42	62.77	54.60	47.49	39.24	10.97
2.19	34.45	41.28	46.39	49.36	52.33	53.06	52.69	54.23	49.97	45.54	39.41	22.22	2.19
0.00	6.58	22.43	34.69	39.16	41.28	41.40	41.68	41.76	39.73	32.50	13.69	6.66	0.00

ตารางที่ ผ150 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนแผ่นฟิล์มชั้นที่ 16 ของชุดแผ่นเหล็กจำนวน 17 ชั้น

0.00	0.00	2.19	15.56	30.67	40.87	42.66	42.25	40.63	33.27	18.00	2.19	0.00	0.00
0.00	10.97	30.31	44.12	54.40	64.31	67.68	67.44	61.91	53.91	44.08	37.21	6.62	0.00
2.23	36.12	49.20	66.42	79.54	86.90	88.77	89.74	87.02	79.71	65.04	48.02	35.63	6.74
29.94	48.55	67.03	84.18	92.46	95.67	96.36	97.13	97.66	94.66	83.93	64.88	45.70	29.58
41.56	59.96	80.36	92.67	94.90	94.70	94.05	95.79	98.80	99.04	94.94	77.55	53.75	39.73
47.37	67.19	87.06	94.17	91.61	87.59	84.58	88.16	93.56	96.73	95.31	82.63	59.52	42.45
51.84	71.95	86.49	92.10	87.43	82.67	80.64	83.44	88.32	92.46	91.41	82.79	62.08	43.92
51.63	75.93	86.08	88.36	83.81	79.34	77.72	79.46	84.58	90.88	89.46	82.02	65.85	45.87
51.76	74.10	85.60	89.58	85.39	79.50	78.81	80.15	84.09	86.98	87.26	81.41	63.33	46.35
47.90	66.95	81.58	89.25	85.27	85.35	83.04	85.68	89.09	91.77	90.03	81.58	62.81	44.97
42.58	58.09	75.97	85.72	86.73	87.63	90.19	90.84	93.72	94.74	95.10	80.32	57.69	41.56
37.42	47.25	62.64	75.77	83.24	84.83	87.30	90.27	92.63	91.73	87.10	69.79	49.64	38.11
22.10	37.94	46.92	58.05	65.57	71.78	73.98	75.89	79.50	74.75	67.07	52.85	40.58	20.31
2.19	11.05	22.99	40.46	44.40	49.20	52.61	55.53	55.21	51.15	44.85	40.14	31.85	4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้