

ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอะคูสติกกับการสีกหรือของดอกสว่านในเหล็กกล้า SS400



นาย ดนุชา จันทะยานี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2199-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

121048563

ด.ก. 54

A RELATIONSHIP BETWEEN ACOUSTIC SIGNAL AND DRILL BIT WEAR IN SS400 STEEL

Mr. Danucha Chantayanee

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

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-2199-4

ดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ : ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอะคูสติกกับการสึกหรอของดอกสว่านในเหล็กกล้า SS400 (A RELATIONSHIP BETWEEN ACOUSITC SIGNAL AND DRILL BIT WEAR IN SS400 STEEL) อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ , 92 หน้า. ISBN 974-17-2199-4

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอะคูสติกกับการสึกหรอของดอกสว่านในเหล็กกล้า SS400 โดยใช้การทดลองสร้างความสึกหรอแก่ดอกสว่านเหล็กกล้าไฮสปีดด้วยการเจาะรูแผ่นเหล็กกล้า SS400 หนา 15 มิลลิเมตร จำนวน 1600 รูเจาะ ทำการทดลองโดยเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วรอบ 2 ระดับ คือ 450 และ 710 รอบต่อนาที และอัตราการป้อน 2 ระดับ คือ 0.08 และ 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ ใช้ดอกสว่านทดลองเงื่อนไขละ 3 ดอก และนำสัญญาณอะคูสติกที่ได้มาวิเคราะห์การสะสมของสัญญาณ Energy Count และ Hit เพื่อใช้เป็นพารามิเตอร์สำหรับบ่งบอกสภาพการสึกหรอของดอกสว่าน และทำการทดลองวัดกำลังงานขาเข้าที่ใช้ในการเจาะของดอกสว่าน ทำการทดลองโดยเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 280 450 และ 710 รอบต่อนาที และอัตราการป้อน 3 ระดับ คือ 0.08 0.12 และ 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ ใช้ดอกสว่านทดลองเงื่อนไขละ 1 ดอก เพื่อช่วยในการเปรียบเทียบกำลังงานและสัญญาณอะคูสติกกับสภาพการสึกหรอของดอกสว่าน

ผลการวิจัยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Energy และ Count กับการสึกหรอของดอกสว่านมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้น และเมื่อดอกสว่านเกิดการสึกหรอมากหรือมีการแตกบิ่นสัญญาณ Energy และ Count แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในลักษณะไม่ใช่เชิงเส้น ในขณะที่ค่า Hit ยังไม่สามารถสรุปลักษณะความสัมพันธ์ที่ชัดเจนได้ เนื่องจากสัญญาณอะคูสติกมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง อาจไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ตรวจวัดการสึกหรอของดอกสว่าน แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจจับการแตกบิ่นของดอกสว่านได้เพราะมีความไวสูง สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานของเครื่องเจาะกับการสึกหรอของดอกสว่านพบว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นโดยมีความแปรปรวนเล็กน้อย และเมื่อดอกสว่านเกิดการสึกหรอจนไม่สามารถใช้งานได้กำลังงานแสดงการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นสามารถนำกำลังงานของเครื่องเจาะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการสึกหรอและการแตกบิ่นของดอกสว่านได้

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

4270328721 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

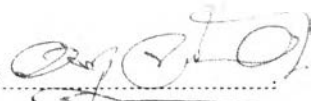
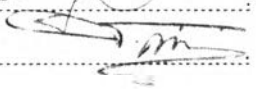
KEY WORD : ACOUSTIC SIGNAL / ACOUSTIC EMISSION / DRILL WEAR / WEAR

MR. DANUCHA CHANTAYANEE : A RELATIONSHIP BETWEEN ACOUSTIC SIGNAL AND
DRILL BIT WEAR IN SS400 STEEL, THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR
CHAIROTE KUNPANITCHAKIT, Ph.D. 92 pp. ISBN 974-17-2199-4

The objective of this research is to study a relationship between acoustic signal and drill bit wear in the SS400 steel. The experiment was conducted at 2 cutting speeds : 450 and 750 rpm and at 2 feed rates : 0.08 and 0.2 mm/rev. Each cutting conditions was experimented with 3 high speed twist drills and drilled 1600 holes on 15 mm thick SS400 steel. The acoustic signal was analyzed in term of Energy, Count, and Hit parameters to correlate with the drill wear. In addition, the experiment was also conducted on the input power measurement at 3 cutting speeds : 280, 450, and 750 rpm and 3 feed rates : 0.08, 0.12, and 0.2 mm/rev using one drill for each conditions. The power measurement complemented the relationship between acoustic signal and drill bit wear.

The results showed that Energy and Count gradually and linearly increased as drill wear increased. The signal went up exponentially after the drill was chipped and severely worn. Hit parameter was not correlated well with wear. Due to high variation of acoustic signal, it might not suitable for monitoring drill bit wear. However, acoustic signal might be used to detect chipping of drill bit because of its high sensitivity. The input power was less fluctuating and correlated linearly with the drill wear. The power could be used to monitor the drill bit wear and to detect chipping of the drill.

Department MECHANICAL ENGINEERING
Concentration MECHANICAL ENGINEERING
Academic year 2002

Student's signature 
Advisor's signature 

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีได้เนื่องจากความอนุเคราะห์ของ ผศ.ดร.ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ ซึ่งได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับความรู้ทางด้านวิชาการ ด้านการทำงาน และด้านกำลังใจ ตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ก่อเกียรติ บุญชูกุล รศ.ดำรงศักดิ์ มลิลารศ.สมชาย พวงเพ็ชร์ อาจารย์ ดร.จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและแง่คิดที่เป็นประโยชน์ในการทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อาษา ประทีปเสน และหน่วยเทคโนโลยีเฉพาะทางการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งได้ให้ความอนุเคราะห์ให้ยืมอุปกรณ์วิเคราะห์สัญญาณอะคูสติกและความรู้ทางด้านวิชาการ ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.รัชทิน จันท์เจริญ ครูธงชัย สิงห์สังวรรณ ซึ่งได้ให้ความกรุณาในการช่วยซ่อมอุปกรณ์วิเคราะห์สัญญาณอะคูสติกและความรู้ทางด้านเทคนิค

ขอขอบคุณ คุณโสภณ นาคยงค์ คุณสุบิน ชันดี คุณโกวิทย์ โภพล คุณพรชัย เสาวรัตน์ชัย นายช่างเทคนิค ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในด้านการปฏิบัติงาน คุณสุรศักดิ์ ถกมิ คุณพิลดา หวังพานิช คุณปรีทัศน์ วิบูลยานนท์ คุณนศร ภักดีชาติ คุณเกษภา เตชัสหงส์ เพื่อนและน้องนิสิตปริญญาโท ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสาทความรู้ให้แก่ผู้วิจัย อันเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้ ตลอดจนคุณปู่ คุณย่า บิดา มารดาของผู้วิจัยซึ่งคอยสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา.....	1
1.3 วัตถุประสงค์.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 ทฤษฎี.....	4
2.1 การทดสอบอะคูสติกอิมพัลส์.....	4
2.2 การวัดกำลังงานของระบบไฟฟ้าสามเฟส.....	15
2.3 ดอกส่ว่าน.....	16
2.4 การสีกหรอ.....	18
3 การทดลอง.....	23
3.1 การทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก.....	24
3.2 ขั้นตอนการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก.....	25
3.3 การทดลองวัดกำลังงาน.....	29
3.4 ขั้นตอนการทดลองวัดกำลังงาน.....	30
4 ผลการทดลอง.....	32
4.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก.....	32
4.2 ลักษณะของเศษโลหะจากการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก.....	39
4.3 สภาพการสีกหรอของดอกส่ว่านจากการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก.....	41
4.4 ผลการทดลองวัดกำลังงาน.....	49
4.5 สภาพการสีกหรอของดอกส่ว่านจากการทดลองวัดกำลังงาน.....	55
4.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	57

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผลการวิจัย.....	64
5.1 สรุปผลการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติค.....	64
5.2 สรุปผลการทดลองวัดกำลังงาน.....	65
5.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....	65
รายการอ้างอิง.....	67
ภาคผนวก.....	68
ภาคผนวก ก อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	69
ภาคผนวก ข สัญญาณอะคูสติค Energy Count และ Hit ของดอกสว่าน 3 ดอก.....	75
ภาคผนวก ค กำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ในการเจาะรู ของดอกสว่าน 1 ดอก.....	82
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบที่มีผลต่อแอมพลิจูดของคลื่นอะคูสติก.....	6
3.1	เงื่อนไขในการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก.....	25
3.2	คำแนะนำสำหรับพารามิเตอร์โดยทั่วไปของการวิเคราะห์สัญญาณอะคูสติก.....	28
3.3	เงื่อนไขในการทดลองวัดกำลังงาน.....	30
4.1	สรุปลักษณะการสีกหรือของดอกสว่านในการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก.....	62
4.2	สรุปลักษณะการสีกหรือของดอกสว่านในการทดลองวัดกำลังงาน.....	63
ข.1	Energy ของสัญญาณอะคูสติกที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	76
ข.2	Count ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	76
ข.3	Hit ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	77
ข.4	Energy ของสัญญาณอะคูสติกที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	77
ข.5	Count ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	78
ข.6	Hit ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	78
ข.7	Energy ของสัญญาณอะคูสติกที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	79
ข.8	Count ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	79
ข.9	Hit ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	80
ข.10	Energy ของสัญญาณอะคูสติกที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	80
ข.11	Count ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	81
ข.12	Hit ของสัญญาณอะคูสติก อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการบิน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ.....	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.1	กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ..... 83
ค.2	กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ..... 84
ค.3	กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ..... 85
ค.4	กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ..... 86
ค.5	กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ..... 87
ค.6	กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ..... 88
ค.7	กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ..... 89
ค.8	กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ..... 90
ค.9	กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ..... 91

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะโครงสร้างของอะตอมและผลึกที่ไม่สมบูรณ์.....	4
2.2 ลักษณะการเกิดการไถล.....	5
2.3 ลักษณะการเกิดการบิด.....	5
2.4 ระบบที่ใช้ในการตรวจสอบอะคูสติกอิมัลชัน.....	7
2.5 สัญญาณอะคูสติกแบบต่อเนื่องและแบบปะทุ.....	8
2.6 ลักษณะรูปคลื่นอะคูสติกและคุณลักษณะต่างๆ ของสัญญาณ.....	9
2.7 รายละเอียดการนับ Event หรือ Hit เทียบกับ HDT.....	11
2.8 รายละเอียดการนับ Event หรือ Hit เทียบกับ HLT.....	12
2.9 รายละเอียดการนับ Peak เทียบกับ PDT.....	13
2.10 การเคลื่อนที่ของคลื่นอะคูสติกไปยังหัวรับสัญญาณ.....	14
2.11 การวัดกำลังงานของระบบไฟฟ้าสามเฟส.....	15
2.12 ลักษณะทั่วไปของดอกสว่านแบบเกลียวบิด.....	16
2.13 การวัดการสึกหรอของมีดตัด.....	19
2.14 อิทธิพลของความเร็วตัดและอัตราการป้อนที่มีผลต่อ Flank wear และ Crater wear ของมีดตัดเหล็กกล้าไฮสปีดหลังจากการกลึงวัสดุเหล็กกล้า Ck ₅₅ N (AISI C 1055); การป้อนลึก (Depth of cut) 2 มิลลิเมตร, เวลาที่ใช้ตัด (Cutting time) 30 นาที [5].....	20
2.15 ลักษณะการสึกหรอของดอกสว่าน.....	21
3.1 แผ่นเหล็กที่ใช้ในการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก.....	25
3.2 การติดตั้งแผ่นเหล็กเข้ากับแท่นเครื่องเจาะ.....	26
3.3 การติดตั้งหัวรับสัญญาณอะคูสติกกับแผ่นเหล็ก.....	26
3.4 การติดตั้งชุดตรวจสอบสัญญาณอะคูสติก.....	27
3.5 HARDWARE SETUP MENU ของ LOCAN 320.....	27
3.6 การสร้างสัญญาณโดยการหักใส่ดินสอ.....	28
3.7 สัญญาณอะคูสติกที่ได้จากการหักใส่ดินสอ 7 ครั้ง.....	29
3.8 แผ่นเหล็กที่ใช้ในการทดลองวัดกำลังงาน.....	30
3.9 การติดตั้งเครื่องมือวัดกำลังงาน รุ่น 3286 Clamp on Power Hitester [8].....	31

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Energy Count และ Hit กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ	35
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Energy Count และ Hit กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ	36
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Energy Count และ Hit กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ	37
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Energy Count และ Hit กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ	38
4.5 ลักษณะของเศษโลหะจากการทดลองที่ 1	39
4.6 ลักษณะของเศษโลหะจากการทดลองที่ 2	39
4.7 ลักษณะของเศษโลหะจากการทดลองที่ 3	40
4.8 ลักษณะของเศษโลหะจากการทดลองที่ 4	40
4.9 ตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่าน อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ	41
4.10 ลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่าน อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ	42
4.11 ตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่าน อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ	43
4.12 ลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่าน อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ	44
4.13 ตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่าน อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ	45
4.14 ลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่าน อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ	46
4.15 ตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่าน อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ	47
4.16 ลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่าน อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ	48
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับลำดับที่ของรูเจาะ อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที	50
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับลำดับที่ของรูเจาะ อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที	52

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับลำดับที่ของรูเจาะ อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที.....	54
4.20 ตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่านในการทดลองวัดกำลังงาน.....	55
4.21 ลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่านในการทดลองวัดกำลังงาน.....	56
4.22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสัญญาณอะคูสติกที่อัตราเร็วรอบคงที่ 450 รอบต่อนาที.....	58
4.23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสัญญาณอะคูสติกที่อัตราเร็วรอบคงที่ 710 รอบต่อนาที.....	59
4.24 การเปรียบเทียบกำลังงานที่อัตราเร็วรอบคงที่ 280 450 และ 710 รอบต่อนาที.....	61
ก.1 เครื่องเจาะแบบตั้งพื้น ใช้มอเตอร์ยี่ห้อ MEZMOHELNICE	70
ก.2 เครื่องมือวัดสัญญาณอะคูสติก รุ่น LOCAN 320	71
ก.3 อุปกรณ์ขยายสัญญาณเบื้องต้น รุ่น 1220 A.....	72
ก.4 สาย 1234 Coaxial Cable Standard	72
ก.5 เครื่องมือวัดกำลังงาน รุ่น 3286 Clamp on Power Hitester	73
ก.6 สายต่อนำไฟฟ้า 9635 (แดง, เหลือง และดำ).....	73
ก.7 เครื่องตัดแบบพลาสมา รุ่น MAX43	74