



พฤติกรรมการศึกษาของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L
ผลิตด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปโลหะผง

โดย

นางสาวเบญจวรรณ แสงวิเชียร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2551

พฤติกรรมการศึกษาของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L
ผลิตด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปโลหะผง

โดย

นางสาวเบญจวรรณ แสงวิเชียร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2551

Wear Behaviour of Metal Injection Moulding 316L Stainless Steel

By

Miss Benjawan Saengwichian

A Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Thammasat University

2008

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวเบญจวรรณ แสงวิเชียร

เรื่อง

พฤติกรรมการศึกษาของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ผลิตด้วยกระบวนการขึ้นรูปโลหะผง

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

เมื่อ วันที่ 27 ตุลาคม 2551

ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ศตสุข)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาวสวน กาญจน์นัย)

กรรมการวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.มนต์ชัย พุกขวิไลเลิศ)

กรรมการวิทยานิพนธ์

(ดร.อัษฎลี มโนกุล)

คณบดี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุรุยา วิสกุล)

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการฉีดขึ้นรูปโลหะผง (metal injection moulding, MIM) ถูกนำมาใช้แพร่หลายในการขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องมือการแพทย์ และเครื่องประดับ เป็นต้น เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สามารถผลิตชิ้นส่วนซับซ้อนได้ใกล้เคียงขนาดจริง และช่วยลดปัญหาเศษวัสดุเหลือใช้ แต่ด้วยลักษณะโครงสร้างที่มีความพรุน จึงทำให้ความต้านทานการสึกหรอลดลงภายใต้สภาวะการใช้งานที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบของความพรุนและความเร็วการไถที่มีต่อพฤติกรรมการสึกหรอของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ขึ้นรูปด้วยวิธี MIM (ความพรุน 2% และ 6% โดยพื้นที่) และขึ้นรูปด้วยวิธี wrought โดยใช้เครื่องทดสอบแบบ pin-on-disc ขึ้นทดสอบ pin ผลิตจากวัสดุที่ต้องการศึกษา ในขณะที่ขึ้นทดสอบ disc ผลิตจาก wrought 316L การทดสอบการสึกหรอแบบไถในสภาวะไร้สารหล่อลื่นกระทำในช่วงความเร็วการไถ 0.2-2.0 m/s ที่ภาระกด 1 MPa พื้นผิวการสึกหรอและเศษการสึกหรอถูกวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสแกนนิ่ง (SEM) และมาตรวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) ผลการศึกษาพบว่า การสึกหรอถูกควบคุมโดยกลไกการสึกหรอแบบหลุดลอก (delamination wear) ซึ่งเกิดจากการสะสมของรอยร้าวใต้ผิวและขยายตัวกลายเป็นเศษการสึกหรอในลักษณะแผ่น พฤติกรรมการสึกหรอในช่วงความเร็วการไถต่ำ (0.2-0.6 m/s) ถูกควบคุมโดยกลไกการแนบติด (adhesion) โดยอัตราการสึกหรอลดลงเมื่อความเร็วการไถเพิ่มขึ้น ในขณะที่พฤติกรรมในช่วงความเร็วการไถสูง (0.6-2.0 m/s) ได้รับผลกระทบจากความร้อนทำให้วัสดุอ่อนตัวลง ส่งผลให้อัตราการสึกหรอเพิ่มขึ้นและเกิดเป็นกลไกการขูดถู (abrasion) โดยที่ความเร็ว 0.6 m/s แสดงจุดเปลี่ยนกลไกการสึกหรอจากการสึกหรอแบบหลุดลอกจากการแนบติดกลายเป็นการสึกหรอแบบหลุดลอกจากการขูดถู การศึกษาผลกระทบของความพรุนของ MIM 316L ต่อการสึกหรอพบว่า MIM 2% มีความต้านทานการสึกหรอสูงกว่า MIM 6% สำหรับการใช้งานในช่วงความเร็วสูง ในขณะที่การใช้งานในช่วงความเร็วต่ำ อัตราการสึกหรอมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับ wrought 316L มีความต้านทานการสึกหรอสูงกว่า MIM 316L เนื่องจากมีโครงสร้างจุลภาคที่ต่อเนื่องและมีความแข็งแรงสูงกว่า

คำสำคัญ : การฉีดขึ้นรูปโลหะผง เหล็กกล้าไร้สนิม 316L การสึกหรอ ความพรุน ความเร็วการไถ

Abstract

Metal injection moulding technology (MIM) is widely used to fabricate automotive parts, medical instrument, and jewelry, etc. MIM process can be used in the production of complicated parts with high dimensional accuracy, and can reduce scrap problem. However, the disadvantage of MIM parts is their porosity, which reduces their wear resistance under different tribological conditions. In the present investigation, the effects of porosities and sliding speeds on the wear behaviour of MIM 316L stainless steel (2% and 6% porosity by area) and wrought 316L were studied under self-mating configuration using pin-on-disc apparatus. The dry sliding wear tests were performed with a sliding speed range of 0.2-2.0 m/s and an apparent contact pressure of 1 MPa. Worn surfaces and wear debris were analysed by means of scanning electron microscope (SEM) and X-ray Diffractometer (XRD). For the given conditions, the wear mechanism was dominated by delamination wear, i.e. subsurface crack formation and propagation led to plate-like debris. In detail, wear behaviour in the range of low speed (0.2-0.6 m/s) was controlled by adhesion, which decreased the wear rate. On the other hand, the behaviour in the range of high speed (0.6-2.0 m/s) was affected by thermal softening, which increased the wear rate and resulted in abrasion mechanism. At 0.6 m/s sliding speed, the wear mechanism changed from the adhesion-induced delamination wear to the abrasive induced-delamination. The study on porosity effect of MIM 316L revealed that the wear rate of MIM 316L with porosity of 2% was lower than MIM 316L with porosity of 6% at sliding speed range of 0.6-2.0 m/s. On the other hand, MIM 316L (2% and 6% porosity) exhibited the similar wear rate at low sliding speed range of 0.2-0.6 m/s. Furthermore, wrought 316L showed a better wear resistance than MIM 316L because of its homogeneous microstructure and higher hardness.

Keywords : metal injection moulding (MIM), 316L stainless steel, wear, porosity, sliding speed

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้เขียนขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาวสวน กาญจนมัย อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ อันทำให้งานวิจัยนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณ ดร.อัญชลี มโนกุล ที่ให้คำแนะนำและการสนับสนุนขั้นทดสอบซึ่งเป็นส่วนสำคัญในงานวิจัยนี้

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ศตสุข และอาจารย์ ดร.มนต์ชัย พุกศรีไธเลิศ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและเจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ด้วยดี ขอขอบคุณ คุณภาณุรังษิทธิ์ หมั่นจันทร์ นักศึกษาปริญญาโทที่อำนวยความสะดวกและช่วยแนะนำการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ และคุณกฤษณีย์ อ้อวิเศษ และคุณนิภา บุญรุ่ง นักศึกษาปริญญาตรีที่เอื้อเฟื้อข้อมูลต่าง ๆ

ขอขอบคุณ คุณชโลธร งามรสุต ดร.สุเมธ ภูมิภักดิ์ คุณฉวีวรรณ พุณณานิวัฒน์กุล คุณกฤษ เหลืองโสภณพันธ์ คุณสงวนลักษณ์ โล่วณิชเจริญ และคุณสิทธิพงศ์ เอี่ยมธาดานัย ศูนย์พัฒนาและวิเคราะห์สมบัติวัสดุ ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ผล และขอขอบคุณ คุณศุภชัย ราชภูริศิริ ที่เอื้อเฟื้อจัดหาบทความวิชาการต่างประเทศ

ผู้เขียนขอขอบคุณครอบครัวแสงวิเชียร ครอบครัวรัตนเลิศนาวิ และเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจในการทำงานและให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด หากประโยชน์ใดจะพึงเกิดจากการทำวิจัยนี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านที่กล่าวข้างต้น จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เบญจวรรณ แสงวิเชียร
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง.....	(7)
สารบัญภาพประกอบ.....	(8)
 บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	3
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เหล็กกล้าไร้สนิม.....	5
2.2 การขึ้นรูปโลหะผง.....	7

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.3 การสีกรรห	8
	2.3.1 สมบัติพื้นผิวและพื้นผิวสัมผัส	9
	2.3.2 ความเสียดทาน	10
	2.3.3 นิยามการสีกรรห	11
	2.3.4 กลไกการสีกรรห	11
	2.3.5 พฤติกรรมการสีกรรห	15
	2.3.6 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกรสีกรรห	16
	2.3.7 การวัดการสีกรรห	17
	2.3.8 การทดสอบการสีกรรห	17
	2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
3	ระเบียบวิธีวิจัย	23
	3.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างจุลภาค สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของ MIM 316L และ wrought 316L	24
	3.2 การทดสอบการสีกรรห	27
	3.3 การวัดการสีกรรห	28
	3.4 การวิเคราะห์พื้นผิวสีกรรหและเศษการสีกรรห	29
4.	ผลและการวิเคราะห์	31
	4.1 องค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างจุลภาค สมบัติทางกายภาพและสมบัติ ทางกลของ MIM 316L และ wrought 316L	31
	4.2 อัตราการสีกรรหจำเพาะ	35
	4.3 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานและอุณหภูมิ	37
	4.4 ลักษณะพื้นผิวสีกรรหและเศษการสีกรรห	43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.5 การเปลี่ยนรูปได้ผิวการสึกหรอ.....	51
4.6 ลักษณะรอยร้าวที่ผิวและได้ผิวสึกหรอ	55
4.7 ผลกระทบของความพูนต่อการสึกหรอ.....	59
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 สรุปผลการศึกษา	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
ภาคผนวก	65
ก. ผลการวิเคราะห์ขนาดรูพูนและความพูนโดยใช้ Image analyzer.....	66
ข. ผลการวิเคราะห์ขนาดเกรน.....	68
ค. เครื่องทดสอบการสึกหรอ pin-on-disc	70
ง. ชุดอุปกรณ์วัดระยะสึกหรอ.....	73
บรรณานุกรม	75
ประวัติการศึกษา.....	78

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของ MIM 316L และ wrought 316L ตามมาตรฐาน MPIF และ AISI.....	6
2.2 สมบัติทางกายภาพและทางกลของ MIM 316L และ wrought 316L ตามมาตรฐาน MPIF และ AISI	7
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของ MIM 316L และ wrought 316L	32
4.2 สมบัติทางกายภาพและทางกลของ MIM 316L และ wrought 316L	35

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.1	ชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปโลหะผง	2
2.1	ประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิม	6
2.2	ลำดับขั้นตอนของการขึ้นรูปโลหะผง.....	8
2.3	กลไกการสึกหรอและลักษณะความเสียหายจากการสึกหรอแบบแนบติด	13
2.4	กลไกการสึกหรอและลักษณะความเสียหายจากกลไกการขัดถูชนิดสองเนื้อ และจากกลไกการขัดถูชนิดสามเนื้อ	13
2.5	กลไกการสึกหรอและลักษณะความเสียหายแบบการล้าที่ผิววัสดุและใต้ผิววัสดุ ภายใต้สภาวะการเคลื่อนที่ไถล	14
2.6	กลไกการสึกหรอและลักษณะความเสียหายแบบออกซิเดชัน.....	15
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	23
3.2	ตัวอย่างขึ้นทดสอบแบบจานและแบบหมุน.....	24
3.3	กล้องจุลทรรศน์แบบแสงชนิด inverted.....	25
3.4	การชั่งน้ำหนักชิ้นงานในอากาศและการชั่งน้ำหนักชิ้นงานในน้ำ	26
3.5	ชุดทดสอบแบบ pin-on-disc	27
3.6	เครื่องวัดความหยาบผิว	28
3.7	ชุดทรานสดิวเซอร์วัดระยะสึกหรอ เครื่องขยายสัญญาณ และชุดเก็บข้อมูล ...	29
4.1	โครงสร้างพื้นผิวก่อนการกัดกรดของขึ้นทดสอบแบบหมุน wrought 316L ความพรุน 0% และ MIM 316L ความพรุน 2% และ ความพรุน 6%	33
4.2	โครงสร้างจุลภาคหลังการกัดกรดของขึ้นทดสอบแบบหมุน wrought 316L ความพรุน 0% และ MIM 316L ความพรุน 2% และ ความพรุน 6%	34
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะสึกหรอและระยะไถลของขึ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2%)	35
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะสึกหรอของขึ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2%) ที่ระยะไถล 2 km และ 8 km.....	36

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสึกหรอจำเพาะและความเร็วการไถของ ขึ้นทดสอบแบบหมุด MIM 316L (ความพูน 2%) ที่ระยะไถ 2 km	37
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและระยะไถของขึ้นทดสอบ แบบหมุด MIM 316L (ความพูน 2%).....	39
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและความเร็วการไถของ ขึ้นทดสอบแบบหมุด MIM 316L (ความพูน 2%) ที่ระยะไถ 2 km	40
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะไถของขึ้นทดสอบแบบหมุด MIM 316L (ความพูน 2%) ที่ความเร็วการไถ 0.2-2.0 m/s	42
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเร็วการไถของขึ้นทดสอบแบบหมุด MIM 316L (ความพูน 2%) ที่ระยะไถ 2 km	42
4.10	ภาพถ่ายอิเล็กทรอนิกส์ของพื้นผิวสึกหรอที่กำลังขยายต่ำและกำลังขยายสูงของ ขึ้นทดสอบแบบหมุด MIM 316L (ความพูน 2%) ที่ระยะไถ 2 km และ ความเร็วการไถ 0.2 m/s 0.6 m/s และ 2.0 m/s	44
4.11	ภาพถ่ายอิเล็กทรอนิกส์ของพื้นผิวสึกหรอของขึ้นทดสอบแบบจาน wrought 316L ที่ระยะไถ 2 km และความเร็วการไถ 0.2 m/s 0.6 m/s และ 2.0 m/s	45
4.12	ภาพถ่ายอิเล็กทรอนิกส์ของการสึกหรอของขึ้นทดสอบแบบหมุด MIM 316L (ความพูน 2%) ที่ระยะไถ 2 km และความเร็วไถ 0.2 m/s 0.6 m/s และ 2.0 m/s	47
4.13	ภาพถ่ายอิเล็กทรอนิกส์ของเส้นการสึกหรอของขึ้นทดสอบ แบบหมุด MIM 316L (ความพูน 2%) ที่ระยะไถ 2 km และความเร็วการไถ 0.2 m/s และ 2.0 m/s	48
4.14	ภาพถ่ายอิเล็กทรอนิกส์ของเส้นการสึกหรอแบบแผ่นขนาดเล็ก ของขึ้นทดสอบแบบหมุด MIM 316L (ความพูน 2%) ที่ระยะไถ 2 km	48
4.15	โครงสร้างผลึกของเส้นการสึกหรอของขึ้นทดสอบแบบหมุด MIM 316L (ความพูน 2%) ที่ระยะไถ 2 km และความเร็วการไถ 0.2 m/s และ 2.0 m/s	50

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.16 ภาพถ่ายอิเล็กตรอน extrusion ของชิ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2%) ที่ระยะไถล 2 km และความเร็วการไถล 0.2 m/s 0.6 m/s และ 2.0 m/s	51
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งและระดับความลึกของการเปลี่ยนรูปถาวรของ ชิ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2%) ที่ระยะไถล 2 km และ ความเร็วการไถล 0.2 m/s 0.6 m/s และ 2.0 m/s	52
4.18 ลักษณะการเปลี่ยนรูปถาวรได้ผิวสีหยาบของชิ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2%) ที่ระยะไถล 2 km และความเร็วไถล 0.2 m/s 0.6 m/s และ 2.0 m/s	55
4.19 ภาพขยายลักษณะของรอยร้าวที่ผิวของชิ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2%) ที่ความเร็วการไถล 0.2 m/s และระยะไถล 2 km	56
4.20 ภาพขยายลักษณะของรอยร้าวที่ผิวของชิ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2%) ที่ความเร็วไถล 2.0 m/s และระยะไถล 2 km	56
4.21 ภาพถ่ายอิเล็กตรอนรอยร้าวได้ผิวของชิ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2%) ที่ระยะไถล 2 km และความเร็วไถล 0.2 m/s 0.6 m/s และ 2.0 m/s	57
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและความเร็วการไถลของ ชิ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2% และ 6%) และ wrought 316L (ความพรุน 0%) ที่ระยะไถล 2 km	59
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเร็วการไถลของชิ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2% และ 6%) และ wrought 316L (ความพรุน 0%) ที่ระยะไถล 2 km	60
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสึกหรอจำเพาะและความเร็วการไถลของ ชิ้นทดสอบแบบหมุน MIM 316L (ความพรุน 2% และ 6%) และ wrought 316L (ความพรุน 0%) ที่ระยะไถล 2 km	61

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก 1	ขนาดรูปพรุนและความพรุนเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ MIM 316L ความพรุน 2%....	66
ก 2	ขนาดรูปพรุนและความพรุนเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ MIM 316L ความพรุน 6%....	67
ข 1	แบบเส้นมาตรฐานของการวัดขนาดเกรน	68
ข 2	ขนาดเกรนในหน่วยความยาวของชิ้นทดสอบ MIM 316L ความพรุน 2%	69
ข 3	ขนาดเกรนในหน่วยความยาวของชิ้นทดสอบ MIM 316L ความพรุน 6%	69
ค 1	แบบรายละเอียดของชิ้นทดสอบแบบจาน	71
ค 2	แบบรายละเอียดของชิ้นทดสอบแบบหมุด.....	71
ค 3	แบบรายละเอียดของชุดตัวจับยึดชิ้นทดสอบแบบหมุด	72
ง 1	cantilever beam force transducer.....	73
ง 2	การปรับเทียบสัญญาณการวัดของชุดอุปกรณ์วัดระยะลึกหรือด้วยมาตรวัดระยะ.....	74
ง 3	ผลการปรับเทียบสัญญาณของชุดอุปกรณ์วัดระยะลึกหรือด้วยมาตรวัดระยะ	74