

ทำนายสภาวะการสึกหรอของมีดกลึงบนเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือน
ในโดเมนความถี่

รัชชัย นิกากิจ

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2557

PREDICT TOOL WEAR ON CNC TURNING USING VIBRATION SIGNAL
IN FREQUENCY DOMAIN

Tawatchai Nikachi



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2014

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ทำนายสภาวะการสึกหรอของมีดกลึงบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี
ด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือนในโดเมนความถี่

โดย

ธวัชชัย นิกากิจ

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วราคม เนินน้อย

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตะพล หุยนันท)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอเกียรติ วงศ์สารพิบูล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วราคม เนินน้อย)

ธวัชชัย นิกากิจ: ทำนายสภาวะการสีกหรือของมีดกลึงบนเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือนในโดเมนความถี่. อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วราคม เนติน้อย, 79 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาสภาวะการสีกหรือของมีดกลึงบนเครื่องกลึงซีเอ็นซีโดยการทำนายจากแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นที่ด้ามมีดกลึงในการกลึงชิ้นงานโดยใช้เซ็นเซอร์ Accelerometer รุ่น MTN/1100C จับสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ด้ามมีดกลึงในแนวแกน Y และแกน Z และ Proximity sensor ใช้ในการจับความเร็วหัว Spindle ของเครื่องกลึงซีเอ็นซี เพื่อจะแบ่งคลื่นความถี่ที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบของการหมุนของหัว Spindle ออกมาให้เห็น การเก็บบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม Labview และนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนด้วยโปรแกรม Matlab โดยวิเคราะห์ในโดเมนความถี่ใช้ทฤษฎีของ Pwelch เพื่อดูสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ด้ามมีดกลึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการสีกหรือของมีดกลึงหรือไม่และส่งผลอย่างไร ในงานวิจัยนี้จะนำเอาเซ็นเซอร์ Arduino รุ่น MMA7361L ที่มีราคาถูกมาทดลองใช้จับสัญญาณการสั่นสะเทือนของด้ามมีดกลึงเพื่อดูว่าสามารถใช้ทดแทนเซ็นเซอร์ Accelerometer รุ่น MTN/1100C ที่มีราคาแพงกว่าได้หรือไม่

จากการศึกษาพบว่า ข้อมูลที่จับสัญญาณการสั่นสะเทือนของด้ามมีดกลึงที่ได้มาจากแนวแกน Y และแกน Z นำมาวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนแกนที่สามารถบ่งบอกถึงการสีกหรือของมีดกลึงได้คือแกน Y ความถี่ที่สามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงของการสีกหรือของมีดกลึงได้คือความถี่ 1800-3000 Hz. การสีกหรือของมีดกลึงที่เกิดจากแรงสั่นสะเทือนที่ด้ามมีดกลึงทางผู้วิจัยคิดว่ามันจะค่อยๆ เกิดการสีกหรือขึ้นโดยไม่ได้เป็นไปตามที่ตั้งสมมติฐานเอาไว้แต่มันเกิดการสีกหรือขึ้นทันทีทันใดโดยวิเคราะห์จากผลของแรงสั่นสะเทือนที่เก็บค่ามาในช่วงของเวลาที่ทำการกลึงต่อเนื่องกัน และตัวเซ็นเซอร์ Arduino รุ่น MMA7361L ที่มีราคาถูกไม่สามารถใช้ทดแทนเซ็นเซอร์ Accelerometer รุ่น MTN/1100C ที่มีราคาแพงกว่าได้

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม

ปีการศึกษา 2557

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

TAWATCHAI NIKACHI : PREDICT TOOL WEAR ON CNC TURNING USING VIBRATION SIGNAL IN FREQUENCY DOMAIN. ADVISOR : ASSISTANCE PROFESSOR DR. WARAKOM NERDNOI, 79 PP.

This research studies wear and tear condition of blade cutter on CNC lathe machine by prediction from vibration arisen from cutter haft in Y axis and Z axis as well as Proximity sensor used to measure speed at the spindle of CNC lathe machine in order to divide and to specify frequency waves arisen in each round of Spindle spinning of CNC lathe machine. Lab view program is used to record data in computer and the data shall be analyzed vibration signal by using Matlab program by using Pwelch theory to analyze domain frequency in order to find vibration at blade cutter haft whether being affected to changing of wear and tear of blade cutter or not and how. This research uses Arduino sensor, model MMA7361L which is cheaper sensor to receive vibration signal at blade cutter haft whether it can replace Accelerometer sensor, model MTN/1100C which is more expensive, or not.

And it is found in the study results that data obtained from vibration signal at blade cutter haft in Y axis and Z axis after analysis of the vibration of Y axis can indicate wear and tear at blade cutter haft and the appropriate frequency which can specify changing of wear and tear of cutter blade is 1800-3000 Hz. Wear and tear of cutter blade arisen from vibration of it handle researcher thinks that it is not consistent to the set hypothesis which assumed that it shall be gradually happened but the wear and tear is happened suddenly by analysis from vibration results obtained from continual lathe and it is found that Arduino sensor, model MMA7361L which is cheaper sensor cannot replace Accelerometer, model MTN/1100C which is more expensive sensor.

Graduate School

Field of Engineering of Technology

Academic Year 2014

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้กระทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีอันเนื่องมาจากความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วราคม เนติน้อย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์กรุณาเสียเวลาอันมีค่าของท่าน มาให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาแนวทางและการพัฒนาในการทำวิจัยตลอดจนสอนขั้นตอนการดำเนินวิจัยตลอดการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. พรชัย นิเวศน์รังสรรค์ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร) ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษาอีกทั้งยังแนะนำแนวทางการส่งชื่ออุปกรณ์และให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ ทำวิจัยและแนะนำความรู้ในเรื่องต่างๆ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตะพล หุยนันทน์ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร) ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอเกียรติ วงศ์สารพิ (สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น) ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส (สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น) ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณคุณแม่และครอบครัวที่ให้โอกาสในการศึกษาและขอบคุณเพื่อนๆ อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งผู้ที่กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามใน ณ ที่นี้ผู้เขียนมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดีจากทุกท่านและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ธวัชชัย นิกากิจ

TNI

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	2
2 หลักการพื้นฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หลักการพื้นฐาน	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	20
3.1 กระบวนการวิจัย	20
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	21
3.3 แผนการทดลอง	22
4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	26
4.1 วิเคราะห์สัญญาณในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ขั้นที่ 1	26
4.2 วิเคราะห์โดเมนเวลาและโดเมนความถี่ขั้นที่ 2	41
4.3 การสีกหรือของมีดกลิ้ง	60

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	63
5.1 สรุปผลการวิจัยขั้นที่ 1	63
5.2 ข้อเสนอแนะขั้นที่ 1	64
5.3 สรุปผลการวิจัยขั้นที่ 2	64
5.4 ข้อเสนอแนะขั้นที่ 2	67
บรรณานุกรม	68
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก. ขั้นตอนการวิเคราะห์	72
ภาคผนวก ข. สัญลักษณ์	77
ประวัติย่อผู้วิจัย	79



TNI

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน	2
5.1 เปรียบเทียบค่า Amplitude และ Frequency ที่เกิดขึ้นของข้อมูล A B C และ D.....	64
5.2 การสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) ของมีดกลึงของข้อมูล A B C และ D.....	66



THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

TNI

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 การสึกหรอจากการขัดสี.....	3
2.2 การสึกหรอจากการยึดเกาะของวัสดุ.....	3
2.3 การสึกหรอจากการแพร่ของธาตุ.....	4
2.4 การสึกหรอของใบมีดกลึง.....	4
2.5 การสึกหรอบนผิวทลบ.....	5
2.6 การสึกหรอบนผิวคาย.....	5
2.7 การสึกหรอที่ปลายมีดกลึง.....	6
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของมีดและขนาดการสึกหรอแบบ Flank Wear.....	6
2.9 อิทธิพลของความเร็วตัดต่อขนาดการสึกหรอแบบ Flank Wear.....	7
2.10 ตัวอย่างการตรวจสอบขนาดการสึกหรอโดยตรง.....	8
2.11 แรงที่มากกระทำที่เศษโลหะและที่มีดกลึง.....	9
2.12 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่าง F, N, Fs, Fn, Fc และ Ft.....	10
2.13 พารามิเตอร์ต่างๆ ของสัญญาณบนโดเมนเวลา.....	11
2.14 หลักการทำงานของ Fast Fourier Transform.....	15
2.15 การประมาณค่า PSD แบบ PWelch.....	17
2.16 การทำ Window Signal แบบ Hamming.....	17
3.1 มีดกลึงละเอียดแบบ Insert รูปทรงสามเหลี่ยม R=0.4 mm.....	20
3.2 เซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน MTN/1100C Accelerometer.....	21
3.3 เซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน Arduino mma7361L.....	21
3.4 เครื่องกลึง CNC Lath ยี่ห้อ Good Way Model GCL-2.....	22
3.5 แผนการวิเคราะห์ผลขั้นที่ 1.....	22
3.6 แผนการวิเคราะห์ผลขั้นที่ 2.....	23
3.7 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง.....	23
3.8 ตัวขยายสัญญาณของเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer.....	24
3.9 การเชื่อมต่อระบบในการเก็บข้อมูลของเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer.....	24
3.10 การเชื่อมต่อระบบในการเก็บข้อมูลของเซนเซอร์ Arduino mma7361L.....	25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.1 สัญญาณสั่นสะเทือนที่ได้จาก MTN/1100C Accelerometer	27
4.2 สัญญาณสั่นสะเทือนที่ได้จาก Arduino mma7361L	27
4.3 หาค่า Max Mean Standard Deviation Variance Kurtosis Skewness RMS Crest และ Energy โดยคำนวณผ่านโปรแกรม Lab View	28
4.4 แกนที่ใช้ข้อมูลนำมาวิเคราะห์	28
4.5 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์โดเมนความถี่จากโปรแกรม Lab View ระหว่างแกน Z กับแกน Y	29
4.6 กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในการกลิ้งของเซนเซอร์ MTN/1100C Acceleromete	29
4.7 กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในการกลิ้งของเซนเซอร์ Arduino mma7361L	30
4.8 การติดตั้งเซนเซอร์ Arduino mma7361L	30
4.9 สัญญาณสั่นสะเทือนที่ได้จาก Arduino mma7361L ที่ทำการทดลองเพิ่มเติม	31
4.10 กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในการกลิ้งของเซนเซอร์ Arduino mma7361L ที่ทำการทดลองเพิ่มเติม	31
4.11 รอบ (Revolution)	32
4.12 กราฟรอบที่ 1	33
4.13 กราฟรอบที่ 4	33
4.14 กราฟรอบที่ 12	34
4.15 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 1 พล็อตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation	35
4.16 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 4 พล็อตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation	35
4.17 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 12 พล็อตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation	36
4.18 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 1 พล็อตระหว่าง Mean กับ Kurtosis	37
4.19 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 4 พล็อตระหว่าง Mean กับ Kurtosis	37
4.20 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 12 พล็อตระหว่าง Mean กับ Kurtosis	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.21 กราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โพลต์เตอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไดเรคทอรีที่ X0005.....	39
4.22 กราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โพลต์เตอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไดเรคทอรีที่ X0010.....	39
4.23 กราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โพลต์เตอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไดเรคทอรีที่ X0015.....	40
4.24 กราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โพลต์เตอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไดเรคทอรีที่ X0020.....	40
4.25 กราฟเส้นของข้อมูล A.....	42
4.26 กราฟเส้นของข้อมูล B.....	42
4.27 กราฟเส้นของข้อมูล C.....	43
4.28 กราฟเส้นของข้อมูล D.....	43
4.29 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล A.....	44
4.30 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล B.....	45
4.31 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล C.....	45
4.32 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล D.....	46
4.33 การทำฟิวด์เตอร์ข้อมูลในโปรแกรม Lab View.....	47
4.34 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล A (Filter ช่วงความถี่ระหว่าง 1500-3500 Hz).....	48
4.35 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล B (Filter ช่วงความถี่ระหว่าง 2000-3500 Hz).....	48
4.36 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล C (Filter ช่วงความถี่ระหว่าง 2500-4500 Hz).....	49
4.37 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล D (Filter ช่วงความถี่ระหว่าง 3500-4000 Hz).....	49
4.38 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูล A ไดเรคทอรีที่ X0005.....	50
4.39 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูล B ไดเรคทอรีที่ X0005.....	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.40 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดรแควทอรีที่ X0005.....	51
4.41 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดรแควทอรีที่ X0005.....	52
4.42 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดรแควทอรีที่ X0010.....	53
4.43 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดรแควทอรีที่ X0010.....	53
4.44 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดรแควทอรีที่ X0010.....	54
4.45 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดรแควทอรีที่ X0010.....	54
4.46 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดรแควทอรีที่ X0015.....	55
4.47 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดรแควทอรีที่ X0015.....	56
4.48 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดรแควทอรีที่ X0015.....	56
4.49 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดรแควทอรีที่ X0015.....	57
4.50 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดรแควทอรีที่ X0020.....	58
4.51 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดรแควทอรีที่ X0020.....	58
4.52 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดรแควทอรีที่ X0020.....	59
4.53 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดรแควทอรีที่ X0020.....	59
4.54 การสึกหรอบนผิวหกลบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ A.....	60
4.55 การสึกหรอบนผิวหกลบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ B.....	61
4.56 การสึกหรอบนผิวหกลบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ C.....	61
4.57 การสึกหรอบนผิวหกลบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ D.....	62
ก.1 การนำข้อมูลไปวิเคราะห์ขั้นที่ 1.....	73
ก.2 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ขั้นที่ 1.....	74
ก.3 การนำข้อมูลไปวิเคราะห์ขั้นที่ 2.....	75
ก.4 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ขั้นที่ 2.....	76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนในปัจจุบันมีการแข่งขันกันอย่างแพร่หลายซึ่งนิยมเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการผลิตชิ้นส่วนเพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณได้เป็นอย่างดีและไม่ยุ่งยากในการใช้ทักษะและความสามารถของผู้ควบคุมเครื่องจักรนั้น ตัวอย่างเช่นเครื่อง Machining Center CNC Lathe เป็นต้น เพราะมีเทคโนโลยีช่วยในการ Monitoring เพื่อควบคุมคุณภาพในการผลิตและป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตและในปัจจุบันในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนได้มีการแข่งขันกันสูงจึงต้องมีกลยุทธ์ในการที่จะลดต้นทุนการผลิตให้ได้เพื่อให้มีผลกำไรและสามารถยืนหยัดและสามารถแข่งขันอยู่ในอุตสาหกรรมนี้ได้

ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนที่เครื่อง CNC Lathe มีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการพัฒนาเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่างๆ ขึ้น เช่น การแตกหักของใบมีด สภาวะการตัดเฉือนที่ไม่เหมาะสมที่ทำให้เกิด Chatter เกิดเศษโลหะต่อเนื่องและการสึกหรอของใบมีด เป็นต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวในปัจจุบันยังไม่สามารถคาดการณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานและอายุการใช้งานของเครื่องจักร จึงมีความจำเป็นที่ต้องการทำนายความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพื่อจะได้ไม่ต้องหยุดเครื่องจักรแล้วทำการตรวจวัดขนาดและคุณภาพของชิ้นงานเพื่อที่จะทราบว่าได้เกิดความผิดปกติในการผลิตหรือไม่ ซึ่งทำให้เสียเวลาและต้นทุนในการผลิตอย่างมาก

ในงานวิจัยการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบสภาวะของมีดกลึงด้วยการใช้สัญญาณสั่นสะเทือนของใบมีด เพื่อทำนายสภาวะของมีดกลึง โดยใช้เครื่องมือทางสถิติวิเคราะห์บนโดเมนเวลา และใช้การแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็วมาแปลงเป็นสัญญาณที่เป็นโดเมนความถี่เพื่อมาทำนายสภาวะของมีดกลึง โดยเครื่องจักรที่ใช้ในการศึกษาคือเครื่องกลึง CNC Lathe ยี่ห้อ Good Way Model GCL-2

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อต้องการหาสภาวะในการใช้มีดกลึงตั้งแต่คมมีดกลึงที่ยังไม่เกิดการสึกใช้ไปจนเกิดการสึกโดยวิเคราะห์จากสัญญาณการสั่นสะเทือนในโดเมนความถี่

1.2.2 เพื่อศึกษาเซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน Arduinomma7361L กับเซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน MTN/1100C Accelerometer ว่าสามารถใช้ทดแทนกันได้หรือไม่

1.2.3 เพื่อหาคาบเวลาในการจัดเก็บข้อมูล

พิจารณาพารามิเตอร์ทางสถิติในโดเมนความถี่ที่สามารถทำนายการสึกหรอแบบ Flank Wear ในช่วง Cutting Speed 200 m/min, Depth of Cut 1.0 mm, Feed Rate 0.2 mm/rev วัสดุที่ใช้กลึงเหล็กกล้าคาร์บอน S45C เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม.

1.4.1 ได้ศึกษานโยบายการสนับสนุนที่ระบุและบ่งบอกได้ว่ามีคดถึงอยู่ในสภาวะที่สีกหรือ

1.4.2 สามารถแบ่งกลุ่มระหว่างข้อมูลที่เกิดการสีกหรือของมิดคถึงกับข้อมูลที่ยังไม่เกิดการมิดคถึง

1.4.3 เข้าใจถึงพื้นฐานของเทคโนโลยีการตัดเฉือนและปัจจัยที่มีผลต่อการสีกหรือของมิด

ประกอบด้วยขั้นตอนการศึกษาปัญหา วิเคราะห์ หาแนวทางและศึกษางานวิจัย จากนั้น
สร้างแบบจำลอง ทดลองโปรแกรมและสรุปผล และจัดทำบทความวิชาการและรูปเล่มงานวิจัย

[illegible]

บทที่ 2

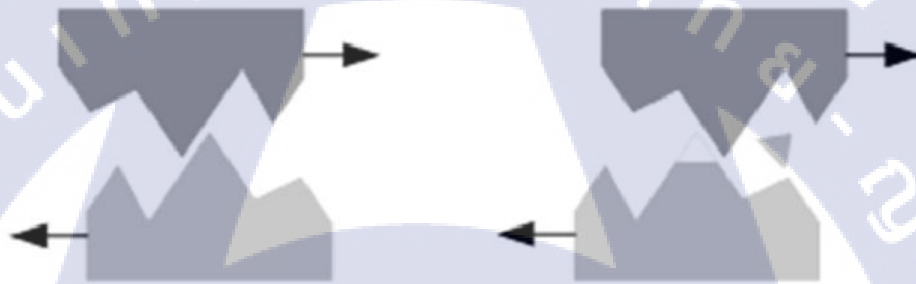
หลักการพื้นฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการพื้นฐาน

2.1.1 กลไกการสึกหรอ (Tool Wear Mechanism) [1]

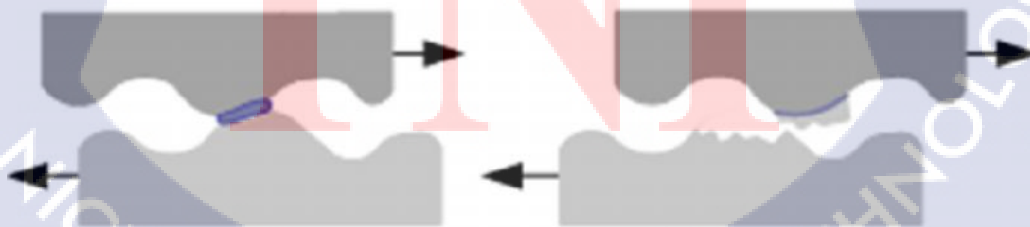
กลไกการสึกหรอที่มีผลต่อมีดกลึงแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

2.1.1.1 การสึกหรอจากการขัดสี (Abrasive Wear) เกิดจากการขัดสีของวัสดุชิ้นงานที่แข็งมาสัมผัสหรือขัดบนผิวของมีดกลึงจึงทำให้เกิดการขูดเนื้อของมีดกลึงที่ผิวสัมผัสออก ทำให้เกิดการสึกหรอที่มีดกลึงเกิดขึ้นเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิด Flank Wear (ดังรูปที่ 2.1)



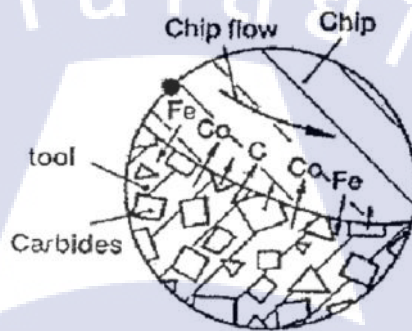
รูปที่ 2.1 การสึกหรอจากการขัดสี

2.1.1.2 การสึกหรอจากการยึดเกาะของวัสดุ (Adhesive Wear) การสึกหรอเนื่องจากการยึดเกาะของวัสดุที่เกิดจากการสัมผัสของวัสดุของชนิดภายใต้อุณหภูมิและความดันที่สูงและเกิดแรงเฉือนจนทำให้บริเวณที่สัมผัสกันยึดเกาะเป็นเนื้อเดียวกันวัสดุที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าก็จะขาดออกจากตัวเนื้อวัสดุ (ดังรูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 การสึกหรอจากการยึดเกาะของวัสดุ

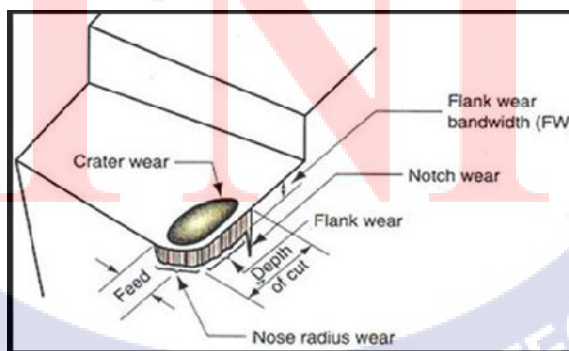
2.1.1.3 การสึกหรอจากการแพร่ของธาตุวัสดุ (Diffusive Wear) การสึกหรอเนื่องจากการแพร่ของธาตุวัสดุ เกิดจากสถานะของแข็ง 2 ชนิดที่สัมผัสกันภายใต้อุณหภูมิที่สูง และเกิดการแพร่ของอะตอมเคลื่อนย้ายจาก Lattice ที่มีความเข้มข้นมากกว่าไปยังที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า การที่อะตอมของมิดคิลล์แพร่ออกไปภายนอกส่งผลให้คุณสมบัติเปลี่ยนไปหรือสึกหรอได้ง่าย และอาจส่งผลให้วัสดุของชิ้นงานมีความแข็งมากขึ้นการแพร่ของอะตอมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง 2 วัสดุ และการสั่นของอะตอมขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าเวลาสัมผัสกันนานก็จะแพร่ก็จะแพร่ได้มาก ดังนั้นถ้าใช้ความเร็วตัดที่สูงก็จะแพร่ซึมได้น้อยซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิด Crater Wear (ดังรูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 การสึกหรอจากการแพร่ของธาตุ

2.1.2 ประเภทของการสึกหรอบนมีดกลึง [2]

การการสึกหรอบนมีดกลึงสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะของตำแหน่งที่เกิดการสึกหรอ (ดังรูปที่ 2.4)



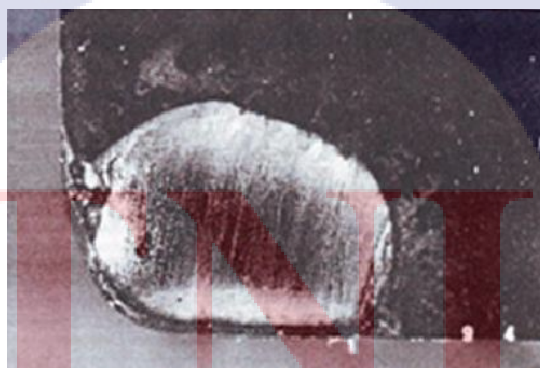
รูปที่ 2.4 การสึกหรอของใบมีดกลึง

2.1.2.1 การสึกหรอบนผิวหอบ (Flank Wear) เกิดจากการขัดถูของผิวงานใหม่กับขอบคมตัดของมีดบริเวณ Flank Face และวัดขนาดได้จากความสูงของรอยสึกหรอหรือ Flank Wear Band Width เมื่อเกิดการสึกหรอบนผิวหอบมากขึ้นก็จะทำให้เกิดแรงที่มากกระทำมากขึ้น (ดังรูปที่ 2.5)



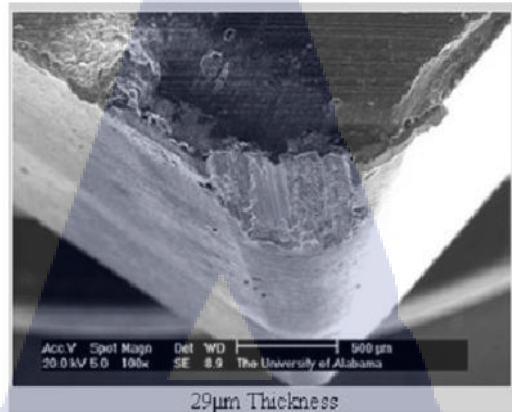
รูปที่ 2.5 การสึกหรอบนผิวหอบ

2.1.2.2 การสึกหรอบนผิวคาย (Carter Wear) เกิดจากการขัดสีหรือกระแทกของเศษโลหะที่บริเวณ Rake Face และเกิดอุณหภูมิที่เศษโลหะสูงมาก จึงเกิดลักษณะเป็นหลุมหรือร่องลึกเกิดใกล้ๆ กับคมตัด (ดังรูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.6 การสึกหรอบนผิวคาย

2.1.2.3 การสึกหรอที่ปลายมีดกลึง (Nose Wear) เป็นการสึกหรอที่ปลายมีดกลึงกับชิ้นงานที่กำลังตัดเฉือน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน (ดังรูปที่ 2.7)

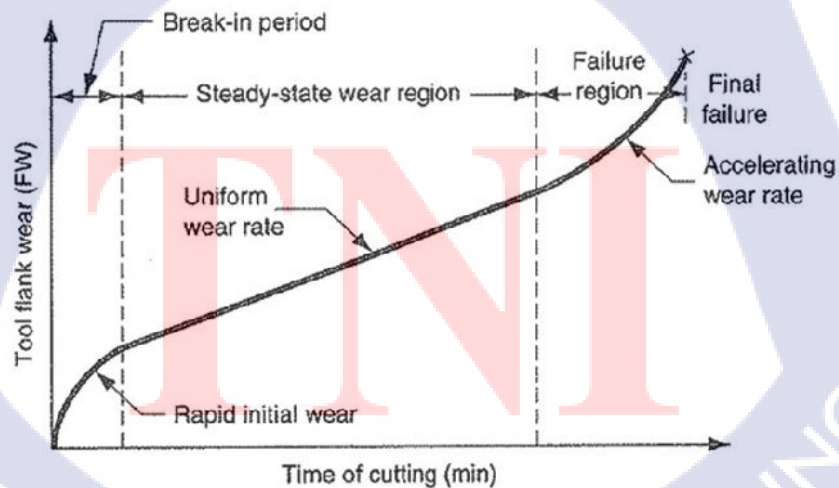


รูปที่ 2.7 การสึกหรอที่ปลายมีดกลึง

2.1.2.4 การสึกหรอลักษณะแหง (Nose Wear) เกิดการสึกหรอเป็นหลุมข้างบริเวณที่เกิด Flank Wear เนื่องจากเกิดการขัดสีจากขอบนอกของชิ้นงาน

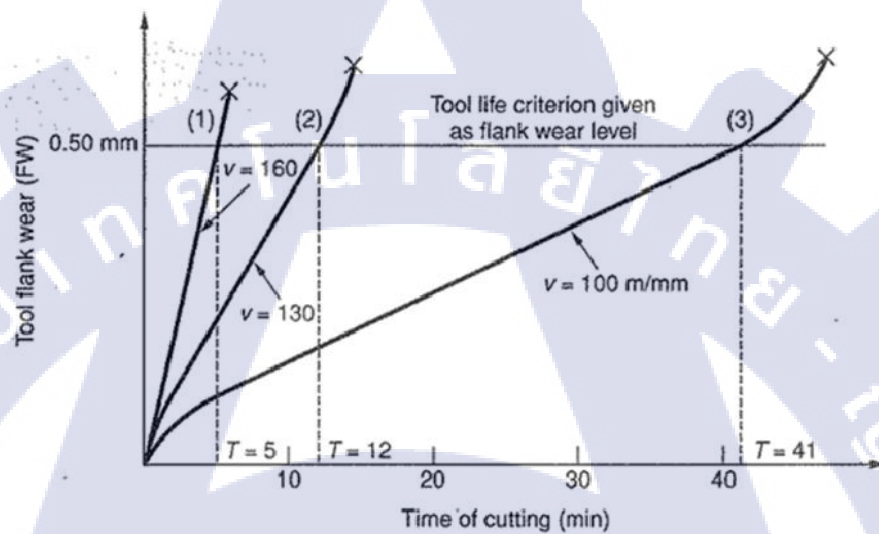
2.1.3 อายุของมีดกลึง (Tool Life) [3]

ในระหว่างกระบวนการการกลึงนั้นจะมีหลายกลไกที่ผลต่อการเพิ่มการสึกหรอของมีดกลึง ถ้าเทียบระหว่างเวลาในการตัดและขนาดของ Flank Wear ได้ตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของมีดและขนาดการสึกหรอแบบ Flank Wear

ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ช่วงแรกคือ Break-in-Period เป็นช่วงที่เริ่มต้นการสึกหรอและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ช่วงนี้จะใช้เวลาเพียงไม่กี่นาที เมื่อเข้าสู่ช่วงที่สอง Steady-State Wear Region เป็นช่วงที่เกิดอัตราการสึกหรออย่างคงที่ จากรูปสังเกตได้ว่าช่วงนี้มีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความชันคงที่ และช่วงสุดท้ายคือ Failure Region เป็นช่วงที่อัตราเริ่มเพิ่มเร็วขึ้น จะเกิดอุณหภูมิสูงขึ้นและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจะลดลง ถ้ายังคงดำเนินใช้ต่อไปจะส่งผลให้มันแตกหักได้

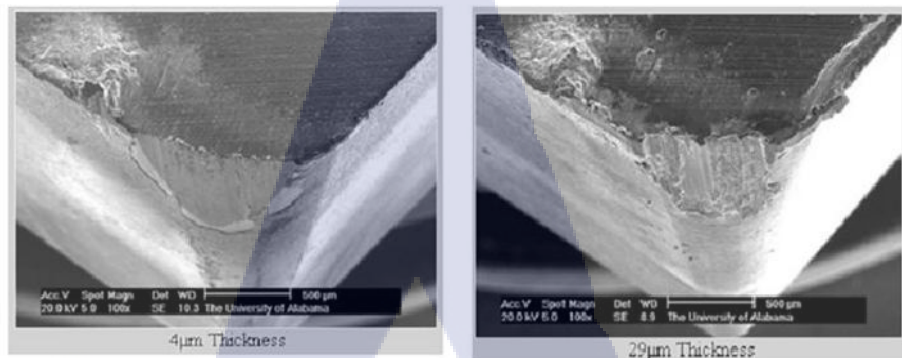


รูปที่ 2.9 อิทธิพลของความเร็วตัดต่อขนาดการสึกหรอแบบ Flank Wear

การเพิ่มความเร็วในการตัด อัตราการป้อน และความลึกในการตัดนั้นจะมีผลต่อการเพิ่มอัตราการสึกหรอ โดยเฉพาะการเพิ่มความเร็วในการตัดจะมีอิทธิพลมากที่สุดดังรูปที่ 2.9 แสดงถึงอิทธิพลของการเพิ่มความเร็วในการตัดถ้าเทียบในขนาดของ Flank Wear ที่ 0.5 mm จะพบว่าเส้นที่ 3 ($v=100$ m/min) จะมีอายุการใช้งานมากที่สุดเมื่อเทียบกับเส้นที่ 1 ($v=160$ m/min) และเส้นที่ 2 ($v=130$ m/min)

2.1.4 การตรวจสอบการสึกหรอของมีดกลึงแบ่งออกเป็น 2 วิธี [4]

2.1.4.1 การตรวจสอบโดยตรง (Direct Method) เป็นการตรวจสอบขนาดการสึกหรอโดยวัดจากรอยสึกของมีดกลึงโดยตรง การใช้วิธีนี้ค่อนข้างที่จะยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งไม่สามารถวัดขณะที่เครื่องจักรทำงานได้ แต่ผลที่ได้จะมีความแม่นยำกว่า (ดังรูปที่ 2.10)



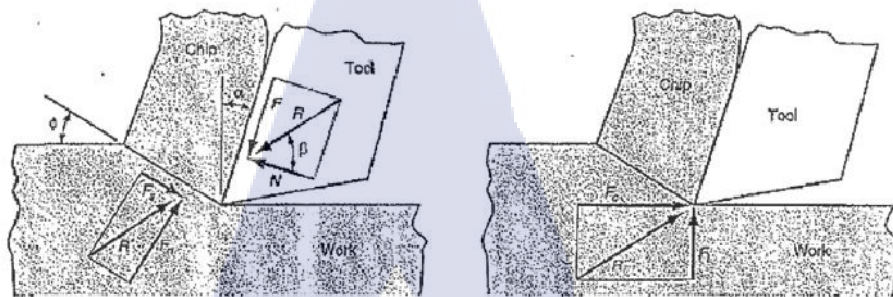
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการตรวจสอบขนาดการสึกหรอโดยตรง

2.1.4.2 การตรวจสอบโดยทางอ้อม (Indirect Method) เป็นการวัดการสึกหรอโดยการวัดพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กับการสึกหรอของมีดกลึง เช่น ความหยาบของผิวงาน สัญญาณการสั่นสะเทือน ขนาดของแรง ความเข้มของเสียง เป็นต้น การใช้วิธีเหล่านี้สามารถวัดได้ง่ายกว่าแต่การวิเคราะห์ค่อนข้างยากและซับซ้อน ในงานวิจัยจึงนิยมใช้วิธีวัดทางอ้อมมากกว่า วัดโดยใช้เซนเซอร์ต่างๆ เช่น Sound Sensor, Accelerometer, Dynamometer เป็นต้น แล้วเก็บสัญญาณมาวิเคราะห์ผลเพื่อหาขนาดการสึกหรอของมีดกลึง

2.1.5 ทฤษฎีการตัดเฉือน [5]

ถ้าพิจารณาแรงที่มากระทำที่เศษโลหะตามรูปที่ 2.11 พบว่าแรงที่ต้านเศษโลหะจากตัวมีดกลึงแบ่งออกเป็น 2 ทิศทาง คือแรงเสียดทาน (Friction Force : F) และแรงตั้งฉาก (Normal Force to Friction : N) ซึ่งแรงเสียดทานนั้นจะต้านการไหลของโลหะบนบริเวณ Rake Face ของมีดกลึง และแรงตั้งฉากจะมีทิศทางตั้งฉากกับแรงเสียดทาน โดยทั้งสองแรงนั้นสามารถใช้หาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานได้ระหว่างมีดกลึงและเศษโลหะได้

$$\mu = \frac{F}{N} \quad (2.1)$$



รูปที่ 2.11 แรงที่กระทำที่เศษโลหะและที่มีดกลึง

โดยแรงเสียดทานและแรงตั้งฉากสามารถรวมแรงเป็น แรงลัพธ์ R โดยมุม β เรียกว่า มุมเสียดทานซึ่งมีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานดังนี้

$$\mu = \tan \beta \quad (2.2)$$

นอกจากนี้แรงที่มีดกลึงกระทำลงบนเศษโลหะแล้ว ยังมีอีกสองแรงที่กระทำบนเศษโลหะโดยชิ้นงาน คือ แรงเฉือน (Shear Force : F) และแรงที่ตั้งฉากกับแรงเฉือน (Normal Force to Shear : F) ได้จาก

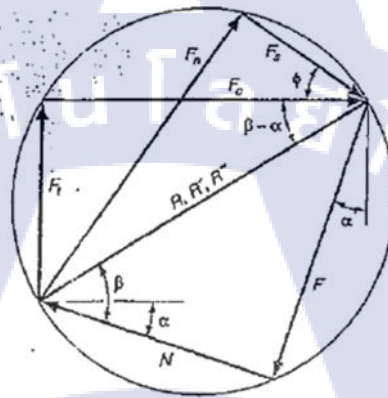
$$\tau = \frac{F_s}{A_s} \quad (2.3)$$

โดยที่ A_s คือ พื้นที่ Shear Plane ซึ่งหาได้จาก

$$A_s = \frac{t_0 w}{\sin \phi} \quad (2.4)$$

โดยแรงเฉือนและแรงที่ตั้งฉากกับแรงเฉือนนั้นสามารถรวมแรงเป็นแรงลัพธ์ R' ดังนั้นเพื่อให้แรงที่กระทำต่อเศษโลหะสมดุลกันแรงลัพธ์ R และ R' จึงต้องมีทิศทางตรงกันข้ามและมีขนาดเท่ากัน

ดังนั้นจึงสรุปออกมาเป็นไดอะแกรม ได้ดังรูปที่ 2.12 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง F , N , F_s , F_n ในการปฏิบัติจริงเราไม่สามารถวัดค่าทั้ง 4 แรงนี้มีทิศทางเปลี่ยนแปลงตามลักษณะมีด กลึงและเงื่อนไขการตัด อย่างไรก็ตามยังเป็นไปได้ที่จะใช้เครื่องวัดที่เรียกว่า Dynamometer ดังนั้นแรงที่กระทำต่อมีดกลึงทั้งสองแรงสามารถวัดได้ในทิศทาง Cutting Force, F_c และ Thrust Force, F_t ซึ่งแรง Cutting Force จะอยู่ในแนวเดียวกับความเร็ว V และแรง Thrust Force จะอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับความเร็วดังรูปที่ 2.12 ซึ่งทั้ง 2 แรงสามารถรวมเป็น R



รูปที่ 2.12 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่าง F , N , F_s , F_n , F_c และ F_t

เนื่องจากแรงทั้ง 4 นั้นไม่สามารถวัดได้ จึงจำเป็นต้องใช้ความสัมพันธ์ระหว่างที่สามารถวัดได้จากอุปกรณ์วัด Dynamometer ใช้ความสัมพันธ์ทางด้านตรีโกณมิติดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} F &= F_c \sin \alpha + F_t \cos \alpha \\ N &= F_c \cos \alpha - F_t \sin \alpha \\ F_s &= F_c \cos \phi - F_t \sin \phi \\ F_n &= F_c \sin \phi + F_t \cos \phi \end{aligned} \quad (2.5)$$

2.1.6 การวิเคราะห์สัญญาณ [6]

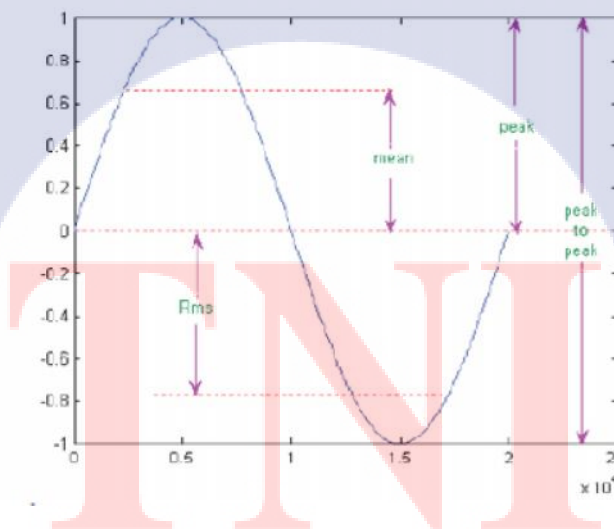
สัญญาณที่บันทึกจากหัววัดต่างๆ เช่น หัววัดการสั่นสะเทือน ไมโครโฟน เทอร์โมคัปเปิล เป็นต้น จะอยู่ในรูปของสัญญาณบนโดเมนเวลาซึ่งมีแกนตั้งเป็นแอมพลิจูดของสัญญาณและแกนนอนเป็นเวลาซึ่งลักษณะของสัญญาณที่เก็บได้จะขึ้นอยู่กับสภาพและเงื่อนไขในการกลึงการประมวลผล

สัญญาณมีหลายวิธีเป็นการปรับปรุงสัญญาณให้ดีขึ้น บางวิธีอาจเป็นการตัดส่วนของสัญญาณที่มีลักษณะเด่นออกมา และบางวิธีอาจจะเป็นการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลหรือสัญญาณออกมา สัญญาณการสั่นสะเทือนซึ่งเป็นสัญญาณบนโดเมนเวลาเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายเพื่อตรวจสอบการสั่นสะเทือนของมีดกลึง การวิเคราะห์สัญญาณมีหลายเทคนิคการวิเคราะห์บนโดเมนเวลาซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติเช่น ค่าสูงสุด ค่าต่ำ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง เป็นเป็นส่วนเทคนิคการวิเคราะห์บนโดเมนความถี่จะใช้เทคนิคการแปลงฟูเรียร์ เป็นต้น

2.1.7 การวิเคราะห์บนโดเมนเวลา [6]

สัญญาณที่ตรวจวัดได้จากหัววัดต่างๆ จะเป็นสัญญาณบนโดเมนเวลา คือ สัญญาณที่แสดงอยู่ในรูปของแอมพลิจูดของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาของข้อมูล สัญญาณบนโดเมนเวลาจะฟังก์ชันของเวลา คือ $x(t)$ โดยที่ t คือ เวลาใดๆ ในหน่วยวินาที เป็นต้น

พารามิเตอร์ที่นิยมใช้สำหรับวิเคราะห์สัญญาณบนโดเมนเวลาได้แก่ ค่าเฉลี่ย รากกำลังสองเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าแปรปรวน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และค่า Crestfactor เป็นต้น ซึ่งแสดงและอธิบายได้ดังรูปที่ 2.13 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.13 พารามิเตอร์ต่างๆ ของสัญญาณบนโดเมนเวลา

ค่าเฉลี่ย (Mean, $\bar{X}$) เป็นค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งๆ ซึ่งคำนวณจากผลบวกของข้อมูลและหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2.6)$$

เมื่อ N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด
 x_i คือ ข้อมูลลำดับ i

โดยทั่วไปสัญญาณมีทั้งค่าเป็นบวกและเป็นลบเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งสมดุลจะทำให้ค่าเฉลี่ยมีค่าประมาณเป็นศูนย์ ค่าเฉลี่ยในกรณีนี้จะคำนวณโดยการหาค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณก่อนแล้วจึงคำนวณหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณ

ค่ารากกำลังสอง Root Mean Square (RMS) เป็นค่ารากของเฉลี่ยผลรวมสัญญาณที่วัดได้ในระยะเวลาที่เกิดขึ้นในช่วงหนึ่งๆ

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N}} \quad (2.7)$$

ค่าแอมป์จูดสูงสุด หรือค่าสูงสุดของสัญญาณ (Peak หรือ Max) เป็นการบอกค่าระดับสูงสุดของสัญญาณที่เบี่ยงเบนจากระดับศูนย์

$$Peak = \max(|x(t)|) \quad (2.8)$$

ค่าแอมป์จูดต่ำสุด หรือค่าต่ำสุดของสัญญาณ (Min) เป็นการบอกค่าระดับต่ำสุดของสัญญาณที่เบี่ยงเบนไปจากระดับศูนย์

$$Min = \min(|x(t)|) \quad (2.9)$$

ค่า Peak to Peak เป็นการบอกค่าขนาดของสัญญาณที่วัดได้จากจุดสูงสุดทางด้านบวกกับจุดต่ำสุดทางด้านลบ

$$V_{pp} = \max(x(t)) - \min(x(t)) \quad (2.10)$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, σ) คือ ค่าการกระจายตัว ซึ่งเป็นค่าที่เกิดจากผลรวมยกกำลังสองของผลต่างของข้อมูลแต่ละตัวกับข้อมูลเฉลี่ยแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [X_i - \bar{X}]^2} \quad (2.11)$$

เมื่อ N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

X_i คือ ข้อมูลลำดับที่ i

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

ค่าความแปรปรวน (Variance) คือ ค่าการกระจาย ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของผลรวมทั้งหมดของข้อมูลเบี่ยงเบนยกกำลังสอง

$$\text{Var} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [X_i - \bar{X}]^2 \quad (2.12)$$

ค่าความเบ้ (Skewness) คือ ลักษณะของเส้นโค้งของการแจกแจงข้อมูล ที่ไม่อยู่ในรูปสมมาตรถ้าลักษณะของเส้นโค้งสลับไปทางข้อมูลที่มีค่าสูงเรียกว่าโค้งเบ้ไปทางบวก (Positively Skewness) แต่ถ้าเส้นโค้งสลับไปทางข้อมูลที่มีค่าต่ำเรียกว่า โค้งเบ้ทางลบ (Negatively Skewness)

$$\text{Skewness} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right]^3 \quad (2.13)$$

ค่าความโด่ง (Kurtosis) คือ ลักษณะของเส้นโค้งของการแจกแจงความถี่ว่าสูงโด่งหรือเตี้ยตามแนวตั้งลักษณะความโด่งมี 3 ประเภทคือ

1. โด่งสูงสูงมากผิดปกติเรียกว่า Leptokurtic
2. โด่งปานกลางเรียกว่า Mesokurtic
3. โด่งน้อยกว่าปกติเรียกว่า Platykurtic

$$\text{Kurtosis} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right]^4 - 3 \quad (2.14)$$

Crest Factor คือ อัตราส่วนแอมพลิจูดสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงหนึ่งๆ หาด้วยค่า RMS ของสัญญาณสามารถระบุช่วงที่เริ่มเกิดความเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์ เช่น แบตเตอรี่

$$\text{Crest Factor} = \frac{\text{Peak}}{\text{RMS}} \quad (2.15)$$

ค่าพลังงานของสัญญาณ (Signal Energy, E) คือ การหาผลรวมกำลังสองของ $x(t)$ ตลอดช่วงเวลา T

$$E = \int_0^T x(t)^2 df \quad (2.16)$$

วิธีวิเคราะห์สัญญาณบนโดเมนเวลาด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังกล่าวข้างต้นสามารถใช้ตรวจสอบสถานะเครื่องจักรรวมถึงพัฒนาอุตสาหกรรมด้วย พารามิเตอร์ที่ใช้ทำน่านอาจมีมากกว่า 1 ชนิดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่น ชนิดของสัญญาณที่บันทึก ความซับซ้อนของสัญญาณตำแหน่งที่วัดสัญญาณ ความซับซ้อนของโครงสร้างของเครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งบางครั้งพารามิเตอร์ต่างๆ เหล่านี้อาจไม่เหมาะสมที่จะใช้ทำนายสถานะของเครื่องจักร ดังนั้นการวิเคราะห์บนโดเมนความถี่จึงเป็นแนวทางเลือกที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์สัญญาณซึ่งมีรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

2.1.8 การวิเคราะห์บนโดเมนความถี่ [7]

การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transforms) เป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์สเปกตรัมของฟังก์ชันที่มีความต่อเนื่องด้านความถี่ การแปลงฟูเรียร์ของลูกคลื่น คือ การแยกลูกคลื่นอยู่ในภาพผลรวมของลูกคลื่นไซน์ที่มีความถี่ต่างๆ ดังสมการที่ 2.17

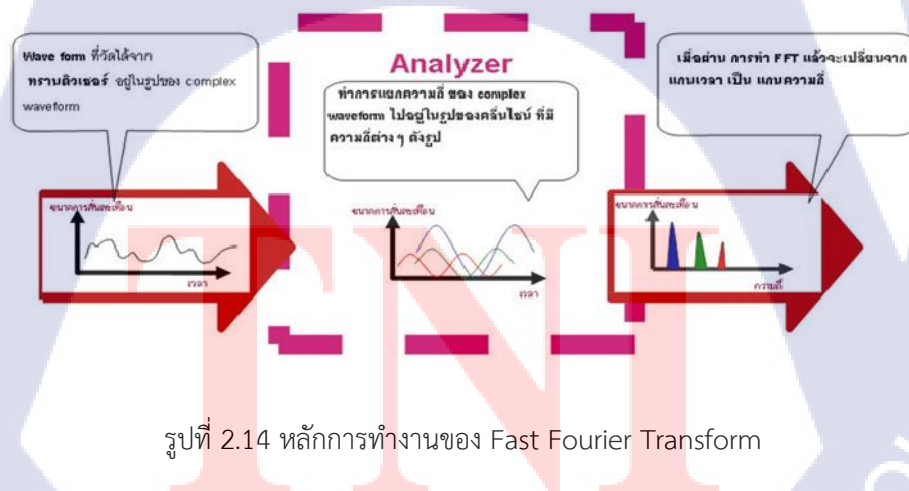
$$X(t) \rightarrow X(t_k) \equiv x(k) = X_k \rightarrow X_n \equiv \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{-2\pi i \frac{nk}{N}} \quad (2.17)$$

สัญญาณบนโดเมนความถี่ที่ได้จากการแปลงสัญญาณโดเมนเวลาเป็นโดเมนความถี่โดยสมการของการแปลงฟูเรียร์ดังสมการที่ 2.17 และสามารถแปลงกลับมาให้มาอยู่ในรูปของโดเมนเวลาได้ดังสมการที่ 2.18

$$X(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{j2\pi ft} dt \rightarrow X_k = \sum_{n=0}^{N-1} X_n e^{j2\pi \frac{kn}{N}} \quad (2.18)$$

จากสมการที่ 2.17 และ 2.18 f คือ ความถี่ในหน่วยเฮิร์ต (Hz) รูปแบบของการแปลงสัญญาณกลับจาก $x(f)$ มาเป็น $x(t)$ นี้เรียกว่า Inverse Fourier Transform และจากสมการทั้งสองสมมติว่า $x(t)$ มีคาบของสัญญาณเป็นอนันต์

การแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว (Fast Fourier Transform, FFT) คือ วิธีการแปลงสัญญาณที่อยู่ในโดเมนเวลาให้อยู่ในโดเมนความถี่อย่างรวดเร็ว เนื่องจากวิธีการแปลงฟูเรียร์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Fourier Transform) ใช้เวลาในการคำนวณมาก คือ ต้องทำการบวกจำนวนเชิงซ้อนทั้งหมด N ครั้ง และคูณจำนวนเชิงซ้อนทั้งหมด N ครั้ง รวมแล้วต้องทำการคำนวณทั้งหมด N^2 ครั้ง ดังนั้นวิธีการแปลงฟูเรียร์เร็วได้พัฒนาจากการแปลงฟูเรียร์แบบไม่ต่อเนื่อง แต่มีการคำนวณเพียง $N \log_2 N$ ครั้งเท่านั้นโดยมีหลักการดังรูปที่ 2.14 หลักการทำงานของ Fast Fourier Transform



รูปที่ 2.14 หลักการทำงานของ Fast Fourier Transform

2.1.9 การวิเคราะห์บนโดเมนความถี่ [8]

การแปลงสเปกตรัม (Spectrum) ของลอการิทึมของเพาเวอร์สเปกตรัม (Power Spectrum) เพื่อแสดงจุดเด่นที่เกิดขึ้นในสเปกตรัม ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสเปกตรัมที่ใช้แสดงจุดเด่นสัญญาณที่เกิดขึ้นในโดเมนเวลา การประมวลผลสัญญาณนี้เรียกว่าการวิเคราะห์เซปส์ตรัม (Cepstrum)

Analysis) เนื่องจากสัญญาณโดเมนความถี่หรือเซปส์ตรัมจะแสดงลักษณะความเป็นคาบของยอดสัญญาณบนโดเมนความถี่ โดยยอดสเปกตรัมที่มีระยะห่างความถี่เท่ากับ RPM จะปรากฏเป็นยอดสัญญาณที่มีความถี่เท่ากับ $1/\text{RPM}$ บนโดเมนความถี่ การวิเคราะห์เซปส์ตรัมจะใช้การวิเคราะห์ชุดแถบความถี่ข้างซึ่งปกติจะมีแอมป์จูดต่ำและยอดสัญญาณมีจำนวนมาก นอกจากนี้สัญญาณจะมีแถบความถี่มากกว่าหนึ่งชุดซึ่งแต่ละชุดจะมีระยะความถี่ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์แถบความถี่ข้างบนโดเมนความถี่จึงมีความยุ่งยากและเสียเวลามาก การใช้การวิเคราะห์เซปส์ตรัมสามารถช่วยประหยัดเวลาและลดความยุ่งยากดังกล่าวข้างต้น เซปส์ตรัมมีจุดยอดที่ตรงกับระยะห่างฮาร์โมนิกและแถบความถี่ด้านข้างเซปส์ตรัมมีด้วยกัน 2 แบบได้แก่ เพาเวอร์เซปส์ตรัม และเซปส์ตรัมเชิงซ้อนเป็นองค์ประกอบเฟสเช่นเดียวกันกับลอการิทึมแอมป์จูดแต่ละความถี่ในสเปกตรัมสมการของเพาเวอร์สเปกตรัมแสดงดังสมการที่ 2.19

$$C_p(\pi) = \mathfrak{F}^{-1}\{\log F_{xx}(f)\} \quad (2.19)$$

สมการของเซปส์ตรัมเชิงซ้อน แสดงดังสมการที่ 2.20

$$C_c(\tau) = \mathfrak{F}^{-1}\{\log F(f)\} \quad (2.20)$$

เมื่อ $F_{xx}(f)$ คือ เพาเวอร์สเปกตรัม

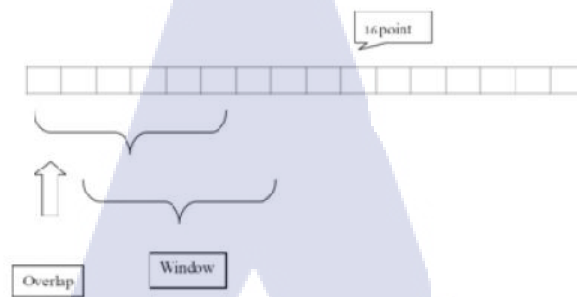
$f(f)$ คือ สเปกตรัมเชิงซ้อนหรือการแปลงฟูเรียร์

$\mathfrak{F}^{-1}$ คือ การแปลงฟูเรียร์ย้อนกลับ

$$F(f) = \mathfrak{F}\{f(t)\} = A(f).e^{j\phi(f)}$$

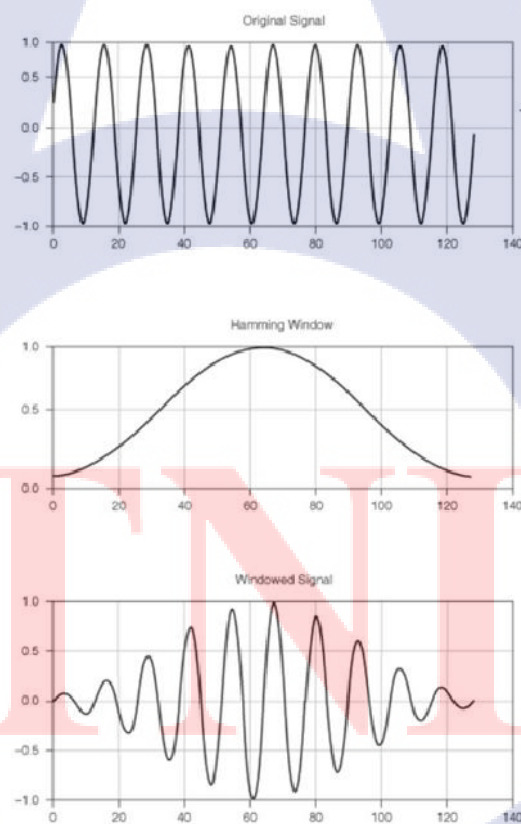
2.1.10 การวิเคราะห์โดยวิธีการพีเวล (PWelch Method) [9]

เป็นการประมาณค่าของ PSD แบบหนึ่งโดยคำนวณโดยการแบ่งข้อมูลนั้นให้มีขนาดเล็กแล้วแยกคำนวณด้วย Period Gram โดยมี Overlab เชื่อมโยงกันแต่ Period Gram การคำนวณแบบหน้าต่างใน Time Domain แล้วคำนวณ Fast Fourier Transform (FFT) แล้วจากนั้นก็ทำการหาค่ากำลังสองของ Magnitude และโดยส่วนมากหน้าต่างที่แบ่งข้อมูลนั้นจะมีผลทำให้ข้อมูลที่คำนวณเกิดการสูญเสียของข้อมูล จึงต้องทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อลดปัญหานี้ดังรูปที่ 2.15 ถ้าเราสมมุติให้มีข้อมูล 16 Bit



รูปที่ 2.15 การประมาณค่า PSD แบบ PWelch

2.1.10.1 การทำ Window Signal จะอธิบายได้ดังรูปที่ 2.16 การทำ Window Signal แบบ Hamming



รูปที่ 2.16 การทำ Window Signal แบบ Hamming

เมื่อเรานำช่วงสัญญาณใดๆ มาหนึ่งช่วงเพื่อทำการวิเคราะห์ ขอบของสัญญาณที่เราจะนำมาวิเคราะห์นั้นจะไม่เกิดความสมูททำให้มีปัญหาในการวิเคราะห์สัญญาณวิธีการทำ Window จะช่วยในการปรับขอบของสัญญาณให้สมูทขึ้นโดยขอบของสัญญาณจะไปเริ่มต้นจากศูนย์และค่อยๆ ขึ้นไปตามรูปแบบเดิมของสัญญาณและค่อยๆ ลดลงไปที่ศูนย์เหมือนกับการเริ่มต้น วิธีของการ Window ที่นิยมใช้กันก็คือ Hamming Window โดยวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์โดเมนความถี่นี้จะรวมวิธีของการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว (Fast Fourier Transform : FFT) กับการทำ Window Signal มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันมีหลายงานวิจัยที่พัฒนาระบบการวิเคราะห์การสั่นหรือของมีดกลึงบนเครื่องกลึง CNC เพื่อที่จะลดปัญหาในเรื่องสภาวะการทำงานที่ไม่เหมาะสมซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานและเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต

พรชัย นิเวศน์รังสรรค์; วราคม เนติน้อย; และเทอดศักดิ์ ใจงาม. [10] ได้เสนอแนวคิดในการตรวจสอบสภาวะของมีดกลึงด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือนโดยใช้พารามิเตอร์ทางสถิติและการแปลงฟูเรียร์แบบเร็วมาช่วยในการวิเคราะห์ผลพารามิเตอร์ทางสถิติที่ใช้คือค่าเฉลี่ยความเบ้ค่าความโด่งค่าความแปรปรวนและ Crest Factor ผลที่ได้คือค่าเฉลี่ยและค่าแปรปรวนสามารถทำนายสภาวะของมีดได้ดังนั้นจึงต้องการที่ใช้พารามิเตอร์ทางสถิติในการวิเคราะห์เพื่อที่จะใช้ทำนายสภาวะของมีดกลึงให้ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้นโดยอาศัยพารามิเตอร์ทางสถิติอื่นๆ

ตัวอย่างงานวิจัยการตรวจสอบสภาวะการทำงานของพัดลมอัดอากาศด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือนของพรชัย นิเวศน์รังสรรค์ [11] โดยวิจัยงานนี้ตรวจสอบพัดลมอัดอากาศในห้องปฏิบัติการด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือนโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์บนโดเมนเวลาเพื่อทำนายสภาวะของพัดลมที่เงื่อนไขต่างๆ การวิเคราะห์ด้วยพารามิเตอร์บนโดเมนเวลาพบว่าการใช้เฉพาะค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือค่าความเบ้ไม่สามารถทำนายสภาวะของพัดลมได้ทุกกรณีแต่การใช้พารามิเตอร์ทั้งสองรวมกันสามารถใช้จำแนกกลุ่มข้อมูลและทำนายสภาวะของพัดลมได้ดี

นอกจากจะมีการพัฒนาระบบการวิเคราะห์การสั่นหรือยังมีการพัฒนาด้านอื่นอีกเช่น บทความของสมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ [12] เสนอแนวคิดที่จะควบคุมสภาวะของเครื่องกลึงให้หลีกเลี่ยงจากการเกิด Chatter และการเกิดการคายเศษโลหะอย่างต่อเนื่องซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผิวชิ้นงานและอายุการใช้งานของเครื่องจักรในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการเทียบอัตราส่วนแต่ละแนวแรงเพื่อแยกความแตกต่างของแต่ละสภาวะโดยเสนอเป็น Algorithm ที่จะควบคุมการทำงานของเครื่องกลึงผลของงานวิจัยนี้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่อาจจะต้องมีการเก็บข้อมูลใหม่ถ้าใช้วัสดุใบมีดหรือวัสดุชิ้นงานชนิดอื่นไม่สามารถใช้งานได้

สมเกียรติ ตั้งจิตตติเจริญ; และชัชชัย ไชยชนะ [13] ได้พัฒนาระบบการตรวจสอบการสึกหรอของมีดกลึงที่เกิดขึ้นในกระบวนการกลึงซีเอ็นซีสำหรับเหล็กกล้าคาร์บอน (S45C) โดยใช้เซนเซอร์ร่วมกันประกอบด้วยเซนเซอร์แรงตึงเซนเซอร์เสียงและเซนเซอร์อะคูสติกอีมีสชันข้อมูลของสัญญาณจากแต่ละเซนเซอร์ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของสัญญาณที่เกิดขึ้นกับการสึกหรอของมีดกลึงดังนั้นสัญญาณที่ได้ถูกประมวลผลผ่านโครงข่ายประสาทเทียมชนิดที่มีการแพร่กระจายย้อนกลับจากผลการทดลองพบว่าระบบการตรวจติดตามภายในกระบวนการที่ได้เสนอและพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถประมาณค่าระดับการสึกหรอของมีดกลึงได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีค่าความถูกต้องสูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

J.Kopac; and S.Sali [14] ได้เสนอวิธีการทำนายการสึกหรอโดยใช้ความดันเสียงเป็นตัวกำหนดสถานะของมีดกลึงการทดลองได้เปลี่ยนค่า Cutting Speed, Feed Rate และขนาดของ Flank Wear และวัดด้วย Condenser Microphone โดยวิเคราะห์ในเทอมของความถี่ตั้งแต่ 0 ถึง 22 KHz. จากผลการทดลองพบว่าความดันเสียงสามารถใช้บ่งบอกสถานะของมีดกลึงได้จริงแต่จะใช้ได้เพียงบางกรณีเท่านั้น

X. Luo; K. Cheng; R. Holt; and X.Liu [15] ได้เสนอโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่จะมาทำนายอัตราการสึกหรอแบบ Flank Wear ของมีดกลึงโดยใช้สมการอัตราการสึกหรอแบบ Abrasive/Adhesive Wear และกลไกการสึกหรอแบบ Diffusive Wear ซึ่งกลไกเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการสึกหรอแบบ Flank Wear มากและได้ใช้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ Orthogonal Cutting Model มาช่วยในการหาโมเดลจากผลการทดลองของงานวิจัยนี้พบว่า Cutting Speed มีอิทธิพลในการเพิ่มอัตราการสึกหรอมากกว่า Feed Rate และโมเดลที่เสนอมานั้นสามารถใช้ได้จริงแต่มีข้อจำกัดที่สามารถใช้ได้เพียงบางช่วงของเงื่อนไขการตัดเท่านั้น

Salem K. Al-Arbi [16] ได้เสนอวิธีการตรวจสอบการทํางานของชุดเกียร์จากการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนโดยวิเคราะห์ในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่และพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงคือโพลและความเร็วจากการทดลองสรุปได้ว่าการแปลงเวฟเล็ตแบบต่อเนื่องสามารถใช้การทำนายสภาพการทํางานของชุดเกียร์ได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 กระบวนการงานวิจัย

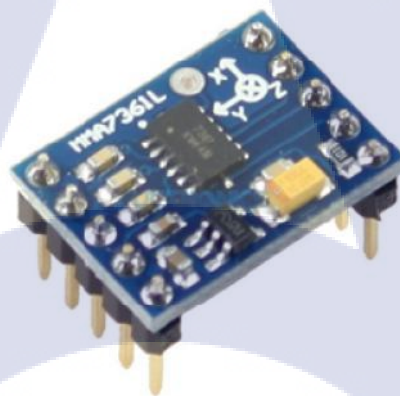
งานวิจัยนี้ทำการเก็บสัญญาณการสั่นสะเทือนของมีดกลึงละเอียดแบบ Insert รูปทรงสามเหลี่ยม $R=0.4$ mm. ดังรูปที่ 3.1 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงของมีดกลึงโดยวิเคราะห์จากสัญญาณการสั่นสะเทือนที่จับได้จากมีดกลึง วิธีการทดลองนี้จะเริ่มลงมือขึ้นงานจากมีดกลึงใหม่จนกระทั่งมีดกลึงเกิดการสึกหรอ โดยใช้โปรแกรม Lab View ในการเก็บสัญญาณ และใช้ Matlab กับ Lab View ในการวิเคราะห์ในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ ในการทดลองครั้งนี้จะทดลองใช้เซนเซอร์ที่จับสัญญาณสั่นสะเทือน MTN/1100C Accelerometer ดังรูปที่ 3.2 พร้อมกับเซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน Arduino mma7361L ดังรูปที่ 3.3 โดยติดตั้งพร้อมกันและจับสัญญาณการสั่นสะเทือนของมีดกลึงออกมาพร้อมกันเพื่อทดลองว่าเซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน Arduino mma7361L ที่มีราคาถูกกว่าเซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน MTN/1100C Accelerometer ที่มีราคาแพงกว่านั้นใช้ได้เหมือนกันหรือไม่การเก็บข้อมูลสัญญาณการสั่นสะเทือนจะทำการเก็บทั้งหมด 4 ครั้งด้วยกันโดยแบ่งข้อมูลเป็นข้อมูล A B C และ D



รูปที่ 3.1 มีดกลึงละเอียดแบบ Insert รูปทรงสามเหลี่ยม $R=0.4$ mm.



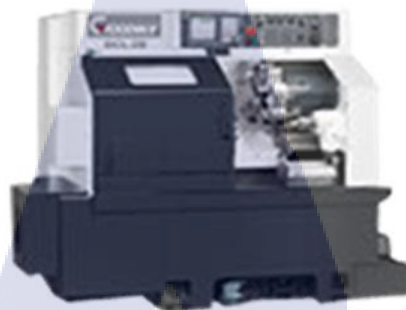
รูปที่ 3.2 เซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน MTN/1100C Accelerometer



รูปที่ 3.3 เซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน Arduino mma7361L

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

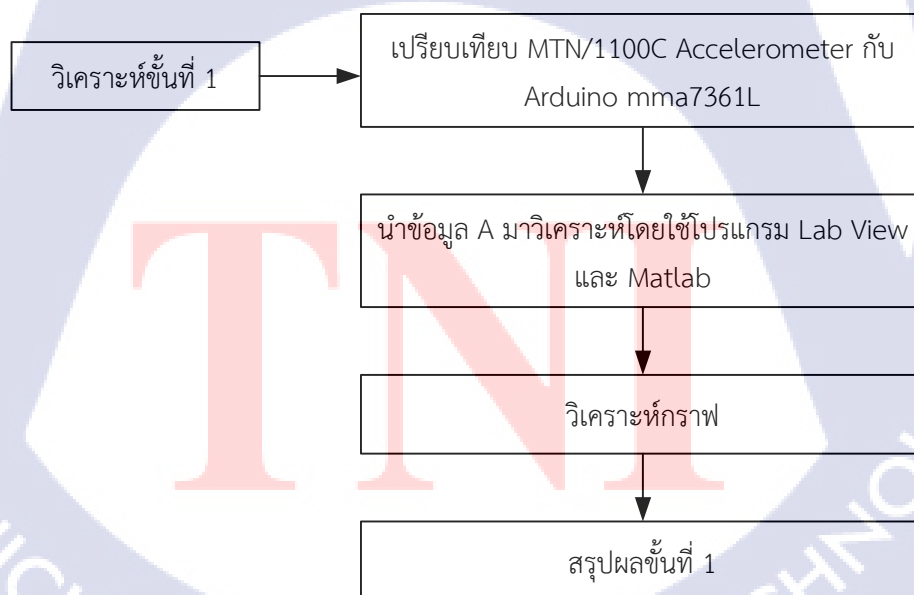
งานวิจัยนี้จะทำการทดลองโดยใช้เครื่องกลึง CNC Lathe ยี่ห้อ Good Way Model GCL-2 ดังรูปที่ 3.4 โดยใช้มีดกลึงชนิด Carbide Insert ที่มี Nose Radius ที่ 0.4 mm และใช้ชิ้นงานจากวัสดุ Carbon Steel S45C เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 mm. ในช่วง Cutting Speed 200 m/min, Depth of Cut 1.0 mm, Feed Rate 0.2 mm/rev และใช้เซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ในการจับสัญญาณการสั่นสะเทือนและ Proximity Sensor ในการจับความเร็วรอบ การจับความเร็วรอบออกมานั้นเพื่อที่จะแบ่งคลื่นความถี่ที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบออกมา



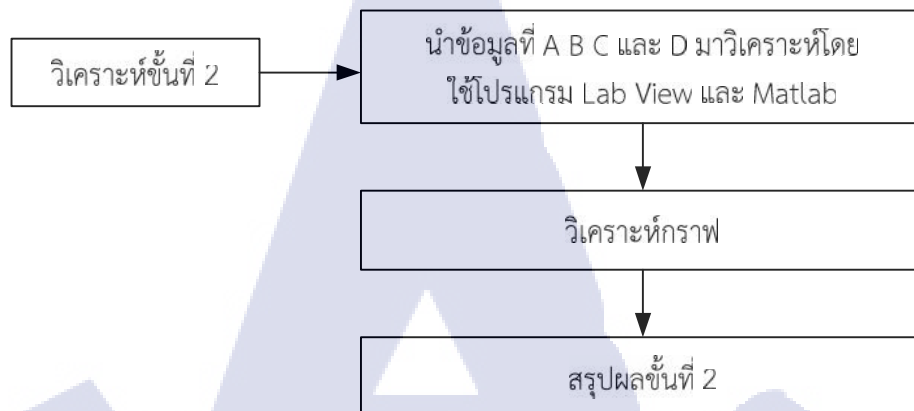
รูปที่ 3.4 เครื่องกลึง CNC Lath ยี่ห้อ Good Way Model GCL-2

3.3 แผนการทดลอง

เก็บสัญญาณโดยใช้ Accelerometer และ Arduino mma7361L เป็นตัวจับสัญญาณการสั่น และนำสัญญาณที่ได้ในโดเมนเวลามาวิเคราะห์โดยใช้พารามิเตอร์ทางสถิติ และนำมาแปลงเป็นโมเมนตัมโดยใช้หลักการของพิเวลซ์ (Pwelch) นำผลที่ทั้ง 2 โดเมนมาวิเคราะห์ถึงความแตกต่างในการกลึงตั้งแต่เริ่มกลึงจากมีดกลึงใหม่จนกระทั่งมีดกลึงสึกหรอ แล้วเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการทำนายสถานะการสึกหรอของมีดกลึงจะแบ่งการวิเคราะห์ผลเป็น 2 ขั้นตอนด้วยกันดังรูปที่ 3.5 การวิเคราะห์ผลขั้นที่ 1 และรูปที่ 3.6 การวิเคราะห์ผลขั้นที่ 2



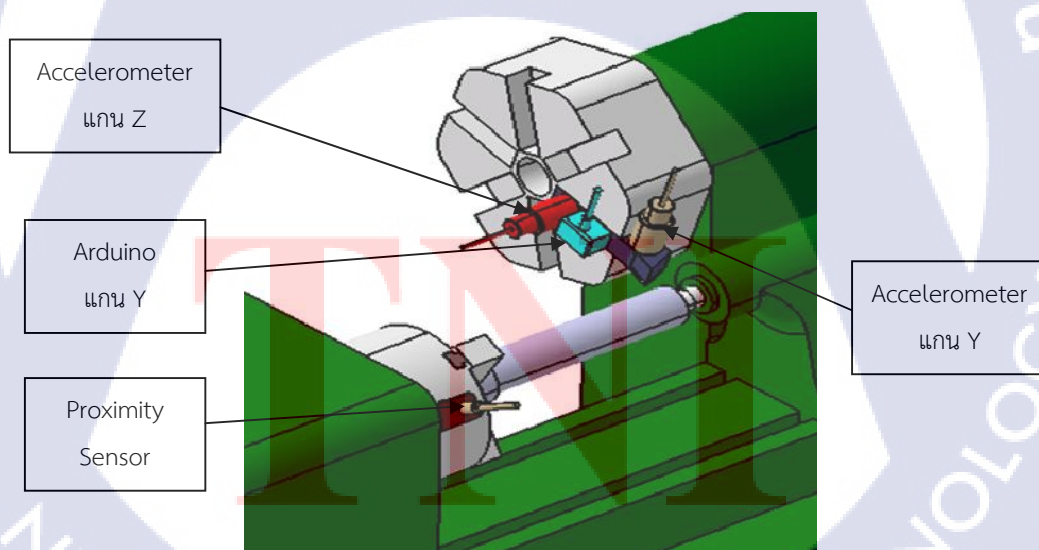
รูปที่ 3.5 แผนการวิเคราะห์ผลขั้นที่ 1



รูปที่ 3.6 แผนการวิเคราะห์ผลขั้นที่ 2

3.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

การทดลองนี้ได้ติดตั้งเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ในการจับสัญญาณการสั่นสะเทือนในแกน Y และแกน Z และเซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน Arduino mma7361L ในการจับสัญญาณการสั่นสะเทือนในแกน X และ Proximity Sensor ในการจับความเร็วรอบ (ดังรูปที่ 3.7)



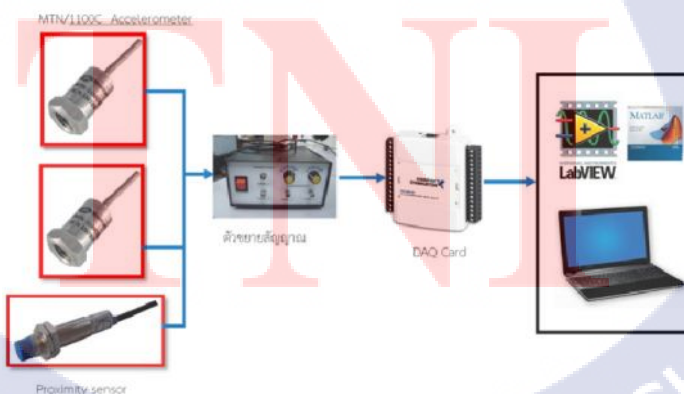
รูปที่ 3.7 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

และเก็บสัญญาณจาก โปรแกรม Lab View โดยความถี่ในการเก็บสัญญาณจะอยู่ที่ 10,000Hz ต่อช่องสัญญาณของเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ส่วนเซนเซอร์จับสัญญาณ สั่นสะเทือน Arduino mma7361L นั้นมีตัวขยายสัญญาณในตัวอยู่แล้ว โดยเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer จะต่อผ่านตัวขยายสัญญาณอีกที (ดังรูปที่ 3.8)



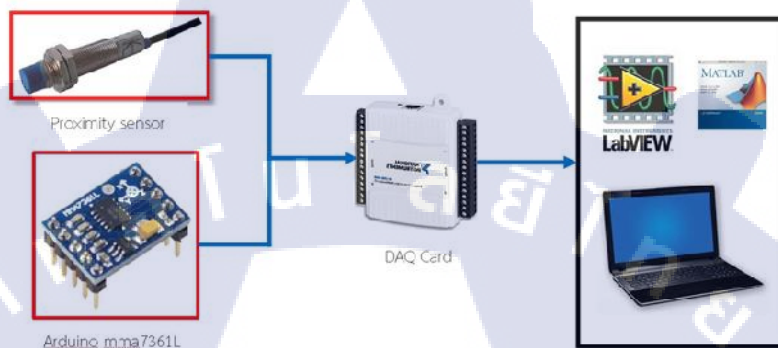
รูปที่ 3.8 ตัวขยายสัญญาณของเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer

การเชื่อมต่อระบบในการเก็บข้อมูลของเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer แสดงดังรูปที่ 3.9 จะใช้เซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer 2 ตัวในการเก็บข้อมูลในแกน Y และ Z Proximity Sensor ใช้ในการวัดความเร็วรอบ ต่อเข้าตัวขยายสัญญาณจากตัวขยายสัญญาณ ไปเข้า DAQ Card บันทึกข้อมูลโดยโปรแกรม Lab View



รูปที่ 3.9 การเชื่อมต่อระบบในการเก็บข้อมูลของเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer

การเชื่อมต่อระบบในการเก็บข้อมูลของเซนเซอร์ Arduino mma7361 Lแสดงดังรูปที่ 3.10 เซนเซอร์ Arduino mma7361L จะมีตัวแปลงและขยายสัญญาณในตัวอยู่แล้วไม่ต้องต่อเข้าตัวขยายสัญญาณส่วน Proximity Sensor ใช้ในการวัดความเร็วรอบ ต่อเข้าตัวแปลงสัญญาณ DAQ Card บันทึกข้อมูลโดยโปรแกรม Lab View



รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อระบบในการเก็บข้อมูลของเซนเซอร์ Arduino mma7361L

3.3.2 เงื่อนไขการตัดของมีดกลึงและความแตกต่างของสารหล่อเย็น

การทดลองนี้จะใช้เงื่อนไขการตัดของมีดกลึง คือ Cutting Speed 200m/min Depth of Cut 1.0 mm. Feed Rate 0.2 mm/rev วัสดุที่ใช้กลึงเหล็กกล้าคาร์บอน S45C เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม. และใช้สารหล่อเย็นในการกลึง

TNI

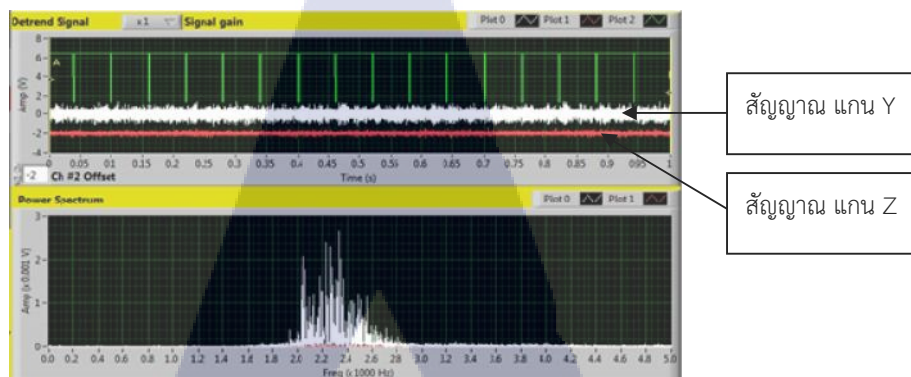
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

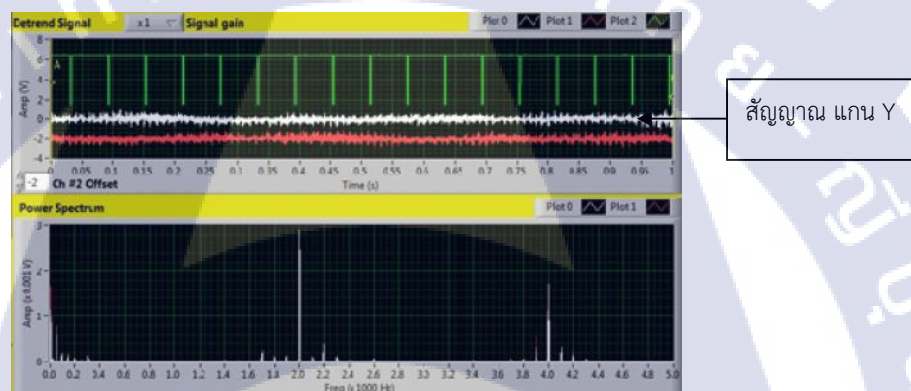
จากการกลึงชิ้นงานที่เงื่อนไขการตัดที่ใช้ Cutting Speed 200 m./min., Depth of Cut 1.0 mm, Feed Rate 0.2 mm/rev งานวิจัยนี้ทำการเก็บสัญญาณการสั่นสะเทือนของมีดกลึงละเอียดแบบ Insert รูปทรงสามเหลี่ยม $R = 0.4$ mm. ดังรูปที่ 3.1 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงของมีดกลึงโดยวิเคราะห์จากสัญญาณการสั่นสะเทือนที่จับได้จากมีดกลึง วิธีการทดลองนี้จะเริ่มกลึงชิ้นงานจากมีดกลึงใหม่จนกระทั่งมีดกลึงเกิดการสึกหรอ โดยใช้โปรแกรม Lab View ในการเก็บสัญญาณ และใช้ Matlab กับ Lab View ในการวิเคราะห์ในโดเมนเวลาและความถี่ ในการทดลองครั้งนี้จะทดลองใช้เซนเซอร์ที่จับสัญญาณสั่นสะเทือน MTN/1100C Accelerometer ดังรูปที่ 3.2 พร้อมกับเซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน Arduino mma7361L ดังรูปที่ 3.3 โดยติดตั้งพร้อมกันและจับสัญญาณการสั่นสะเทือนของมีดกลึงออกมาพร้อมกันเพื่อทดลองว่า เซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน Arduino mma7361L ที่มีราคาถูกกว่าเซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน MTN/1100C Accelerometer ที่มีราคาแพงกว่านั้นใช้ได้เหมือนกันหรือไม่ โดยได้ผลดังนี้

4.1 วิเคราะห์สัญญาณในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ขั้นที่ 1

โดยนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างเซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน Arduino mma7361L กับเซนเซอร์จับสัญญาณสั่นสะเทือน MTN/1100C Accelerometer ดังรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 โดยจะนำข้อมูล A มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกันในขั้นต้นก่อนเพื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างเซนเซอร์สองตัวว่าสามารถนำมาจับสัญญาณการสั่นสะเทือนได้ดีเหมือนกันหรือไม่เพราะเซนเซอร์ระหว่างสองตัวนี้มีราคาต่างกันมากซึ่งเราคิดว่าจะสามารถนำเซนเซอร์ตัวที่มีราคาถูกกว่ามาใช้ทดแทนตัวเซนเซอร์ที่มีราคาแพงกว่าได้โดยให้ผลที่ความสามารถของตัวเซนเซอร์ออกมาเหมือนกันหรือให้ผลที่สามารถยอมรับได้ในการใช้งานซึ่งเราจะนำมาวิเคราะห์ในโปรแกรม Lab View ที่เราสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนเบื้องต้น



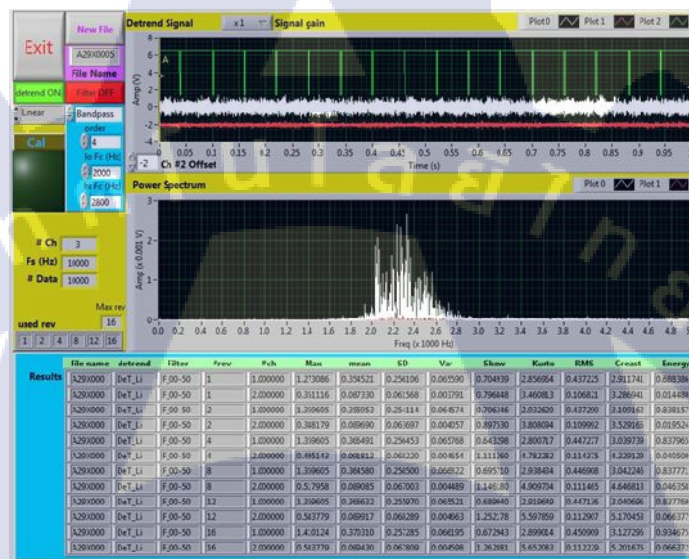
รูปที่ 4.1 สัญญาณสั่นสะเทือนที่ได้จาก MTN/1100C Accelerometer



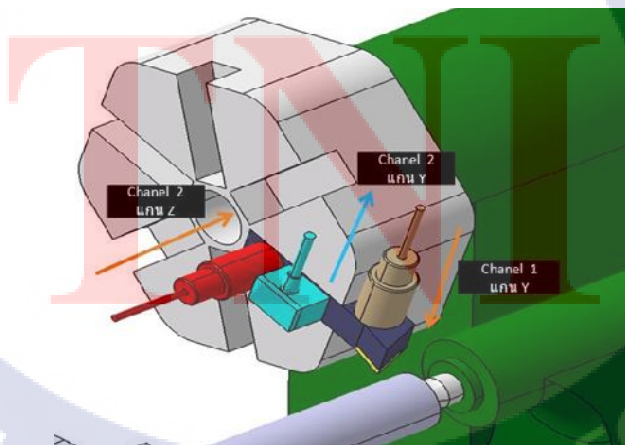
รูปที่ 4.2 สัญญาณสั่นสะเทือนที่ได้จาก Arduino mma7361L

ผลจากการวิเคราะห์โดยสังเกตจากรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 เทียบกันจะเห็นว่าสัญญาณแอมป์จูดที่เซนเซอร์ Arduino mma7361L มีค่าเกือบจะเท่ากับเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer แต่ค่าความถี่ที่เซนเซอร์ Arduino mma7361L จับมาได้นั้นไม่สม่ำเสมอโดยจะไปขึ้นอยู่ที่ 2000 Hz. บ้าง และที่ 4000 Hz. บ้างต่างจากเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ที่สามารถจับได้ที่ความถี่ระหว่าง 1800 Hz. ถึง 3000 Hz. จากนั้นนำข้อมูลจากเซนเซอร์ทั้งสองตัวมาหาค่า Max Mean Standard Deviation Variance Kurtosis Skewness RMS Crest และ Energy โดยคำนวณผ่านโปรแกรม Lab View ดังรูปที่ 4.3 เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ออกมาแล้วก็นำมาพล็อตกราฟเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มเติมอีก แกนที่เราจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้นจะนำมาแค่แกนที่มองเห็นว่าส่งผลต่อการสั่นสะเทือนของมิดกิลิ่งมากที่สุด คือ แกน Y ของเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer และแกน Y ของเซนเซอร์ Arduino mma7361L ดังรูปที่ 4.4 เพราะอ้างอิงผลจากงานวิจัยที่ทำก่อน

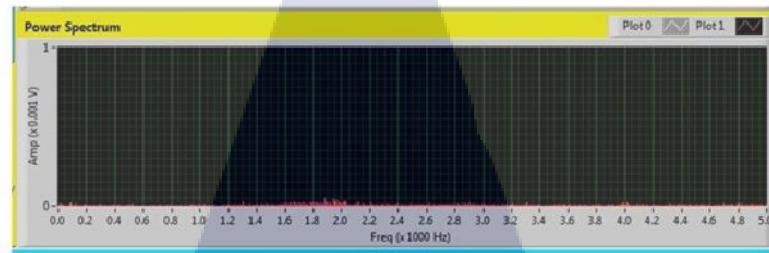
หน้านี้ว่าแกนที่มีผลต่อการสั่นสะเทือนของมีดกลึงมากที่สุดคือแกน Y ของเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer เซนเซอร์ Arduino mma7361L และเทียบกราฟความถี่ที่วิเคราะห์จากโปรแกรม Lab View ดูแล้วว่าความถี่ที่แกน Z ของเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ไม่แสดงค่าแอมป์จูด และช่วงของความถี่เกิดขึ้นเลย เราจึงนำมาวิเคราะห์แกน Y เท่านั้น แสดงดังรูปที่ 4.5 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์โดเมนความถี่จากโปรแกรม Lab View ระหว่างแกน Z กับแกน Y



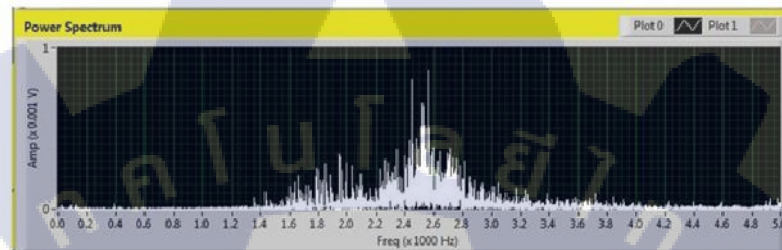
รูปที่ 4.3 หาค่า Max Mean Standard Deviation Variance Kurtosis Skewness RMS Crest และ Energy โดยคำนวณผ่านโปรแกรม Lab View



รูปที่ 4.4 แกนที่ใช้ข้อมูลนำมาวิเคราะห์



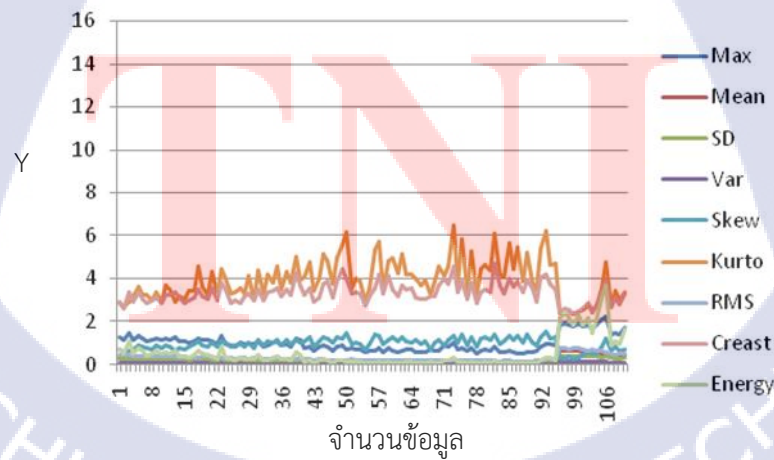
Power Spectrum แกน Z



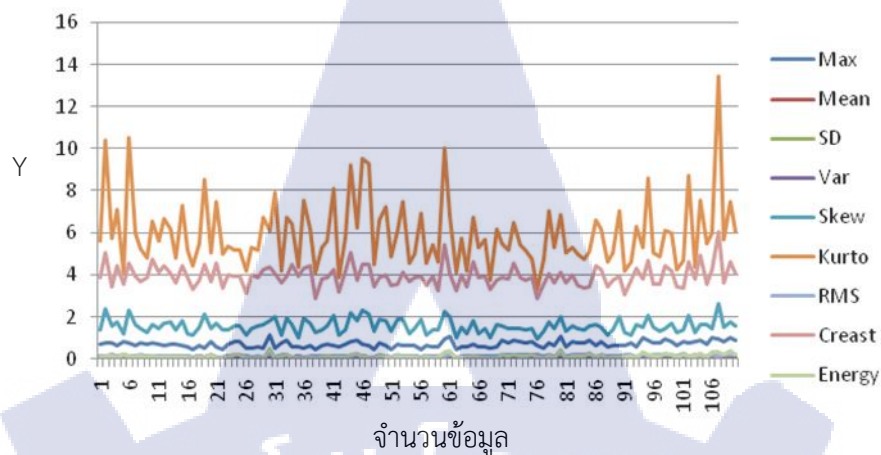
Power Spectrum แกน Y

รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์โดเมนความถี่จากโปรแกรม Lab View ระหว่างแกน Z กับแกน Y

นำค่า Max Mean Standard Deviation Variance Kurtosis Skewness RMS Crest และ Energy มาพลอตกราฟเพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการกลิ้งเพื่อเปรียบเทียบกับระหว่างเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer และเซนเซอร์ Arduino mma7361L ดังรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในการกลิ้งของเซนเซอร์ MTN/1100C Acceleromete



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในการกลิ้งของเซนเซอร์ Arduino mma7361L

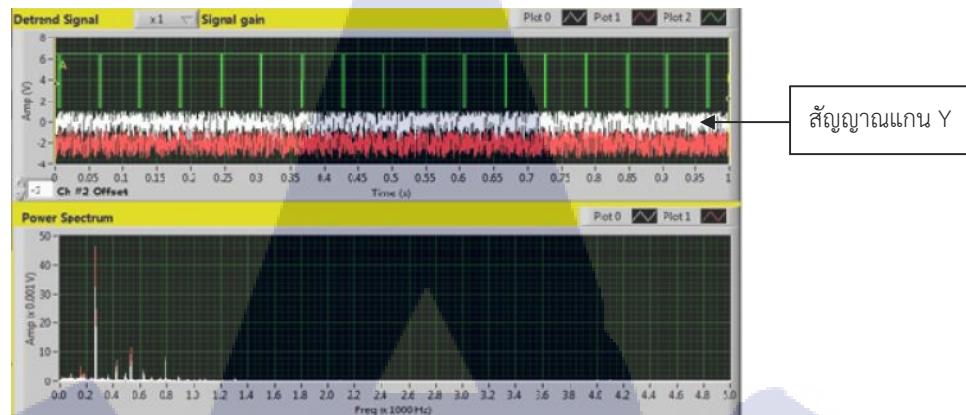
จากกราฟที่ 4.6 และ 4.7 จะเห็นว่าเซนเซอร์ Arduino mma7361L ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอะไรสักเท่าไรต่างจากเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer จะเห็นได้ว่าค่าของ Max Mean Standard Deviation สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ทางผู้จัดทำเลยทดลองเพิ่มเติมเพื่อยืนยันข้อมูลโดยเอาเซนเซอร์ Arduino mma7361L ไปติดตั้งตำแหน่งเดียวกับเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ที่ทดลองในครั้งแรกดังรูปที่ 4.8



เซนเซอร์ Arduino
mma7361L

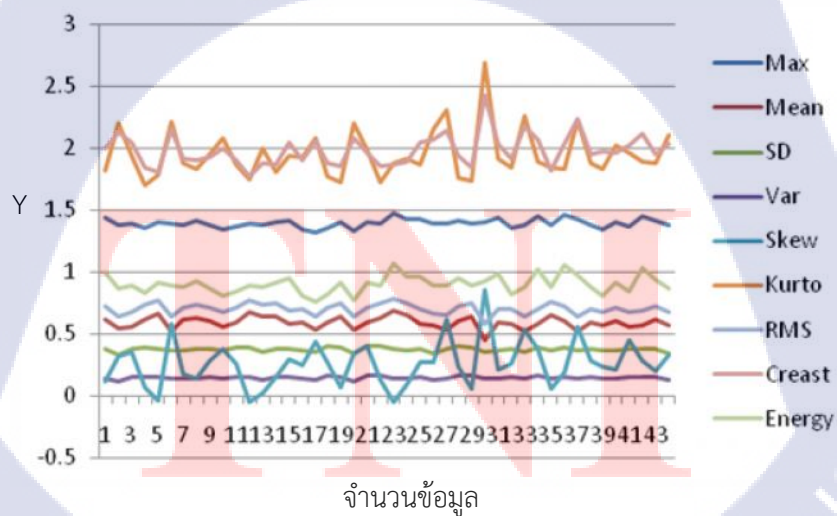
รูปที่ 4.8 การติดตั้งเซนเซอร์ Arduino mma7361L

และทำการกลิ้งเก็บข้อมูลใหม่อีกครั้งแล้วนำข้อมูลที่เก็บมาได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีแบบเดิมอีกครั้ง โดยวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนเวลาและความถี่จะได้ข้อมูลดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 สัญญาณสั่นสะเทือนที่ได้จาก Arduino mma7361L ที่ทำการทดลองเพิ่มเติม

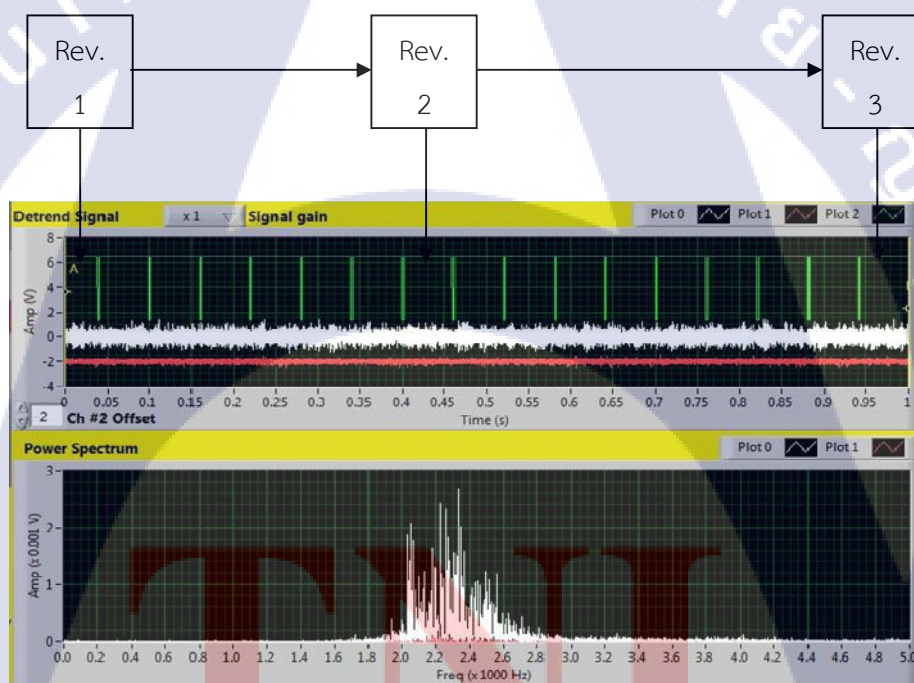
จากรูปค่าสัญญาณแอมป์จูดจะมียอดแหลมขึ้นไปแบบยอเดียวเหมือนกับการทดลองในครั้งแรกและค่าควิเจนซีก็ขึ้นอยู่ที่ประมาณ 200 Hz และนำข้อมูลที่ทดลองเพิ่มเติมหาค่า Max Mean Standard Deviation Variance Kurtosis Skewness RMS Crest และ Energy โดยคำนวณผ่านโปรแกรม Lab view เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ออกมาแล้วก็นำมาพลอตกราฟเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มเติมอีกดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในการกลึงของเซนเซอร์ Arduino mma7361L ที่ทำการทดลองเพิ่มเติม

จากโดเมนเวลา โดเมนความถี่และกราฟสรุปได้ว่า ไม่มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณการสั่นสะเทือนจึงลงความเห็นและสรุปว่าเซนเซอร์ Arduino mma7361L นั้นไม่สามารถนำมาใช้ทดแทนตัวเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ได้เพราะสัญญาณความถี่ที่สามารถนำมาวิเคราะห์และเห็นแนวโน้มได้นั้นน่าจะอยู่ที่ 1500 Hz ขึ้นไปซึ่งเซนเซอร์ Arduino mma7361L ไม่สามารถจับสัญญาณความถี่ขนาดนั้นได้สเปกส์ความถี่ของเซนเซอร์ Arduino mma7361L จับความถี่ได้แค่ 800 Hz

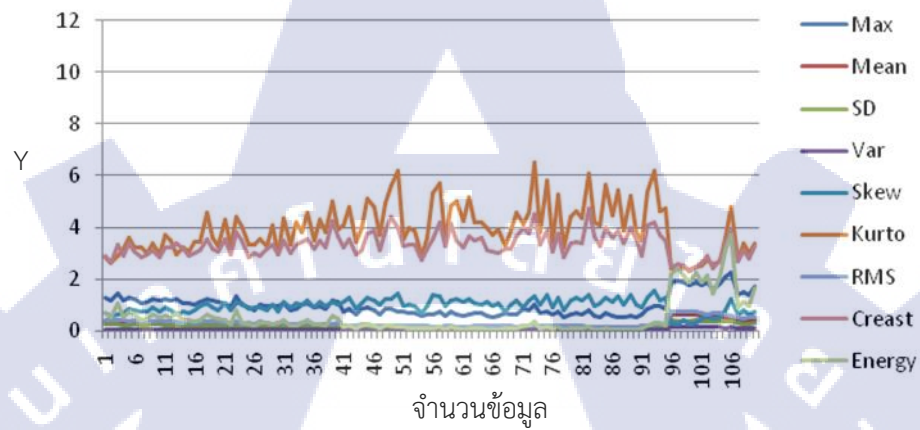
เมื่อสรุปได้ว่าเซนเซอร์ Arduino mma7361L ไม่สามารถนำข้อมูลนั้นมาทำการวิเคราะห์ต่อได้เราจึงนำข้อมูลเฉพาะตัวเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer มาวิเคราะห์โดยแบ่งเป็น 6 ช่วงข้อมูลและในหนึ่งโดเมนทอรี่ใน 6 ช่วงข้อมูลนั้นจะมีข้อมูลอยู่ 16-17 รอบของการหมุนหัวจับชิ้นงานในการกลึงดังรูปที่ 4.11



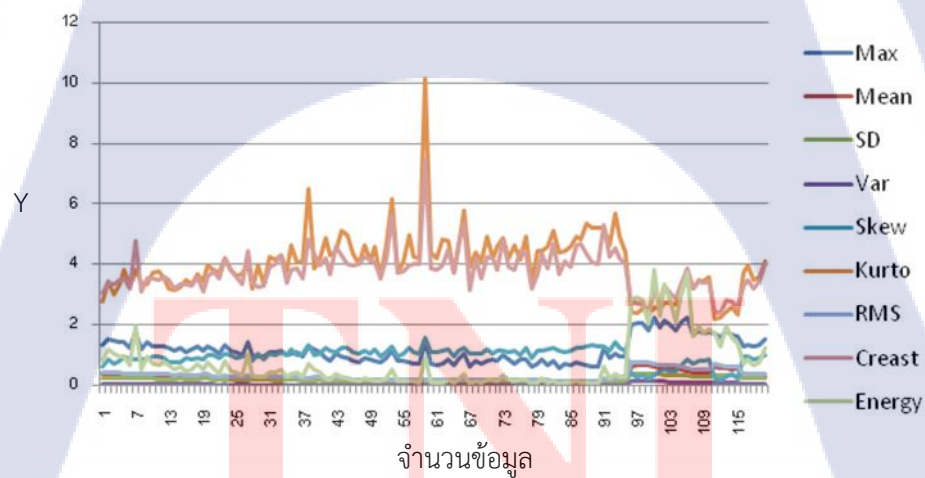
รูปที่ 4.11 รอบ (Revolution)

ในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ในแต่ละช่วงรอบการหมุนของหัวจับชิ้นงานกลึงโดยจะเอาค่ารอบที่ 1 4 และ 12 มาพลอตกราฟในรูปแบบต่างๆ และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเช่น กราฟเส้น กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) กราฟ FFT วิธีของพีเวลช์ (Pwelch) เป็นต้น

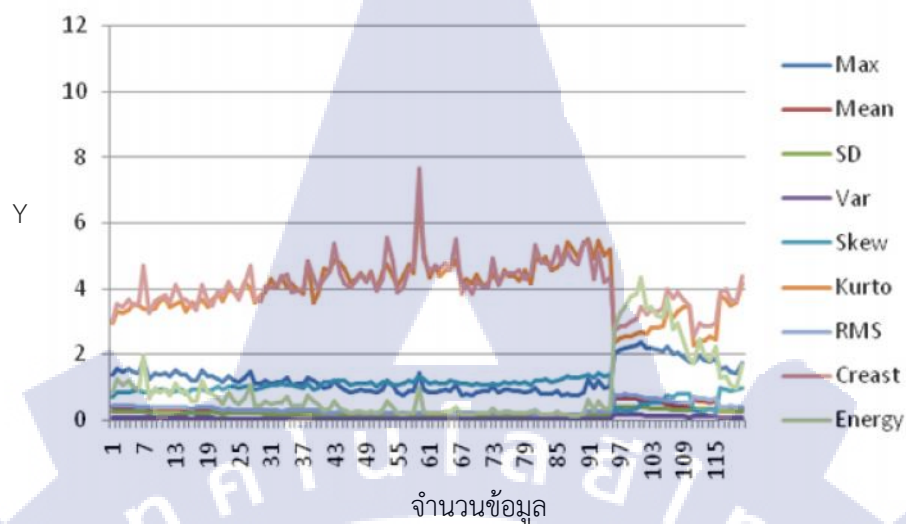
นำเอาข้อมูลของรอบที่ 1 4 และ 12 มาพลอตกราฟเส้นทำการเปรียบเทียบความแตกต่าง เพื่อดูข้อมูลว่าข้อมูลไหนเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนกว่ากันดังรูปที่ 4.12 แสดงกราฟ รอบที่ 1 รูปที่ 4.13 แสดงกราฟรอบที่ 4 และรูปที่ 4.14 แสดงกราฟรอบที่ 12



รูปที่ 4.12 กราฟรอบที่ 1



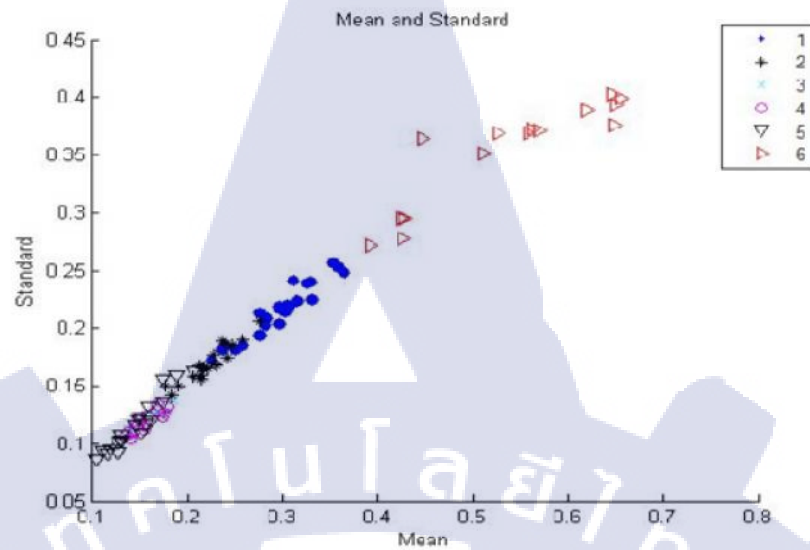
รูปที่ 4.13 กราฟรอบที่ 4



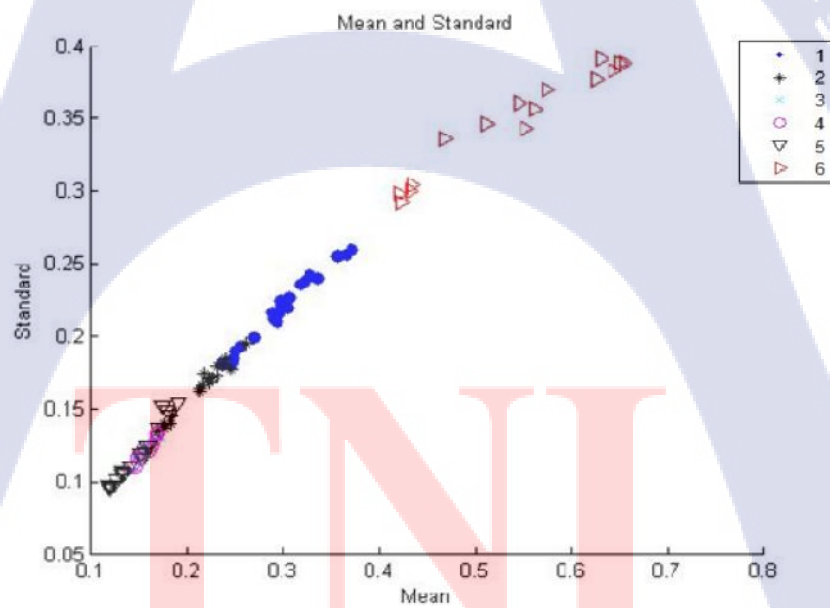
รูปที่ 4.14 กราฟรอบที่ 12

จากกราฟเส้นวิเคราะห์ที่ได้ว่าข้อมูลของรอบที่ 12 จะแสดงการเปลี่ยนแปลงของการกลิ้ง เห็นได้ชัดเจนมากกว่าเพราะจะนำข้อมูลที่มีมากกว่ารอบที่ 1 และรอบที่ 4 มาคิดคำนวณ จากนั้นนำเอาข้อมูลมาทำกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) เพื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของแต่ละช่วงเวลา ในการกลิ้งโดยจะแบ่งเป็น 6 ช่วงข้อมูลและนำรอบที่ 1 รอบที่ 4 และรอบที่ 12 มาทำกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล

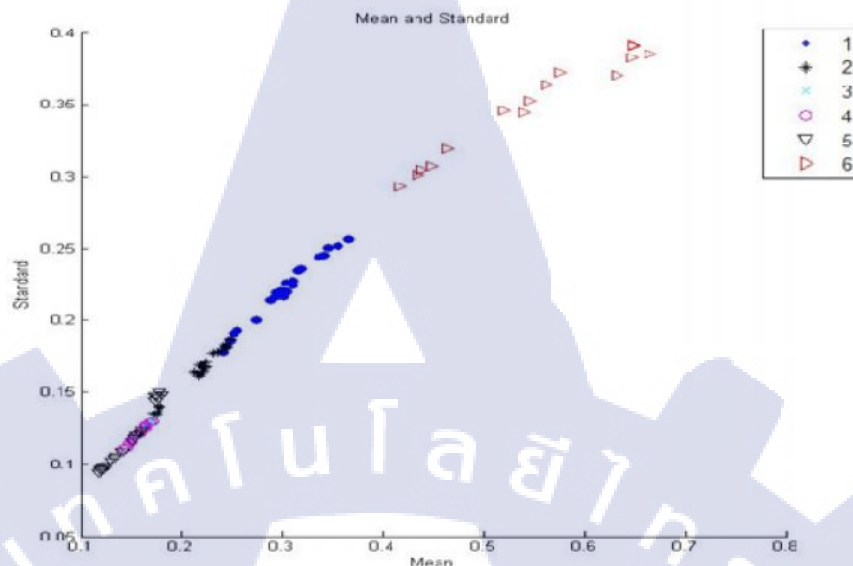
ในกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) แต่รอบนี้เราจะจับคู่พลอตกันระหว่างค่า Mean กับ Standard Deviation และค่า Mean กับ Kurtosis ดังรูปที่ 4.15 แสดงกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 1 พลอตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation รูปที่ 4.16 แสดงกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 4 พลอตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation และรูปที่ 4.17 แสดงกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 12 พลอตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation การจับคู่ในการทำกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) นี้เป็นการทดลองการจับคู่ข้อมูลเอามาพลอตเพื่อดูว่าการจับคู่แบบไหนนั้นให้การแสดงผลได้ชัดเจนมากกว่ากัน จะแสดงผลเป็น 6 ช่วงข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ โดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่ทำมาก่อนหน้านี้ว่าจะสามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลออกได้ชัดเจนหรือไม่



รูปที่ 4.15 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 1 พล็อตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation

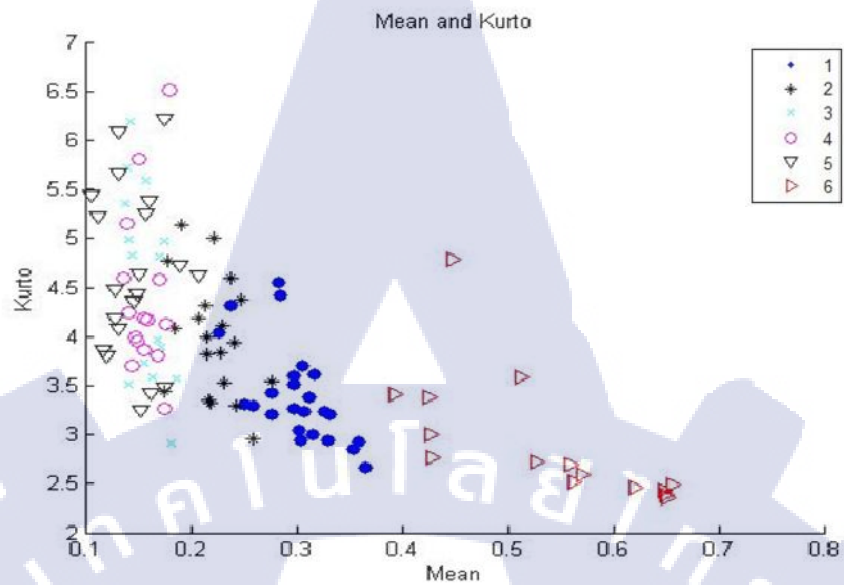


รูปที่ 4.16 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 4 พล็อตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation

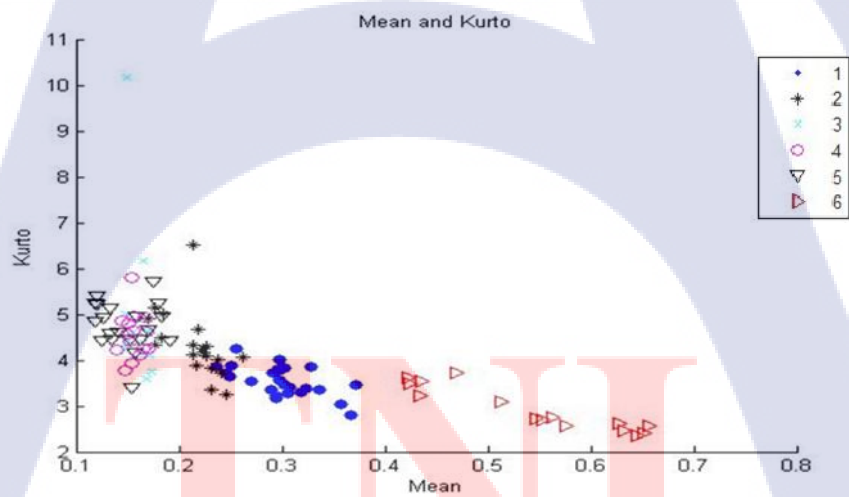


รูปที่ 4.17 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 12 พล็อตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation

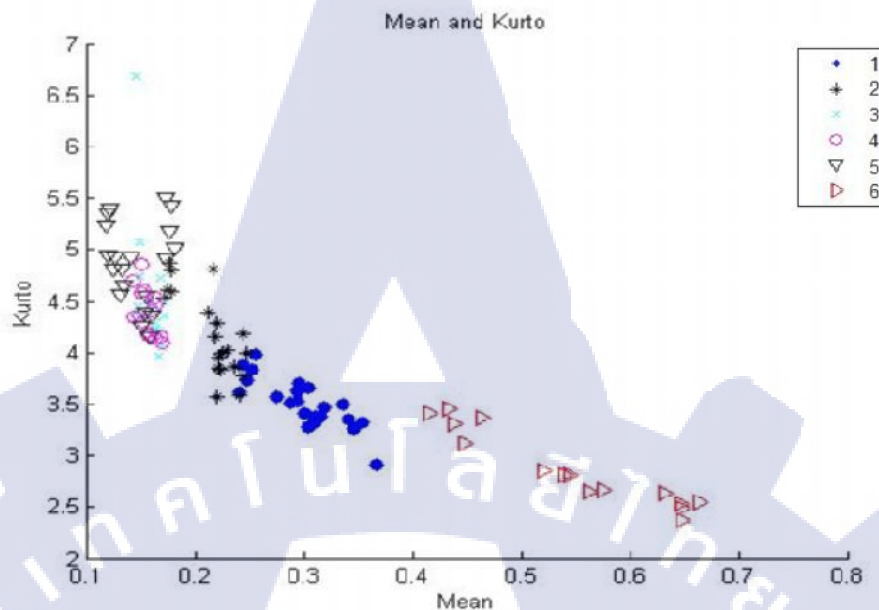
จากกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) Mean กับ Standard Deviation ในแต่ละรอบจะเห็นได้ว่าสามารถแบ่งแยกกลุ่มได้อย่างค่อนข้างชัดเจน ในแต่ละรอบก็แสดงผลไม่ต่างกันมากโดยข้อมูลกลุ่มที่ 1 เป็นข้อมูลต้นของการกลิ้งจะไปอยู่ช่วงตรงกลางของกราฟข้อมูลกลุ่มที่ 2 จะค่อยๆลดต่ำกันลงมาข้อมูลกลุ่มที่ 3 4 และ 5 จะเกาะอยู่ในกลุ่มเดียวกันข้อมูลกลุ่มที่ 6 จะเป็นข้อมูลที่เกิดการสีกหรือของมีดกลิ้งแล้วจะเห็นได้ว่าแบ่งออกไปได้อย่างชัดเจน จากนั้นทำการพล็อตกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ระหว่าง Mean กับ Kurtosis มาพิจารณาเพิ่มเติมอีกดังรูปที่ 4.18 แสดงกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 1 พล็อตระหว่าง Mean กับ Kurtosis รูปที่ 4.19 แสดงกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 4 พล็อตระหว่าง Mean กับ Kurtosis 4.20 แสดงกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 12 พล็อตระหว่าง Mean กับ Kurtosis แสดงผลเป็น 6 ช่วงข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เหมือนกันกับกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ระหว่าง Mean กับ Standard Deviation



รูปที่ 4.18 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 1 พล็อตระหว่าง Mean กับ Kurtosis



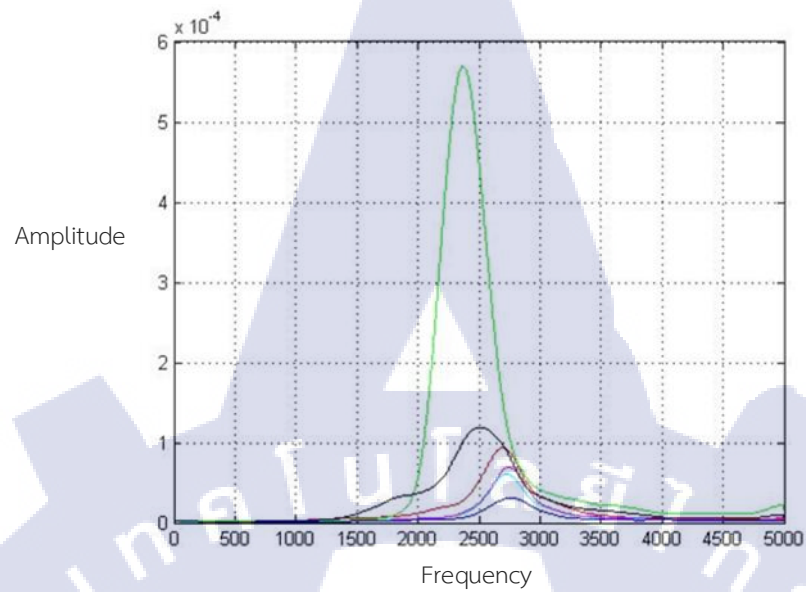
รูปที่ 4.19 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 4 พล็อตระหว่าง Mean กับ Kurtosis



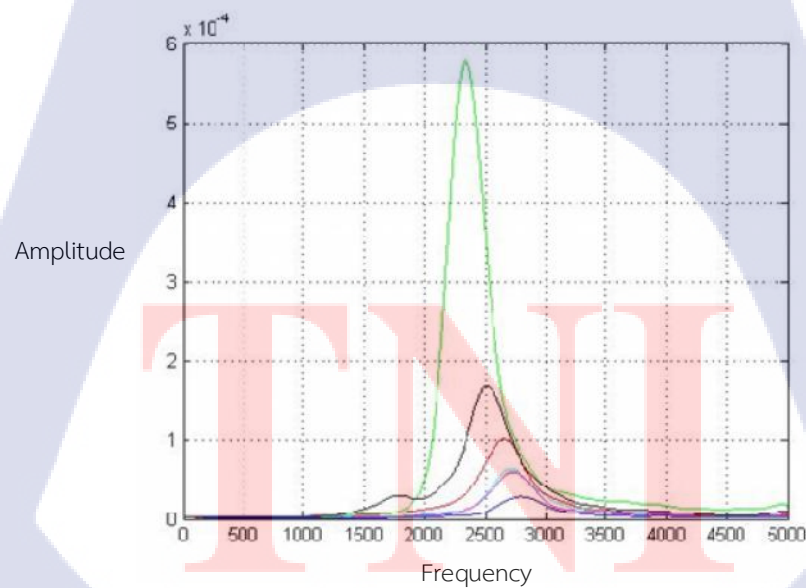
รูปที่ 4.20 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) รอบที่ 12 พล็อตระหว่าง Mean กับ Kurtosis

จากกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) Mean กับ Kurtosis ในแต่ละรีโวลูชันจะเห็นได้ว่าไม่สามารถแบ่งแยกกลุ่มได้ชัดเจนมากนักกลุ่มข้อมูลและข้อมูลบางตัวกระโดดออกจากกลุ่ม

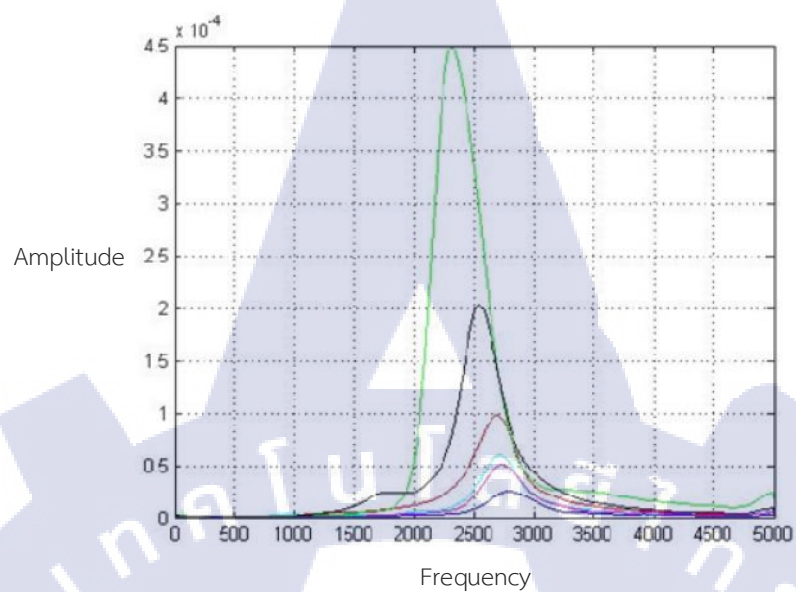
จากนั้นนำข้อมูลมาพิจารณาต่อวิเคราะห์ในโดเมนความถี่โดยมาพลอตกราฟ FFT วิธีของพีเวลช์ (Pwelch) เพื่อแสดงผลออกมาใช้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของโดเมนความถี่ว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไรบ้าง จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 6 ช่วงเหมือนเดิมและแต่ละใน 6 ช่วงของข้อมูลนั้นจะไปเลือกเอาข้อมูลมา 4 ไตเรคทอรีมาใช้พิจารณาโดยใช้ช่วงข้อมูลที่โพลเดอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไตเรคทอรีที่ X0005 X0010 X0015 และ X0020 จะได้กราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) ดังรูปที่ 4.21 แสดงกราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โพลเดอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไตเรคทอรีที่ X0005 รูปที่ 4.22 แสดงกราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โพลเดอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไตเรคทอรีที่ X0010 รูปที่ 4.23 แสดงกราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โพลเดอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไตเรคทอรีที่ X0015 รูปที่ 4.24 แสดงกราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โพลเดอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไตเรคทอรีที่ X0020



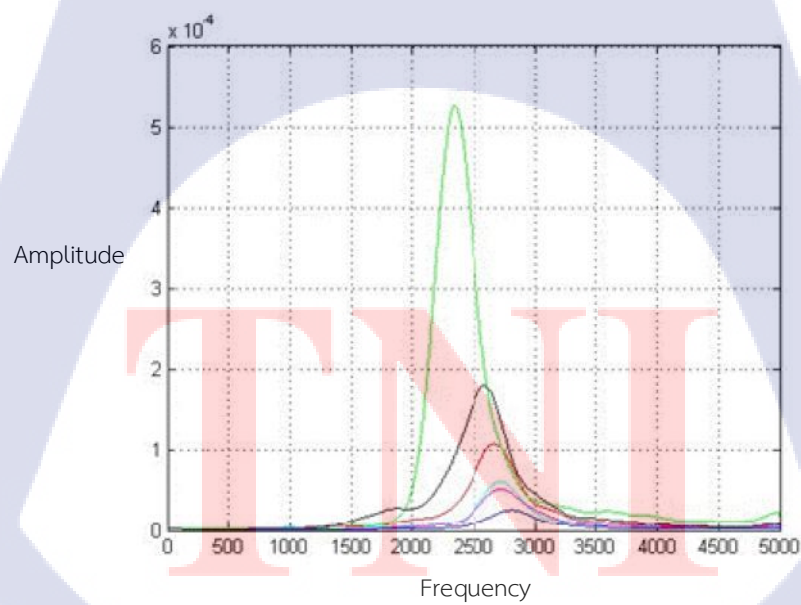
รูปที่ 4.21 กราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โพล์เตอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไดรแครทอรีที่ X0005



รูปที่ 4.22 กราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โพล์เตอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไดรแครทอรีที่ X0010



รูปที่ 4.23 กราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โฟล์เดอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไดรแครทอรีที่ X0015



รูปที่ 4.24 กราฟวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) โฟล์เดอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไดรแครทอรีที่ X0020

จากกราฟในแต่ละไดเรกทอรีจะเห็นได้ว่าข้อมูลที่โพลเดอร์ 32 ค่าความถี่จะอยู่ที่ประมาณ 2500 Hz และเอนมาทาง 3000 Hz ข้อมูลที่โพลเดอร์ 35 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2500-3000 Hz ข้อมูลที่โพลเดอร์ 39 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2500-3000 Hz ข้อมูลที่โพลเดอร์ 43 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2500-3000 Hz ข้อมูลที่โพลเดอร์ 46 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2500-3000 Hz ข้อมูลที่โพลเดอร์ 46 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2500-3000 Hz และข้อมูลที่โพลเดอร์ 50 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2000-2500 Hz ซึ่งตามที่เราคาดการณ์ในการทดลองนี้นั้นเราจะคาดการณ์กันไว้ว่าเมื่อกลิ้งชิ้นงานไปตั้งแต่เริ่มต้นที่มีดกlingใหม่จนถึงมีดกlingสึกหรือค่าของความถี่จะเพิ่มขึ้นแต่ความถี่ของการสั่นของมีดกlingที่จับได้กลับสูงขึ้นอยู่ที่ระหว่าง 2500-3000 Hz และเมื่อมีดกlingเกิดการสึกหรอแล้วนั้นการสั่นของมีดกlingที่จับได้จะลดลงไปอยู่ที่ 2000-2500 Hz ซึ่งเราคิดว่าเกิดจากเครื่องจักรเพราะเครื่องจักรโดยทั่วไปทางผู้ผลิตและออกแบบจะสร้างให้ใช้งานในระยะเวลายาวนานหรือรันเครื่องตลอดเวลาในการกลิ้งระยะต้นๆ เครื่องจักรยังไม่เกิดการพิตตัวของระบบแบริ่งและจุดขับเคลื่อนต่างๆ ทำให้การสั่นของมีดกlingมีเยอะและเมื่อถึงจุดหนึ่งจะเกิดการสั่นลดน้อยลงเพราะเคลียแลนส์ของระบบแบริ่งและจุดขับเคลื่อนต่างๆ ลดน้อยลง ส่วนค่าของแอมพิจูด (Amplitude) ที่โพลเดอร์ 50 ซึ่งเป็นข้อมูลที่มิดกlingเกิดการสึกหรอแล้วจะพุ่งสูงขึ้นไปอย่างเห็นได้ชัดเจน

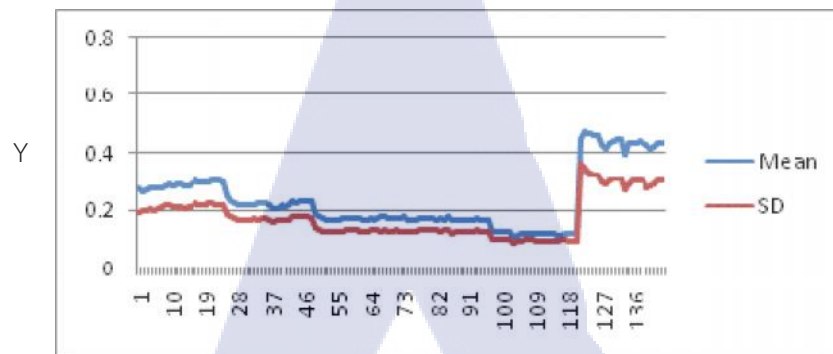
4.2 วิเคราะห์โดเมนเวลาและโดเมนความถี่ขั้นที่ 2

4.2.1 วิเคราะห์โดเมนเวลาแบบยังไม่ฟิวส์ข้อมูล

เพื่อยืนยันในข้อสรุปข้างต้นเราจะนำข้อมูลการกลิ้งมีดกlingใหม่จนเกิดการสึกหรอข้อมูลการกลิ้งที่ B C และ D นำมาวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยการกลิ้งในครั้งที่ B และ C นั้นเรากลิ้งในวันเดียวกับข้อมูลที่ A ที่สรุปไปแล้วข้างต้น ใช้ระยะเวลาในการกลิ้งต่อเนื่องกัน ส่วนข้อมูลที่ D เราเริ่มกลิ้งใหม่อีกวันถัดไปในตอนเช้า

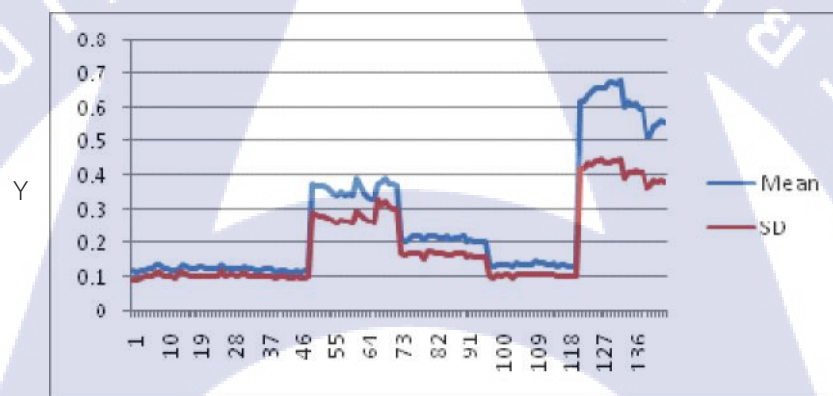
โดยเริ่มต้นการวิเคราะห์เหมือนเดิม คือ หาโดเมนเวลา หาค่า Max Mean Standard Deviation Variance Kurtosis Skewness RMS Crest และ Energy โดยคำนวณผ่านโปรแกรม Lab View แล้วมาพลอตกราฟในรูปแบบต่างๆ และทำการวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น กราฟเส้น กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) กราฟ FFT วิธีของพีเวลช์ (Pwelch) เป็นต้น แต่ในกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) จะทำการวิเคราะห์จากการทำฟิวส์เตอร์ (Filter) ข้อมูลเพิ่มเติมด้วย

ทำการเปรียบเทียบกราฟเส้นโดยนำข้อมูลที่ ABC และ D มาเปรียบเทียบกันดังรูปที่ 4.25 เป็นกราฟเส้นของข้อมูลที่ A รูปที่ 4.26 เป็นกราฟเส้นของข้อมูลที่ B รูปที่ 4.27 เป็นกราฟเส้นของข้อมูลที่ C และรูปที่ 4.28 เป็นกราฟเส้นของข้อมูลที่ D ในการวิเคราะห์ครั้งนี้เราจะเลือกพลอตกราฟเส้นมาดูแค่ 2 ค่า คือ Mean กับ Standard เพราะดูแล้วว่ามีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด



จำนวนข้อมูล

รูปที่ 4.25 กราฟเส้นของข้อมูลที่ A



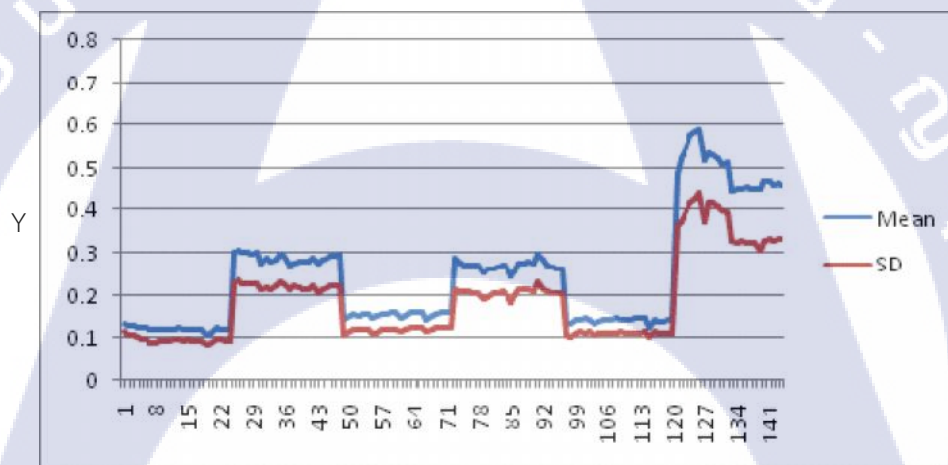
จำนวนข้อมูล

รูปที่ 4.26 กราฟเส้นของข้อมูลที่ B



จำนวนข้อมูล

รูปที่ 4.27 กราฟเส้นของข้อมูลที่ C

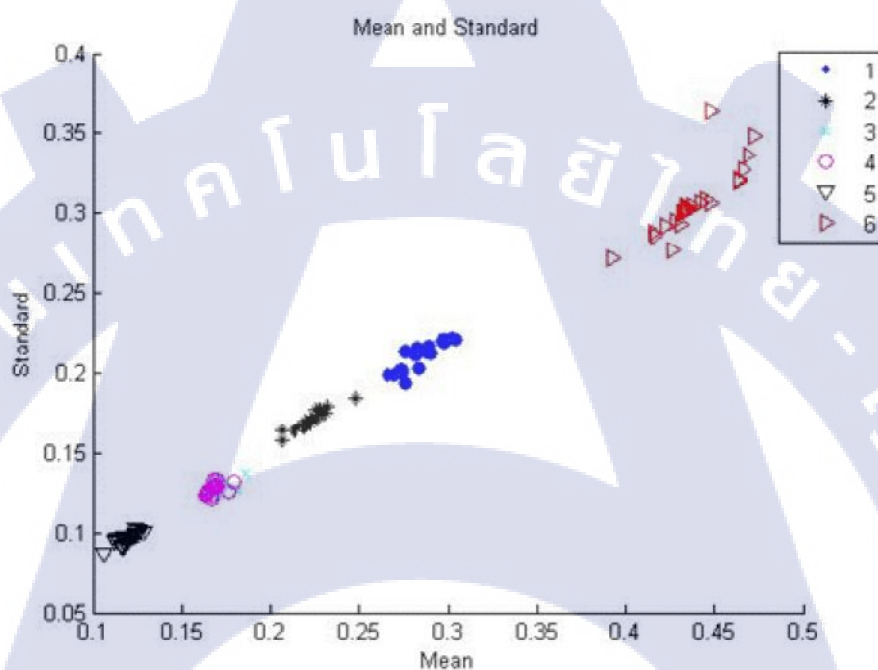


จำนวนข้อมูล

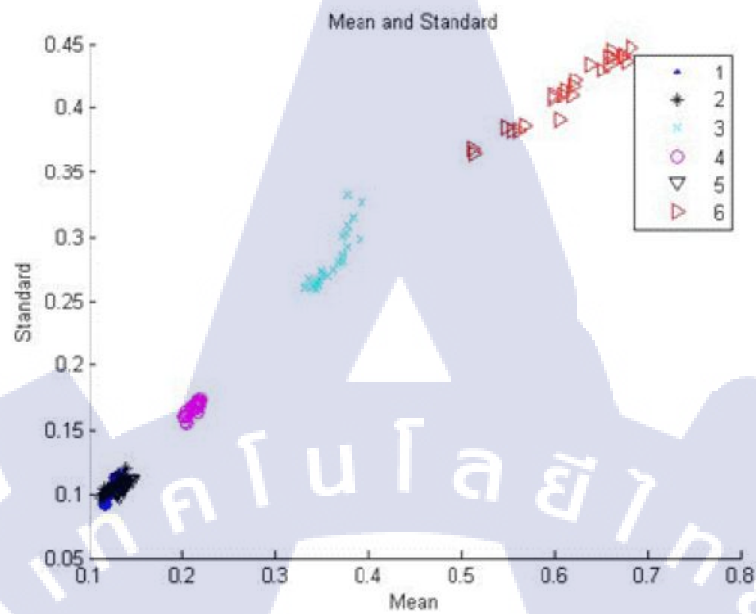
รูปที่ 4.28 กราฟเส้นของข้อมูลที่ D

จากกราฟเส้นทั้ง 4 ข้อมูลดูแล้วมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงทั้ง 4 ข้อมูลเราจึงสนใจนำมาวิเคราะห์ทั้งหมดเพื่อทำการเปรียบเทียบกับกัน ในการนำข้อมูลทั้ง 4 ข้อมูลมาวิเคราะห์นั้น เราจะแบ่งข้อมูลเป็น 6 ช่วงเหมือนกับการวิเคราะห์ในครั้งแรกและหยิบเอาไดเรคทอรีที่ X0005 X0010 X0015 และ X0020 มาทำข้อมูลในการวิเคราะห์เหมือนเดิมแต่การวิเคราะห์ครั้งนี้เราจะเอา รอบทั้งหมดมาใช้ในการวิเคราะห์

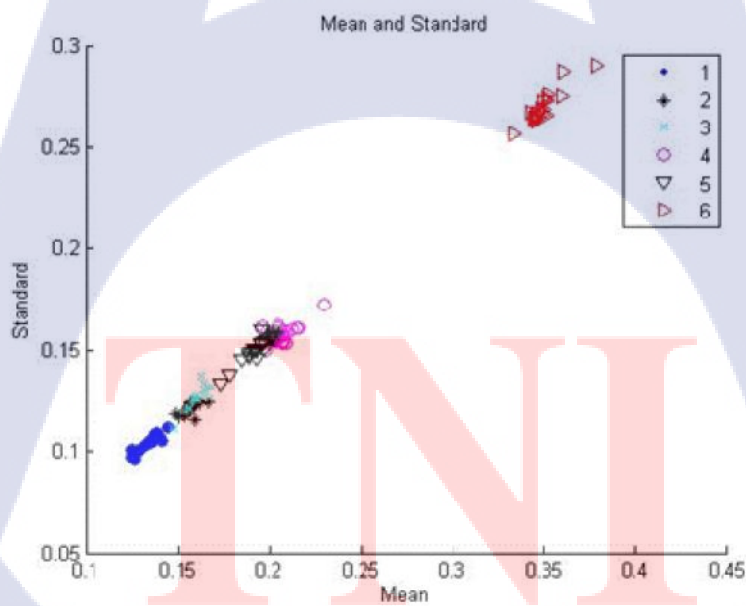
นำข้อมูลมาทำกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) โดยยังไม่ได้ทำการพิวล์เตอร์ข้อมูล เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 ข้อมูล พล็อตจับคู่กันระหว่างค่า Mean กับ Standard Deviation ดังรูปที่ 4.29 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล A รูปที่ 4.30 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล B รูปที่ 4.31 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล C และ รูปที่ 4.32 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล D ตามลำดับ



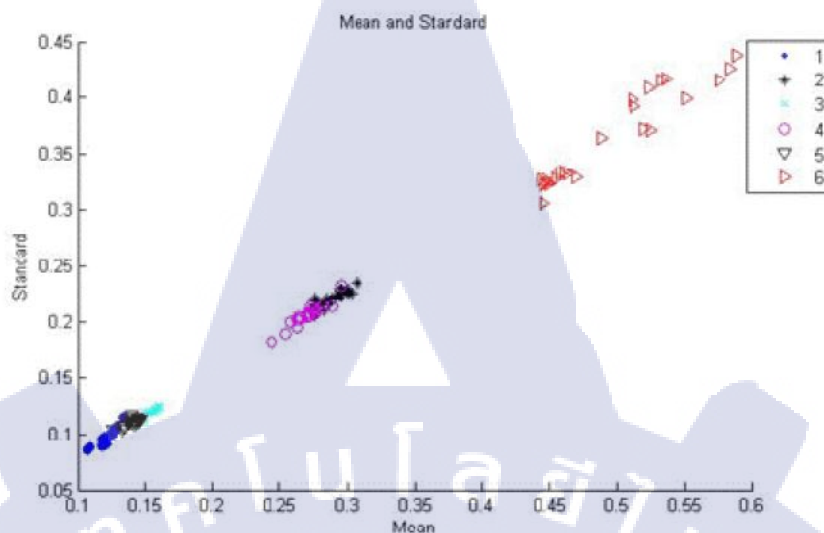
รูปที่ 4.29 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล A



รูปที่ 4.30 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูลชุด B



รูปที่ 4.31 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูลชุด C

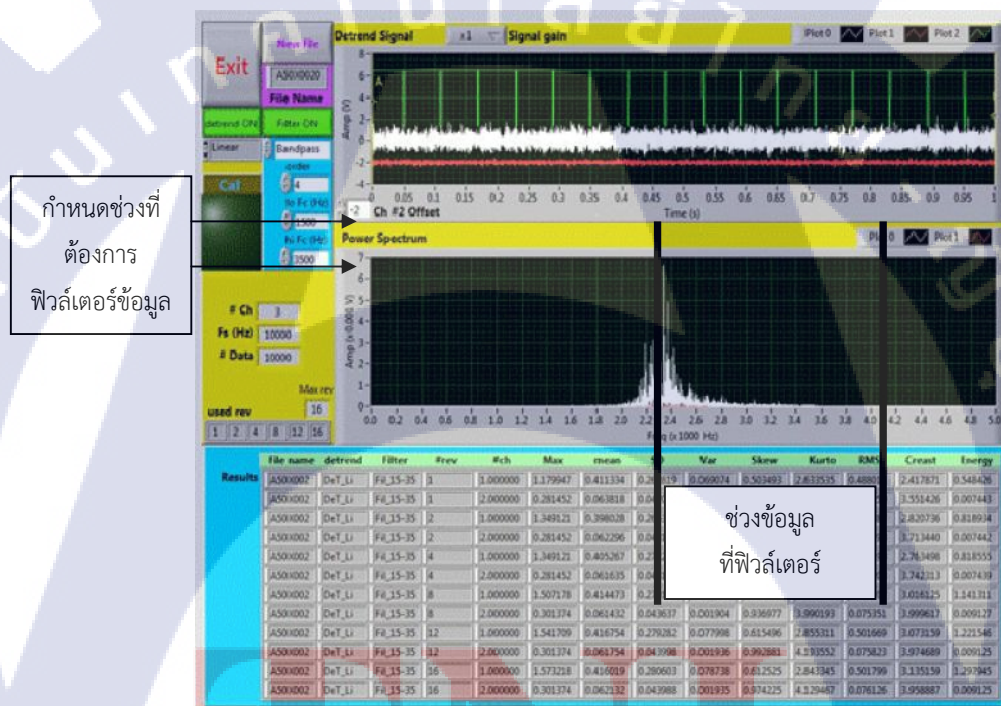


รูปที่ 4.32 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูลที่ D

จากกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ A กลุ่มข้อมูลในช่วงที่ 1 จะไปอยู่ตรงกลางและค่อยๆ ลดระดับลงมาและช่วงที่เกิดการสีกหรือของมิดกลึงจะแบ่งกลุ่มอยู่สูงขึ้นไปเหมือนกับข้อมูลอื่นๆ ข้อมูลที่ B กลุ่มข้อมูลช่วงที่ 1 จะอยู่ต่ำ ช่วงที่ 2 ก็จะมีอยู่ในโซนเดียวกันกับช่วงที่ 1 แต่ในช่วงที่ 3 จะขึ้นไปอยู่ตรงกลางกราฟและช่วงที่ 4 ก็จะต่ำลงมาส่วนช่วงที่ 6 นั้นก็จะเห็นได้ว่าแบ่งกลุ่มอยู่สูงขึ้นไปเหมือนกับข้อมูลอื่นๆ ข้อมูลที่ C กลุ่มข้อมูลในช่วงที่ 1-5 จะค่อยๆ สูงขึ้นไปและช่วงที่ 6 จะแบ่งกลุ่มอยู่สูงขึ้นไปเหมือนกับข้อมูลอื่นๆ ข้อมูลที่ D กลุ่มข้อมูลช่วงที่ 1 จะอยู่ต่ำ ช่วงที่ 2 จะไปอยู่แถวตรงกลาง ช่วงที่ 3 ก็จะต่ำลงมาจาก ช่วงที่ 2 ช่วงที่ 4 ก็สูงขึ้นไปเกาะกลุ่มอยู่กับช่วงที่ 2 ช่วงที่ 5 ก็จะลดต่ำลงมาอยู่ในกลุ่มของช่วงที่ 1 และช่วงที่ 3 แต่ช่วงที่ 6 จะแบ่งกลุ่มอยู่สูงขึ้นไปเหมือนกับข้อมูลอื่นๆ ข้อมูลที่ A กับ D ลำดับการจับกลุ่ม ขึ้น ลง ของข้อมูลจะคล้ายกันซึ่งข้อมูลที่ A กับ D นั้นเป็นช่วงเริ่มต้นของการกลึงชิ้นงาน ส่วนข้อมูล B กับ C นั้นก็จะเห็นลำดับการจับกลุ่มของข้อมูลจะคล้ายกันขึ้นลงแตกต่างกันไม่กี่ช่วงกลุ่ม ข้อมูลที่ C จะเห็นลำดับการเปลี่ยนแปลงของแต่ละช่วงข้อมูลดีกว่าข้อมูลอื่นๆ

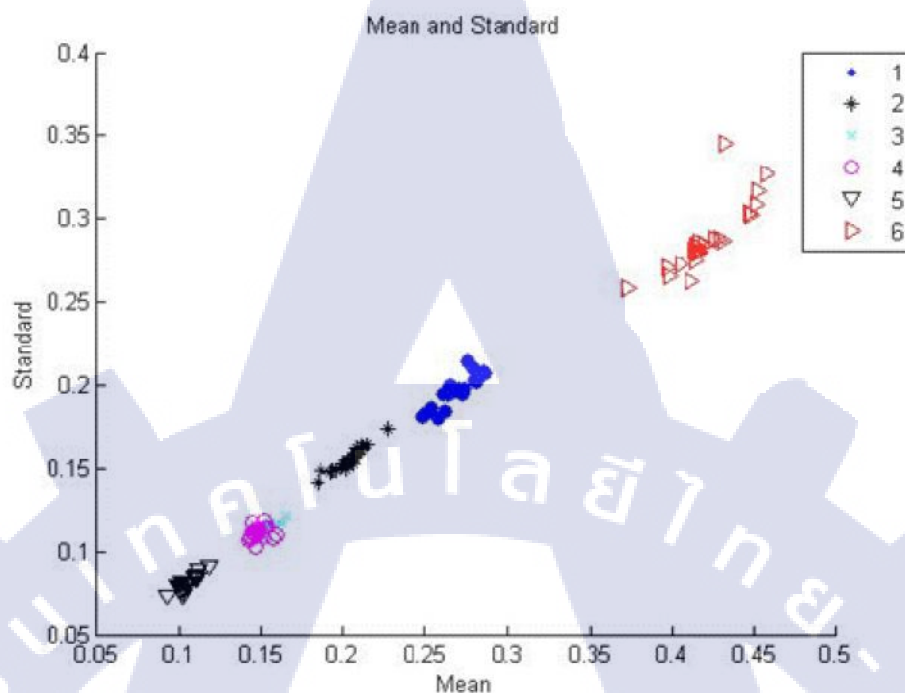
4.2.2 วิเคราะห์โดเมนเวลาและโดเมนความถี่แบบฟิวส์เตอร์ข้อมูล

โดยเริ่มต้นการวิเคราะห์เหมือนเดิม คือ หาโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ หาค่า Max Mean Standard Deviation Variance Kurtosis Skewness RMS Crest และ Energy โดยคำนวณผ่านโปรแกรม Lab View ซึ่งในโปรแกรม Lab View ที่ทำไว้นั้นสามารถกำหนดช่วงในการฟิวส์เตอร์ข้อมูลได้เลย จากนั้นก็นำข้อมูลที่ได้มาพลอตกราฟในรูปแบบต่างๆ และทำการวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น กราฟเส้น กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) กราฟ FFT วิธีของพีเวลช์ (Pwelch) เป็นต้น การทำฟิวส์เตอร์ข้อมูลในโปรแกรม Lab View แสดงดังรูปที่ 4.33 ต้องทำการเลือกข้อมูลที่ต้องการฟิวส์เตอร์เข้ามา และกำหนดช่วงที่ต้องการทำฟิวส์เตอร์

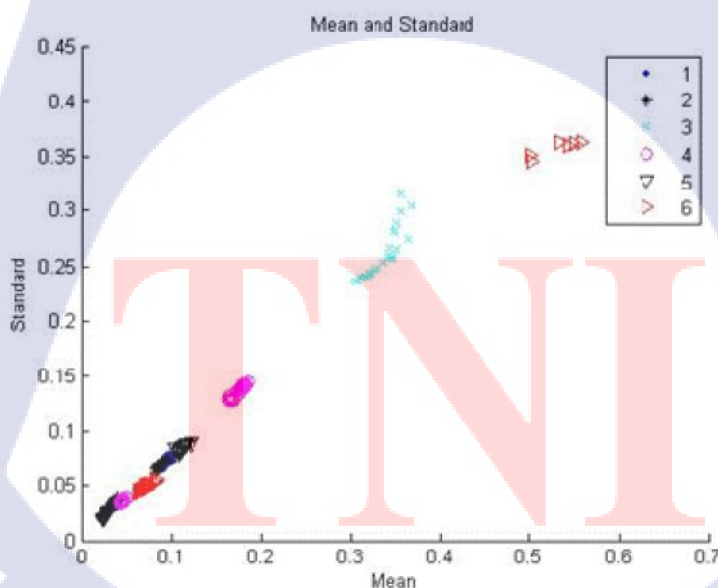


รูปที่ 4.33 การทำฟิวส์เตอร์ข้อมูลในโปรแกรม Lab View

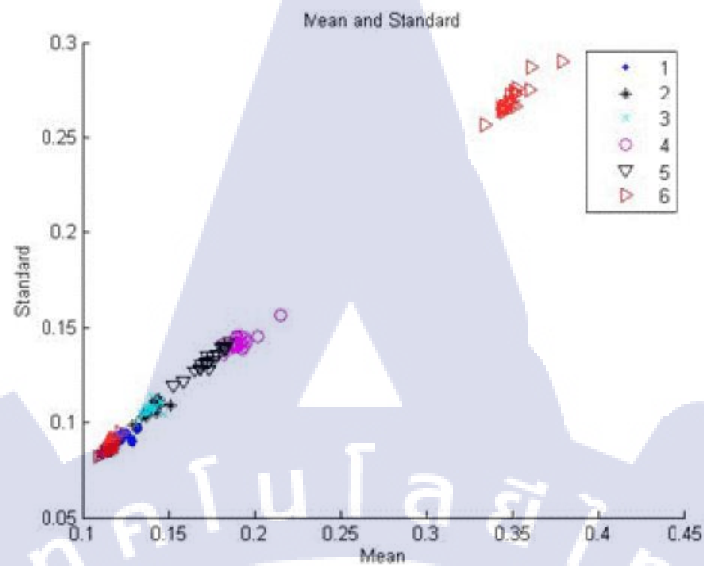
นำข้อมูลมาทำกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) โดยยังไม่ได้ทำการฟิวส์เตอร์ข้อมูล เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 ข้อมูล พล็อตจับคู่กันระหว่างค่า Mean กับ Standard Deviation ดังรูปที่ 4.34 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล A รูปที่ 4.35 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล B รูปที่ 4.36 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล C และรูปที่ 4.37 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูล D ตามลำดับ



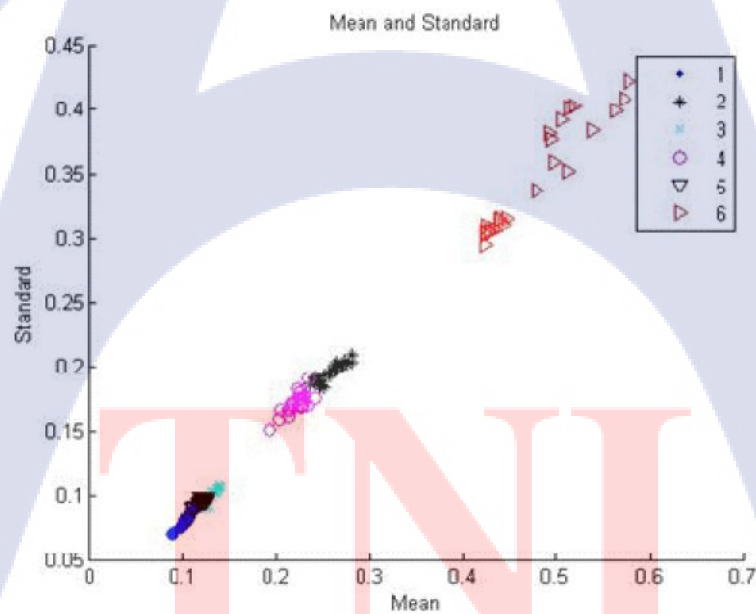
รูปที่ 4.34 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูลชุดที่ A (Filter ช่วงความถี่ระหว่าง 1500-3500 Hz)



รูปที่ 4.35 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูลชุดที่ B (Filter ช่วงความถี่ระหว่าง 2000-3500 Hz)



รูปที่ 4.36 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูลที C (Filter ช่วงความถี่ระหว่าง 2500-4500 Hz)



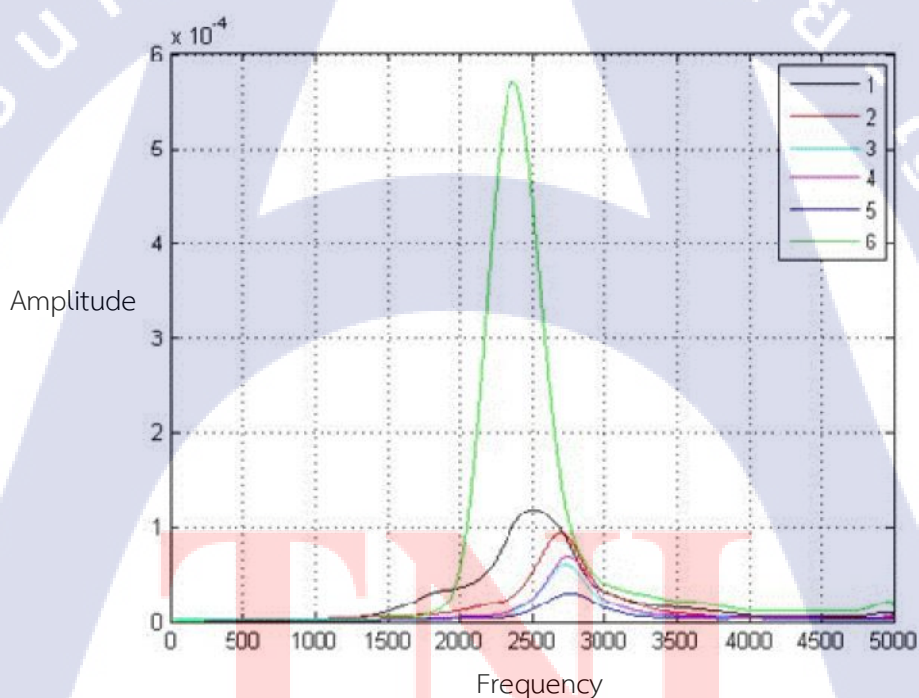
รูปที่ 4.37 กราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ของข้อมูลที D (Filter ช่วงความถี่ระหว่าง 3500-4000 Hz)

จากกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ผลที่ได้ออกมาไม่ค่อยแตกต่างจากการที่ยังไม่ได้ทำการฟิวส์ข้อมูลมากนักสามารถแบ่งกลุ่มช่วงข้อมูลออกมาได้คล้ายๆ กัน

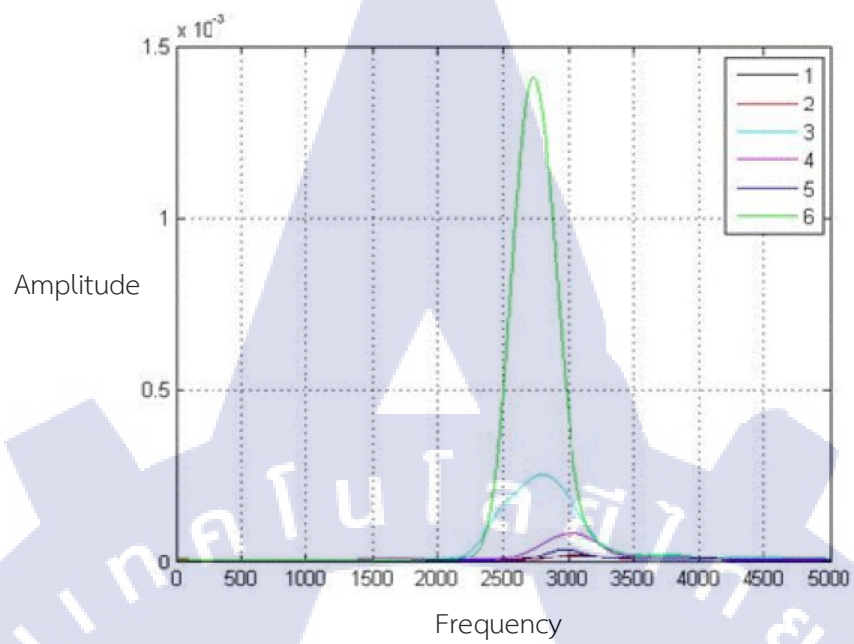
4.2.3 วิเคราะห์โดเมนความถี่ด้วยกราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch

นำข้อมูลทั้ง 4 ข้อมูลมาพลอตกราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch เพื่อเปรียบเทียบความถี่ที่เปลี่ยนไปในการกลิ้งโดยแบ่งข้อมูลเป็น 6 ช่วงเหมือนกับการวิเคราะห์ในครั้งแรกและหยิบเอาไดเรคทอรีที่ X0005 X0010 X0015 และ X0020 มาทำข้อมูลในการวิเคราะห์เหมือนเดิมแต่การวิเคราะห์ครั้งนี้เราจะเอารีโวลูชันทั้งหมดมาใช้ในการวิเคราะห์

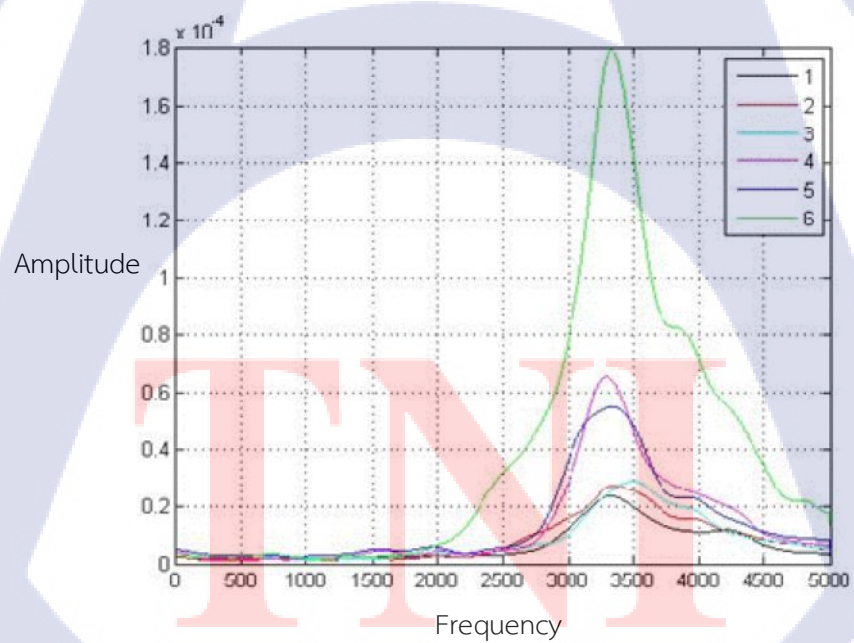
นำกราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch มาเปรียบเทียบกันระหว่างไดเรคทอรีที่ X0005 ของข้อมูลที่ ABC และ D แสดงดังรูปที่ 4.38 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดเรคทอรีที่ X0005 รูปที่ 4.39 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดเรคทอรีที่ X0005 รูปที่ 4.40 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดเรคทอรีที่ X0005 และรูปที่ 4.41 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดเรคทอรีที่ X0005



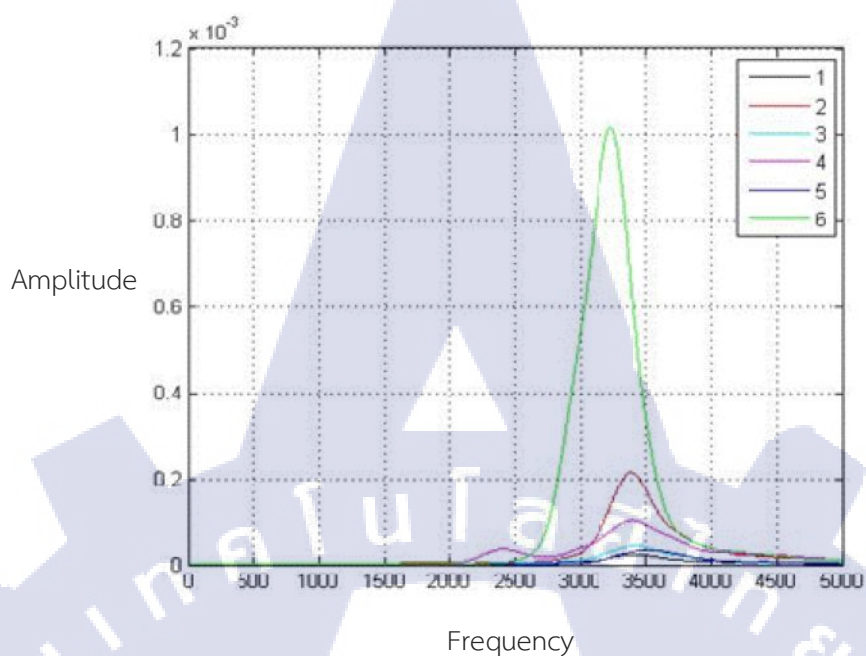
รูปที่ 4.38 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดเรคทอรีที่ X0005



รูปที่ 4.39 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดรแควทอรีที่ X0005



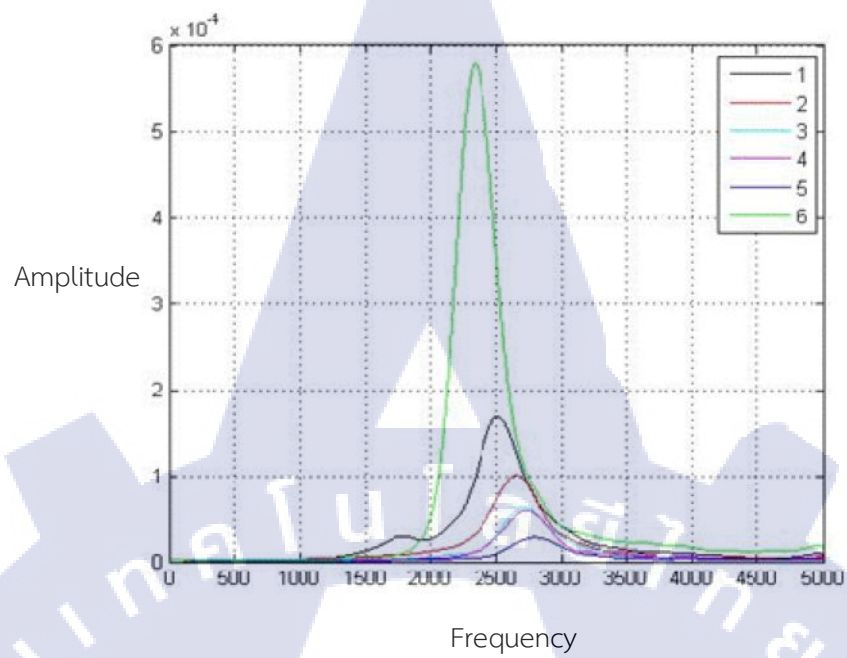
รูปที่ 4.40 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดรแควทอรีที่ X0005



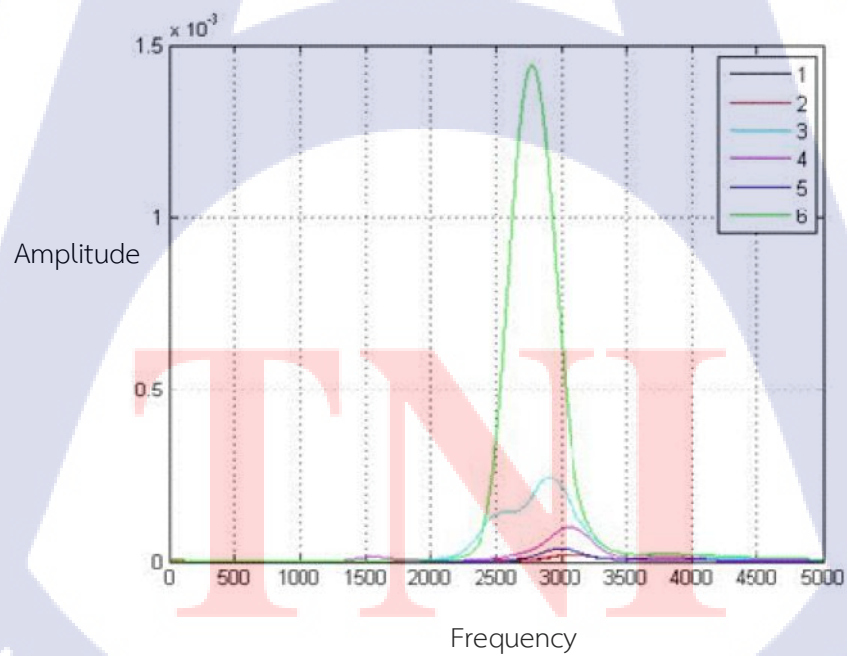
รูปที่ 4.41 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดรแครทอรีที่ X0005

จากกราฟความถี่ของข้อมูล A เห็นได้ว่าความถี่จะอยู่ที่ 1500-3500 Hz ค่าแอมป์จูดก็จะขึ้นเรียงตามลำดับเหมือนกับกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ค่าระหว่าง Mean กับ Standard Deviation ข้อมูลที่ B เห็นได้ว่าความถี่จะอยู่ที่ 2000-3500 Hz ค่าแอมป์จูดก็จะขึ้นเรียงตามลำดับเหมือนกับกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ข้อมูลที่ C เห็นได้ว่าความถี่จะอยู่ที่ 2500-4500 Hz ค่าแอมป์จูดก็จะขึ้นเรียงตามลำดับเหมือนกับกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter) ข้อมูลที่ D เห็นได้ว่าความถี่จะอยู่ที่ 2500-4000 Hz ค่าแอมป์จูดก็จะขึ้นเรียงตามลำดับเหมือนกับกราฟ 2D สแกเตอร์ (Scatter)

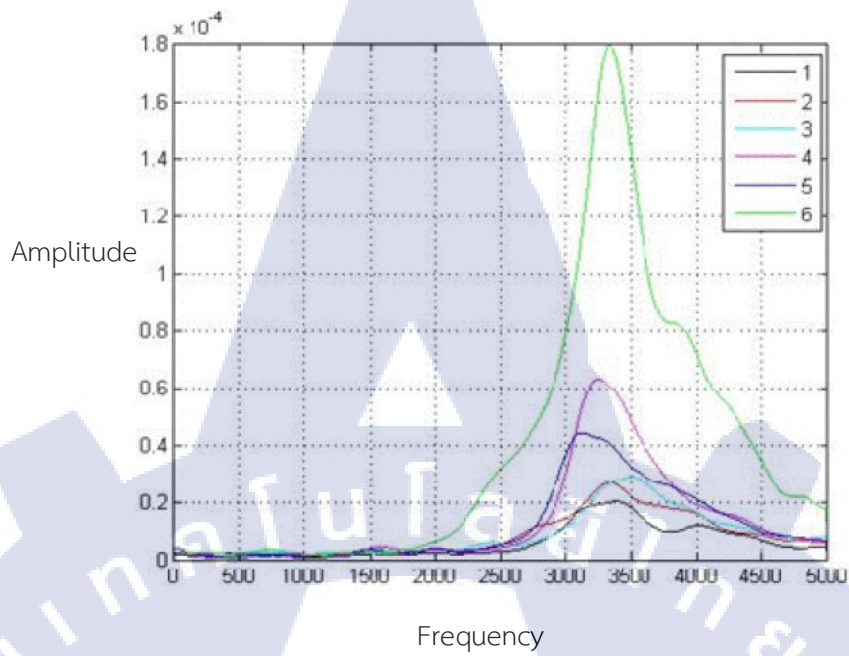
นำกราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch มาเปรียบเทียบกันระหว่างไดรแครทอรีที่ X0010 ของข้อมูลที่ ABC และ D แสดงดังรูปที่ 4.42 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดรแครทอรีที่ X0010 รูปที่ 4.43 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดรแครทอรีที่ X0010 รูปที่ 4.44 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดรแครทอรีที่ X0010 และรูปที่ 4.45 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดรแครทอรีที่ X0010



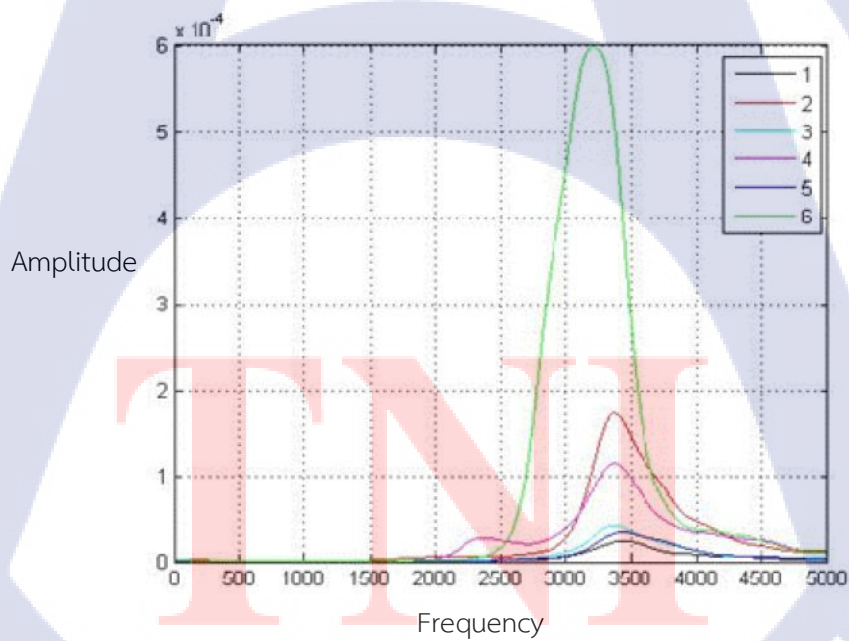
รูปที่ 4.42 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดรแควทอรีที่ X0010



รูปที่ 4.43 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดรแควทอรีที่ X0010



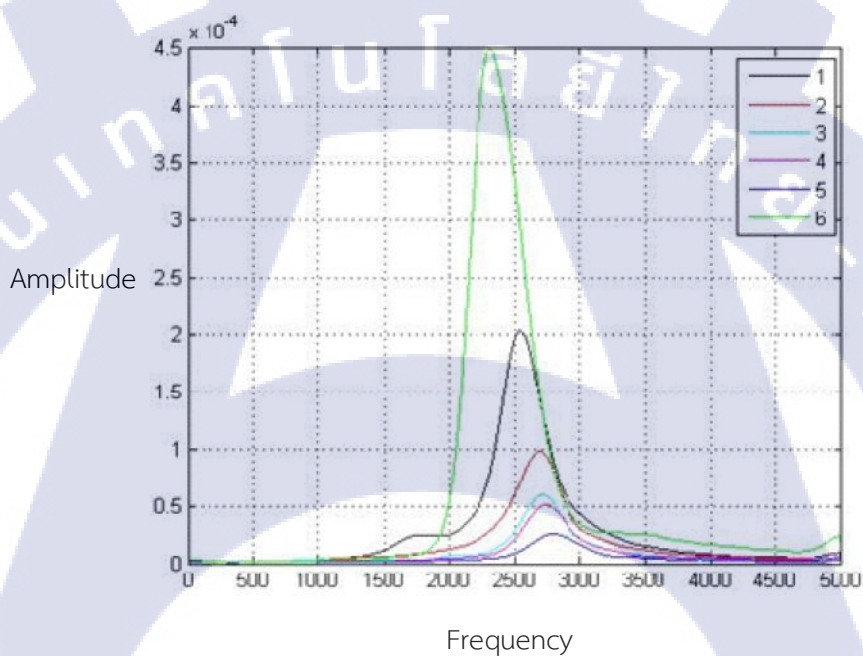
รูปที่ 4.44 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pw Welch ข้อมูลที่ C ไดรแควทอรีที่ X0010



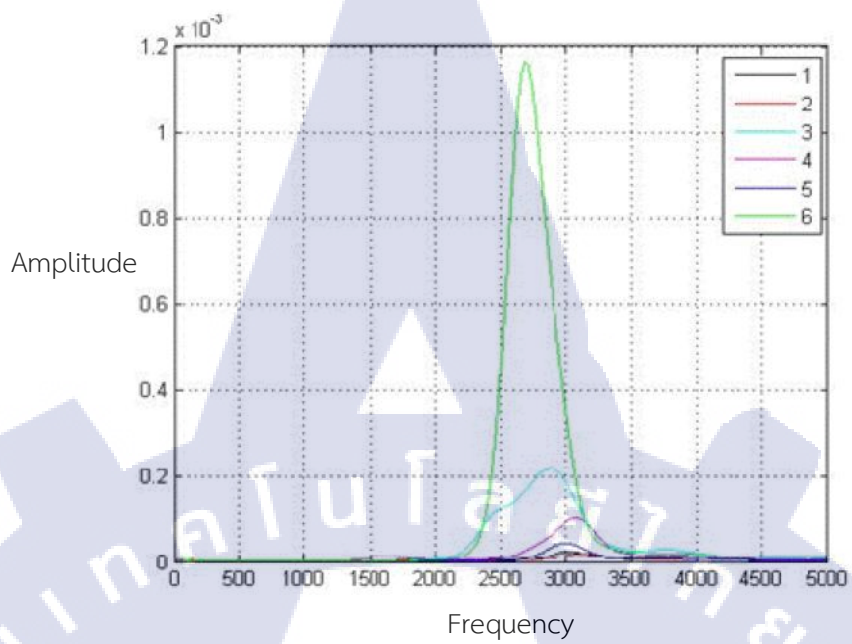
รูปที่ 4.45 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pw Welch ข้อมูลที่ D ไดรแควทอรีที่ X0010

จากกราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ ABC และ D ไดรแครทอรีที่ X0010 ข้อมูลของกราฟไม่ต่างจากไดรแครทอรีที่ X0005 เท่าไหร่

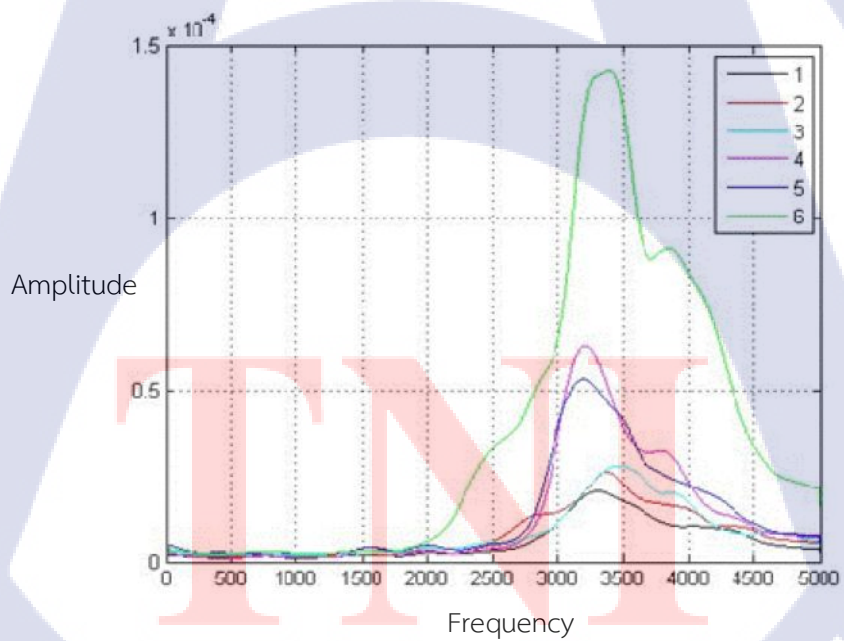
นำกราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch มาเปรียบเทียบกันระหว่างไดรแครทอรีที่ X0015 ของข้อมูลที่ ABC และ D แสดงดังรูปที่ 4.46 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดรแครทอรีที่ X0015 รูปที่ 4.47 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดรแครทอรีที่ X0015 รูปที่ 4.48 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดรแครทอรีที่ X0015 และรูปที่ 4.49 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดรแครทอรีที่ X0015



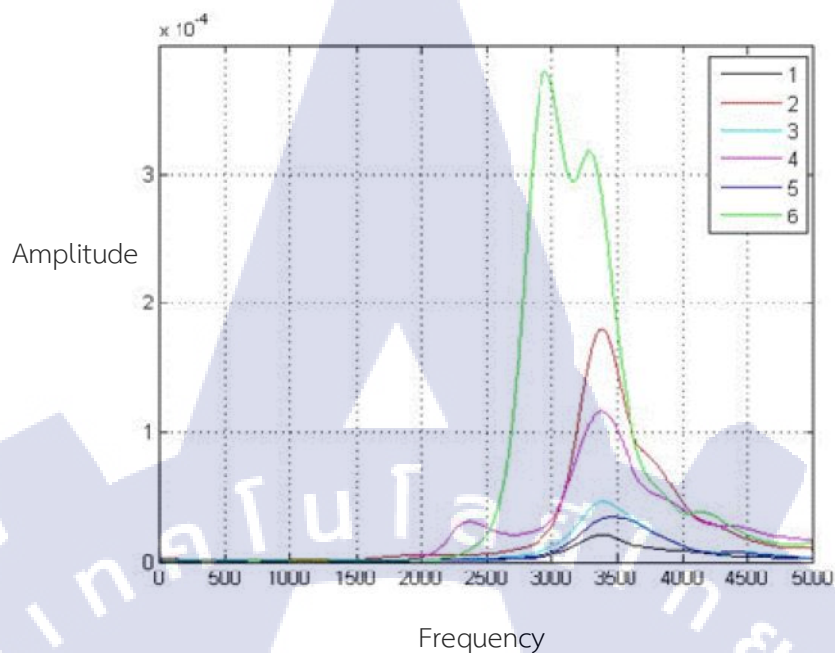
รูปที่ 4.46 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดรแครทอรีที่ X0015



รูปที่ 4.47 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดรแควทอรีที่ X0015



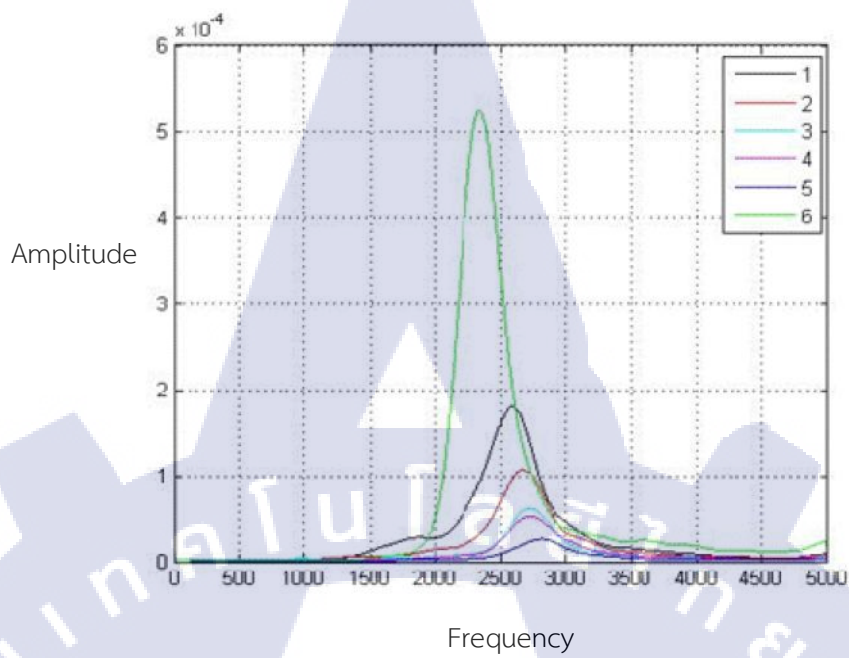
รูปที่ 4.48 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดรแควทอรีที่ X0015



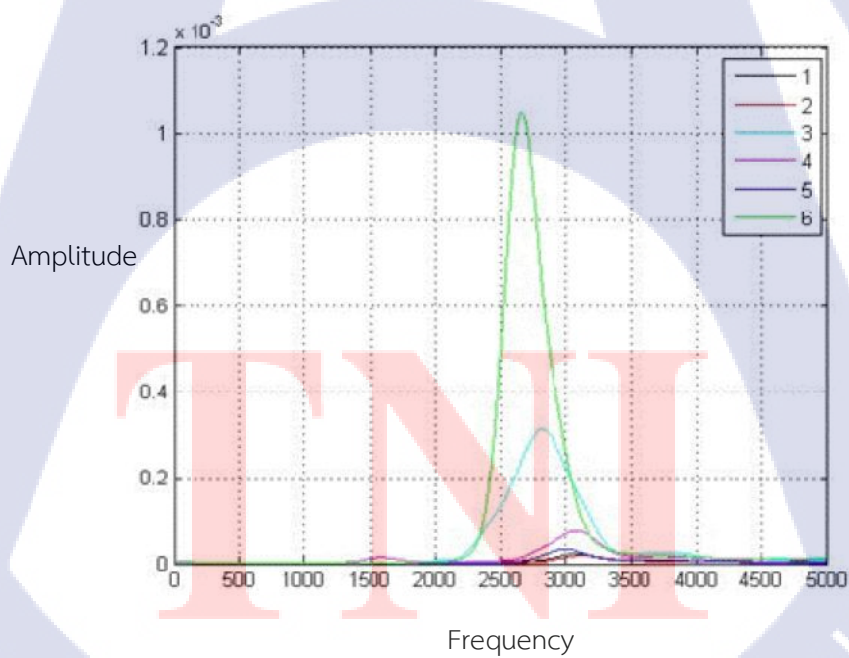
รูปที่ 4.49 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดรแควทอรีที่ X0015

จากกราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A และ B ไดรแควทอรีที่ X0015 ข้อมูลของกราฟไม่ต่างจากไดรแควทอรีที่ X0005 และ X0010 เท่าไหร่ แต่ข้อมูลที่ C และ D ค่าแอมพลิจูดขึ้นแบบแปลกไปจากเดิมซึ่งไม่สามารถรู้ได้เหมือนกันว่าเกิดอะไรขึ้นในระหว่างการกลิ้ง

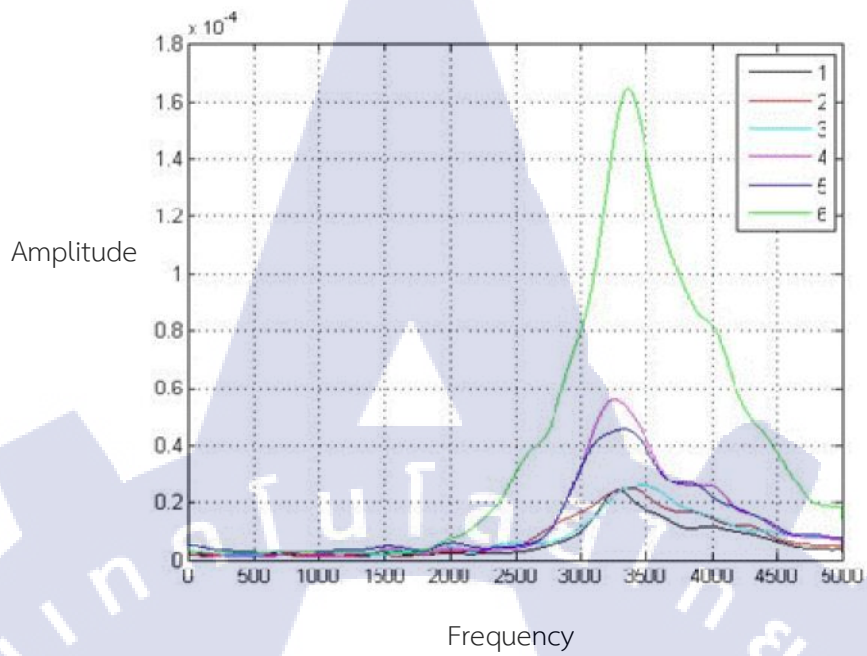
นำกราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch มาเปรียบเทียบกับระหว่างไดรแควทอรีที่ X0020 ของข้อมูลที่ A B C และ D แสดงดังรูปที่ 4.50 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดรแควทอรีที่ X0020 รูปที่ 4.51 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดรแควทอรีที่ X0020 รูปที่ 4.52 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดรแควทอรีที่ X0020 และรูปที่ 4.53 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดรแควทอรีที่ X0020



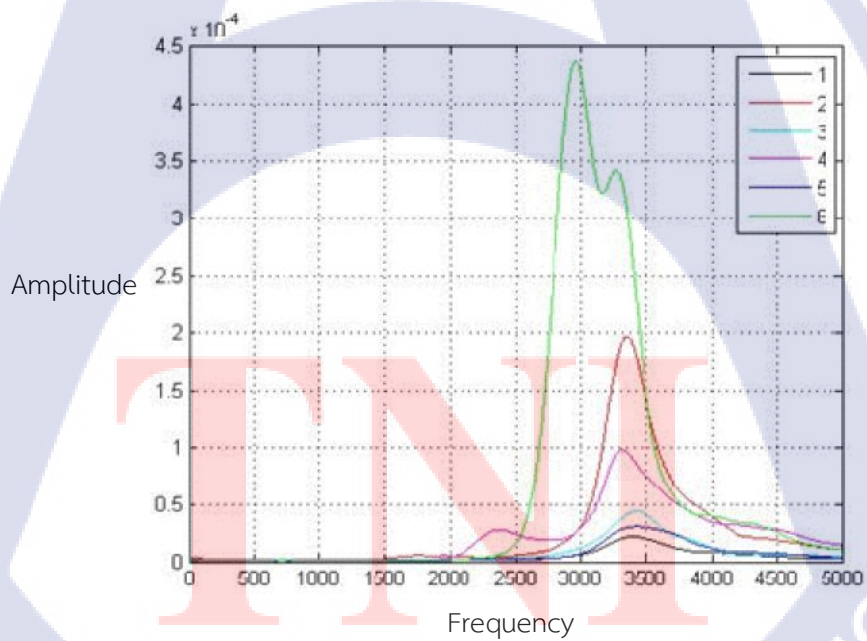
รูปที่ 4.50 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A ไดรक्टरที่ X0020



รูปที่ 4.51 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ B ไดรक्टरที่ X0020



รูปที่ 4.52 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ C ไดรक्टरที่ X0020



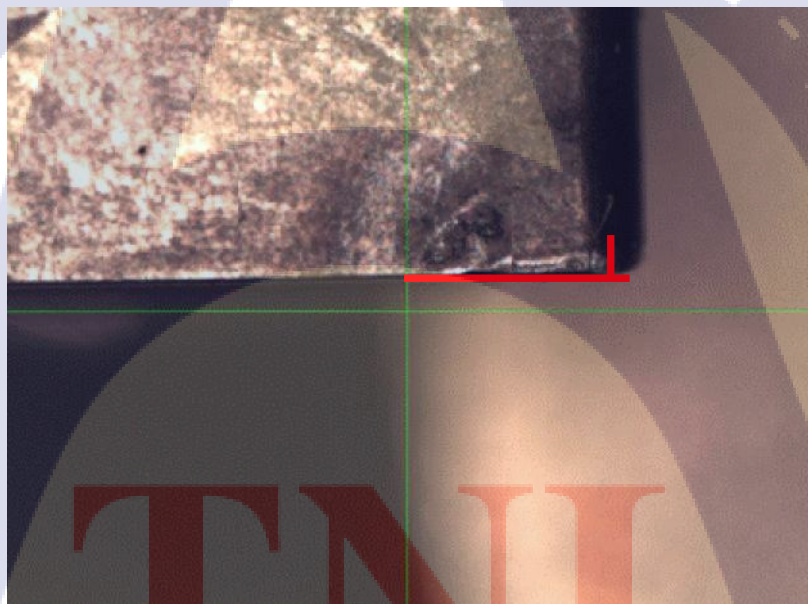
รูปที่ 4.53 กราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ D ไดรक्टरที่ X0020

จากกราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch ข้อมูลที่ A และ B ไดรฟ์ทอรี่ที่ X0020 ข้อมูลของกราฟไม่ต่างจากไดรฟ์ทอรี่ที่ X0005 X0010 และ X0015 เท่าไหร่ แต่ข้อมูลที่ C และ D ค่าแอมพลิจูดขึ้นแบบแปลกไปจากเดิมซึ่งไม่สามารถรู้ได้เหมือนกันว่าเกิดอะไรขึ้นในระหว่างการกลิ้ง

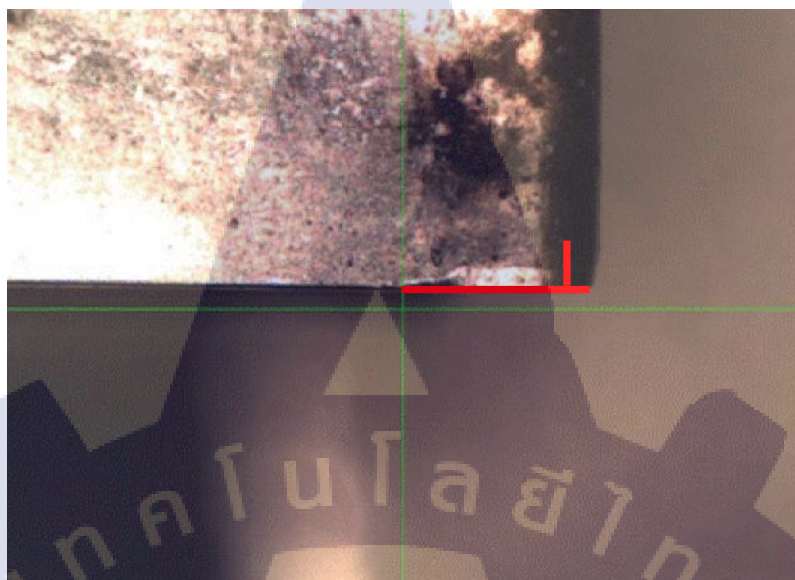
4.3 การสึกหรอของมีดกลิ้ง

จากการกลิ้งขึ้นงานใน 4 ข้อมูลที่ได้มาเราได้ทำการนำเม็ดมีดที่ใช้ในการกลิ้งไปวัดค่าที่เกิดจากการสึกหรอในรูปแบบการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear)

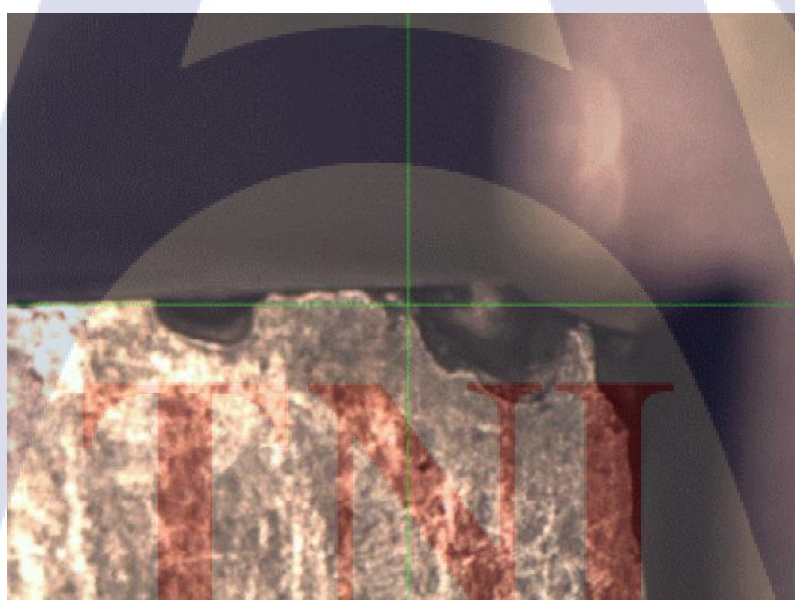
จะทำการเปรียบเทียบการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ในแต่ละข้อมูลดังรูปที่ 4.54 การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ A รูปที่ 4.55 การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ B รูปที่ 4.56 การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ C รูปที่ 4.57 การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ D ตามลำดับ



รูปที่ 4.54 การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ A



รูปที่ 4.55 การสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ B



รูปที่ 4.56 การสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ C



รูปที่ 4.57 การสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) ของข้อมูลที่ D

จากรูปการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) ในสี่ข้อมูล ข้อมูลที่ C ไม่สามารถตรวจวัดได้ เพราะเกิดการแตกหักของปลายมีด ข้อมูลที่ A สามารถวัดค่าความกว้างของ Flank Wear 0.12 มม. ความยาวของ Flank Wear 1.3 มม. ข้อมูลที่ B สามารถวัดค่าความกว้างของ Flank Wear 0.12 มม. ความยาวของ Flank Wear 1.1 มม. ข้อมูลที่ D สามารถวัดค่าความกว้างของ Flank Wear 0.17 มม. ความยาวของ Flank Wear 0.98 มม.

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยขั้นที่ 1

ผลจากการวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ในขั้นตอนแรกสรุปได้ว่าสัญญาณในแกน Z ของเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ไม่มีผลต่อลักษณะการสีกหรือของมิตกึ่งที่เปลี่ยนไปเนื่องจากสัญญาณแกน Z ไม่เปลี่ยนไปเห็นได้อย่างชัดเจน ซึ่งตรงข้ามกับสัญญาณในแกน Y ที่มีความแตกต่างของสัญญาณเห็นได้อย่างชัดเจนในสภาวะตั้งแต่เริ่มกึ่งขึ้นงานด้วยมิตกึ่งใหม่จนกระทั่งเกิดการสีกหรือของมิตกึ่ง

โดเมนความถี่จากเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ที่สามารถจับได้ที่มีความถี่ระหว่าง 1800 Hz. ถึง 3000 Hz. ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถเห็นแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของมิตกึ่งโดยเทียบจากสัญญาณในโดเมนเวลาโดเมนความถี่และกราฟเส้นระหว่างเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer กับเซนเซอร์ Arduino mma7361L จะเห็นได้ว่าเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer มีแนวโน้มในค่าของ Max Mean Standard Deviation จึงนำข้อมูลเฉพาะเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer มาทำการวิเคราะห์โดยแบ่งข้อมูลเป็น 6 ช่วงข้อมูลและนำข้อมูลรอบ (Revolution) ที่ 1 4 และ 12 ที่อยู่ใน 6 ช่วงข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาความถี่ในการเก็บข้อมูลว่าควรเก็บข้อมูลกี่รอบ (Revolution) ดีที่สุด ผลสรุปก็คือเก็บที่ 4 รอบ ก็เพียงพอเพราะให้ผลที่ไม่แตกต่างกับการเก็บข้อมูลที่ 12 รอบ

จากผลของกราฟ 2D Scatter ที่นำ 6 ช่วงข้อมูลมาจับคู่พลอตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation และค่า Mean กับ Kurtosis จะเห็นได้ว่าการจับคู่พลอตระหว่าง Mean กับ Standard Deviation แบ่งกลุ่มได้ชัดเจนมากกว่าการจับคู่พลอตระหว่าง Mean กับ Kurtosis

จากการนำเอาข้อมูลที่ไฟล์เดอร์ที่ A32 A35 A39 A43 A46 และ A50 ไตรแครทอรีที่ X0005 X0010 X0015 และ X0020 มาทำกราฟโดยวิธีของพีเวลช์ (Pwelch) เพื่อวิเคราะห์ความถี่ที่เปลี่ยนไปของสภาวะการกึ่งขึ้นงานได้ข้อสรุปว่าข้อมูลที่ไฟล์เดอร์ 32 ค่าความถี่จะอยู่ที่ประมาณ 2500 Hz และเอนมาทาง 3000 Hz ข้อมูลที่ไฟล์เดอร์ 35 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2500-3000 Hz ข้อมูลที่ไฟล์เดอร์ 39 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2500-3000 Hz ข้อมูลที่ไฟล์เดอร์ 43 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2500-3000 Hz ข้อมูลที่ไฟล์เดอร์ 46 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2500-3000 Hz ข้อมูลที่ไฟล์เดอร์ 46 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2500-3000 Hz และข้อมูลที่ไฟล์เดอร์ 50 ค่าของความถี่จะอยู่ระหว่าง 2000-2500 Hz ซึ่งตามที่เราคาดการณ์ในการทดลองนี้นั้นเราจะคาดการณ์กันไว้ว่าเมื่อกึ่งขึ้นงานไปตั้งแต่เริ่มต้นที่มีมิตกึ่งใหม่จนถึงมิตกึ่งสีกหรือค่าของความถี่จะเพิ่มขึ้นแต่ความถี่ของการสั่นของมิตกึ่งที่จับได้กลับสูงขึ้นอยู่ที่ระหว่าง 2500-3000 Hz และเมื่อมิตกึ่งเกิดการ

สึกหรอแล้วนั้นการสั่นของมีดกลึงที่จับได้จะลดลงไปอยู่ที่ 2000-2500 Hz ซึ่งเราคิดว่าเกิดจากเครื่องจักร เพราะเครื่องจักรโดยทั่วไปทางผู้ผลิตและออกแบบจะสร้างให้ใช้งานในระยะเวลายาวนานหรือรันเครื่องตลอดเวลาในการกลึงระยะต้นๆ เครื่องจักรยังไม่เกิดการพิตัวของระบบแบริ่งและจุดขับเคลื่อนต่างๆ ทำให้การสั่นของมีดกลึงมีเยอะและเมื่อถึงจุดหนึ่งจะเกิดการสั่นลดน้อยลงเพราะเคลียแลนส์ของระบบแบริ่งและจุดขับเคลื่อนต่างๆ ลดน้อยลง ส่วนค่าของแอมพิจูด (Amplitude) ที่โพลเตอร์ 50 ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีดกลึงเกิดการสึกหรอแล้วจะเพิ่มสูงขึ้นไปอย่างเห็นได้ชัดเจน

5.2 ข้อเสนอแนะขั้นที่ 1

ในงานวิจัยถัดไปจะทำการทดลองเซนเซอร์ ADIS16223 เทียบกับเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ว่าจะสามารถใช้ทดแทนตัวเซนเซอร์ MTN/1100C Accelerometer ได้หรือไม่ เพราะเซนเซอร์ ADIS16223 ได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพในการจับค่าความถี่ได้มากขึ้นและมีราคาถูก

5.3 สรุปผลการวิจัยขั้นที่ 2

เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลการกลึงและจับสัญญาณการสั่นสะเทือนมาทั้งหมด 4 ข้อมูลผลจากการวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่สรุปได้ดังนี้

5.3.1 จากการพลอตกราฟ 2D Scatter โดยการทำพิวลเตอร์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างการไม่ได้พิวลเตอร์ข้อมูลจะเห็นได้ว่าแสดงผลออกมาได้ไม่ต่างกันมาก

5.3.2 จากกราฟ FFT โดยใช้วิธีของ Pwelch สรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่า Amplitude และ Frequency ที่เกิดขึ้นของข้อมูล A B C และ D

ไดเรกทอรีที่ X0005	Amplitude (V.) เริ่มกลึง	Frequency (Hz)	Amplitude (V.) ขึ้นสูงแต่ มิดยังไม่สึก	Frequency (Hz)	Amplitude (V.) ที่มีดสึก	Frequency (Hz)
ข้อมูลที่ A	0.000120	2500	0.000120	2500	0.000570	2400
ข้อมูลที่ B	0.000250	2800	0.000050	3100	0.001400	2750
ข้อมูลที่ C	0.000021	3300	0.000065	3250	0.000180	3300
ข้อมูลที่ D	0.000120	3450	0.000210	3400	0.001000	3200

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่า Amplitude และ Frequency ที่เกิดขึ้นของข้อมูล A B C และ D (ต่อ)

ไต่แรด ทอรีที X0010	Amplitude (V.) เริ่มกลิ้ง	Frequency (Hz)	Amplitude (V.) ขึ้นสูงแต่ มีดยังไม่ลิก	Frequency (Hz)	Amplitude (V.) ที่มีดลิก	Frequency (Hz)
ข้อมูลที่ A	0.000155	2500	0.000155	2500	0.000580	2400
ข้อมูลที่ B	0.000100	3100	0.000350	2900	0.001400	2750
ข้อมูลที่ C	0.000020	3300	0.000610	3250	0.000180	3300
ข้อมูลที่ D	0.000030	3400	0.000180	3400	0.000600	3200

ไต่แรด ทอรีที X0015	Amplitude (V.) เริ่มกลิ้ง	Frequency (Hz)	Amplitude (V.) ขึ้นสูงแต่ มีดยังไม่ลิก	Frequency (Hz)	Amplitude (V.) ที่มีดลิก	Frequency (Hz)
ข้อมูลที่ A	0.000210	2550	0.000210	2550	0.00045	2350
ข้อมูลที่ B	0.000100	3000	0.000210	2900	0.00119	2700
ข้อมูลที่ C	0.000030	3300	0.000052	3200	0.00014	3400
ข้อมูลที่ D	0.000020	3400	0.000170	3400	0.00038	2950

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่า Amplitude และ Frequency ที่เกิดขึ้นของข้อมูล A B C และ D (ต่อ)

ไต่แรด ทอรีที่ X0020	Amplitude (V.) เริ่มกลิ้ง	Frequency (Hz)	Amplitude (V.) ขึ้นสูงแต่ มีดยังไม่ลึก	Frequency (Hz)	Amplitude (V.) ที่มีดลึก	Frequency (Hz)
ข้อมูลที่ A	0.000180	2600	0.000180	2600	0.000510	2350
ข้อมูลที่ B	0.000080	3200	0.000300	2800	0.001100	2600
ข้อมูลที่ C	0.000021	3300	0.000058	3250	0.000162	3400
ข้อมูลที่ D	0.000020	3400	0.000195	3400	0.000440	2950

เมื่อดูจากค่า Amplitude ที่เกิดขึ้นที่ข้อมูล A B C และ D แล้วนั้นโดยเราเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างข้อมูลมีดกลิ้งที่เกิดการสึกกับข้อมูลที่มีดกลิ้งยังไม่สึกค่า Amplitude จะเพิ่มสูงขึ้นเกือบเป็น 10 เท่า ซึ่งทางผู้ทำวิจัยตั้งสมมติฐานว่าการสึกของมีดกลิ้งจะค่อยๆเกิดขึ้นและค่า Amplitude จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามลำดับของการสึกของมีดกลิ้งแต่ผลที่ออกมาจากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในโดเมนความถี่แสดงให้เห็นว่าการสึกของมีดกลิ้งที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นโดยทันทีทันใด

5.3.3 การสึกหรอของมีดกลิ้งสรุปได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของมีดกลิ้งของข้อมูล A B C และ D

การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของมีดกลิ้ง	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)
ข้อมูลที่ A	0.12	1.3
การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของมีดกลิ้ง	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)
ข้อมูลที่ B	0.12	1.1

ตารางที่ 5.2 การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของมีดกลึงของข้อมูล A B C และ D (ต่อ)

การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของมีดกลึง ข้อมูลที่ C	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)
	มีดแตก	มีดแตก

การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ของมีดกลึง ข้อมูลที่ D	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)
	0.1	0.98

5.4 ข้อเสนอแนะขั้นที่ 2

ในการทดลองครั้งต่อไปอาจจะต้องเก็บค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องกลึงซีเอ็นซีในตอนที่ยังไม่ได้ทำการกลึงก่อนเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์เพิ่มเติมและเพื่อศึกษาว่าต้องรันเครื่องไป ณ เวลาเท่าใดที่ทำให้การสั่นสะเทือนของเครื่องกลึงซีเอ็นซีเปลี่ยนแปลงไป

TNI

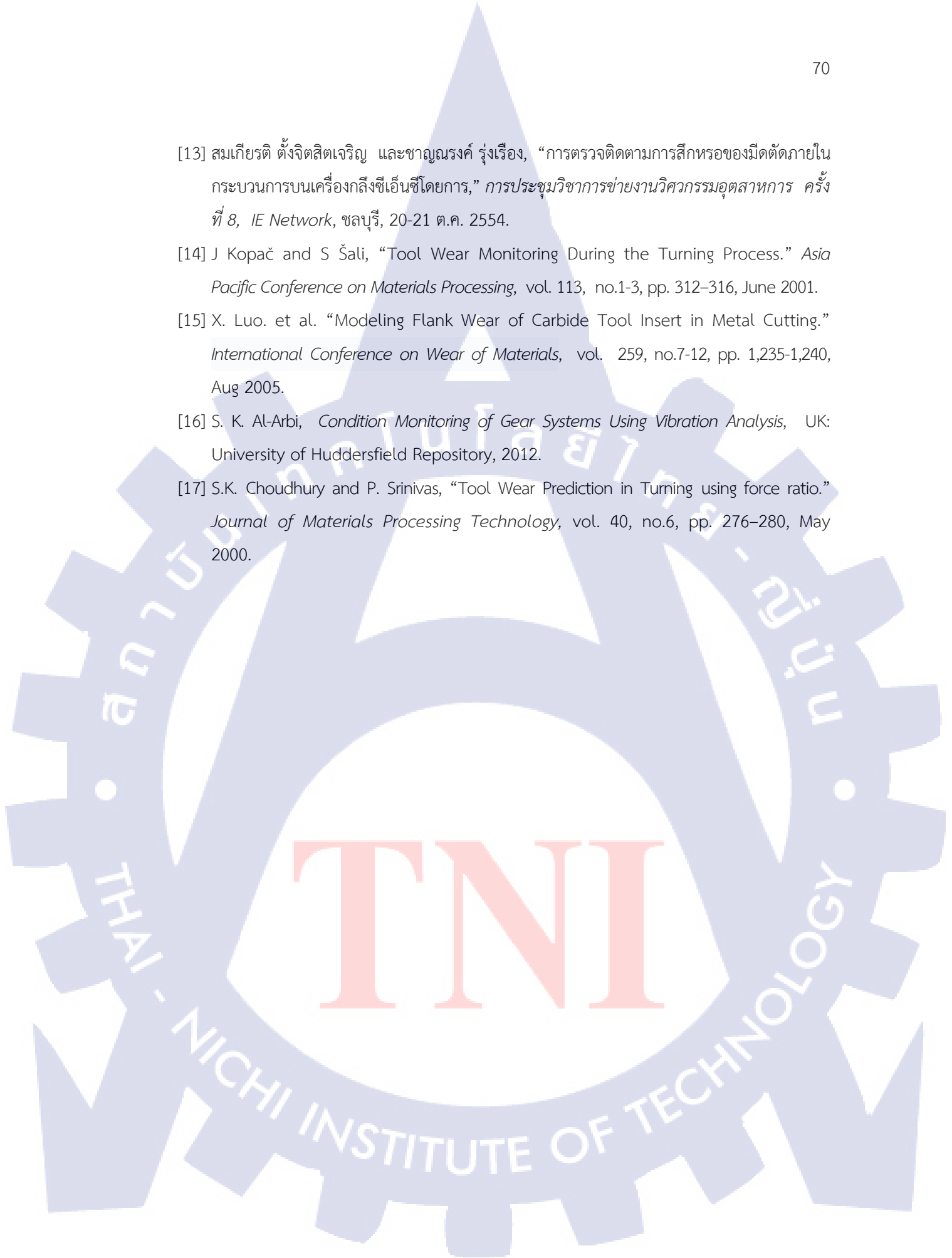


บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- [1] D. Kopeliovich. “*Mechanisms of Wear*”. [Online]. Available: http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=mechanisms_of_wear. [Accessed: Aug. 21, 2014].
- [2] Georgia Institute of Technology. “*Machining-Cutting Tool Life*”. [Online]. Available: <http://dc373.4shared.com/doc/HZHthW07/preview.html>. [Accessed: Aug. 21, 2014].
- [3] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Systems*, 4th ed. NJ: J. Wiley & Sons, 2007.
- [4] H. Abdel and G. El-Hofy, *Fundamentals of Machining Processes Conventional and Non Conventional Processes*, USA: Taylor & Francis Group, 2014.
- [5] ชาลี ตระการกุล, *เทคโนโลยีซีเอ็นซี*. กรุงเทพฯ : บริษัทดวงกมลสมัย จำกัด, 2537.
- [6] S.K. Choudhury and K.K. Kishore. “Tool Wear Measurement in Turning Using Force Ratio.” *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, vol. 40, no. 6, pp. 899–909, May 2000.
- [7] ประดิษฐ์ หมุ่มเมืองสอง และสุชัญญา หรรษสุข, *การวิเคราะห์การลั่นสะเทือน*. กรุงเทพฯ : บริษัท วี.พรินท์ (1991) จำกัด, 2550.
- [8] วินัย เวชวิทยาลัง, *เทคนิคการวัดและวิเคราะห์การลั่นสะเทือนเพื่องานบำรุงรักษา*. กรุงเทพฯ : บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989) จำกัด, 2552.
- [9] มนัส สัตว์ศิลป์ และวรรัตน์ ภัทรอมรกุล, *คู่มือโปรแกรม MATLAB ฉบับสมบูรณ์*. กรุงเทพฯ : บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด, 2543.
- [10] พรชัย นิเวศน์รังสรรค์ และคณะ, “การตรวจสอบสถานะของมีดตัดด้วยสัญญาณการลั่นสะเทือน,” *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23*, ME-NETT, เชียงใหม่, 4-7 พ.ย. 2552.
- [11] พรชัย นิเวศน์รังสรรค์ และชัชชัย ไชยชนะ, “การตรวจสอบสถานะของพัดลมอัดอากาศด้วยสัญญาณการลั่นสะเทือน,” *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24*, ME-NETT, อุบลราชธานี, 20-22 ต.ค. 2553.
- [12] S. Tangjitsitcharoen, “Intelligent Monitoring and Identification of Cutting States of Chips and Chatter on CNC turning Machine.” *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 10, no.1, pp. 40-46, Jan 2008.

- [13] สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ และชาญณรงค์ รุ่งเรือง, “การตรวจติดตามการสึกหรอของมีดตัดภายในกระบวนการบนเครื่องกลึงซีเอ็นซีโดยการ,” *การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ครั้งที่ 8, IE Network*, ชลบุรี, 20-21 ต.ค. 2554.
- [14] J Kopač and S Šali, “Tool Wear Monitoring During the Turning Process.” *Asia Pacific Conference on Materials Processing*, vol. 113, no.1-3, pp. 312–316, June 2001.
- [15] X. Luo. et al. “Modeling Flank Wear of Carbide Tool Insert in Metal Cutting.” *International Conference on Wear of Materials*, vol. 259, no.7-12, pp. 1,235-1,240, Aug 2005.
- [16] S. K. Al-Arbi, *Condition Monitoring of Gear Systems Using Vibration Analysis*, UK: University of Huddersfield Repository, 2012.
- [17] S.K. Choudhury and P. Srinivas, “Tool Wear Prediction in Turning using force ratio.” *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 40, no.6, pp. 276–280, May 2000.



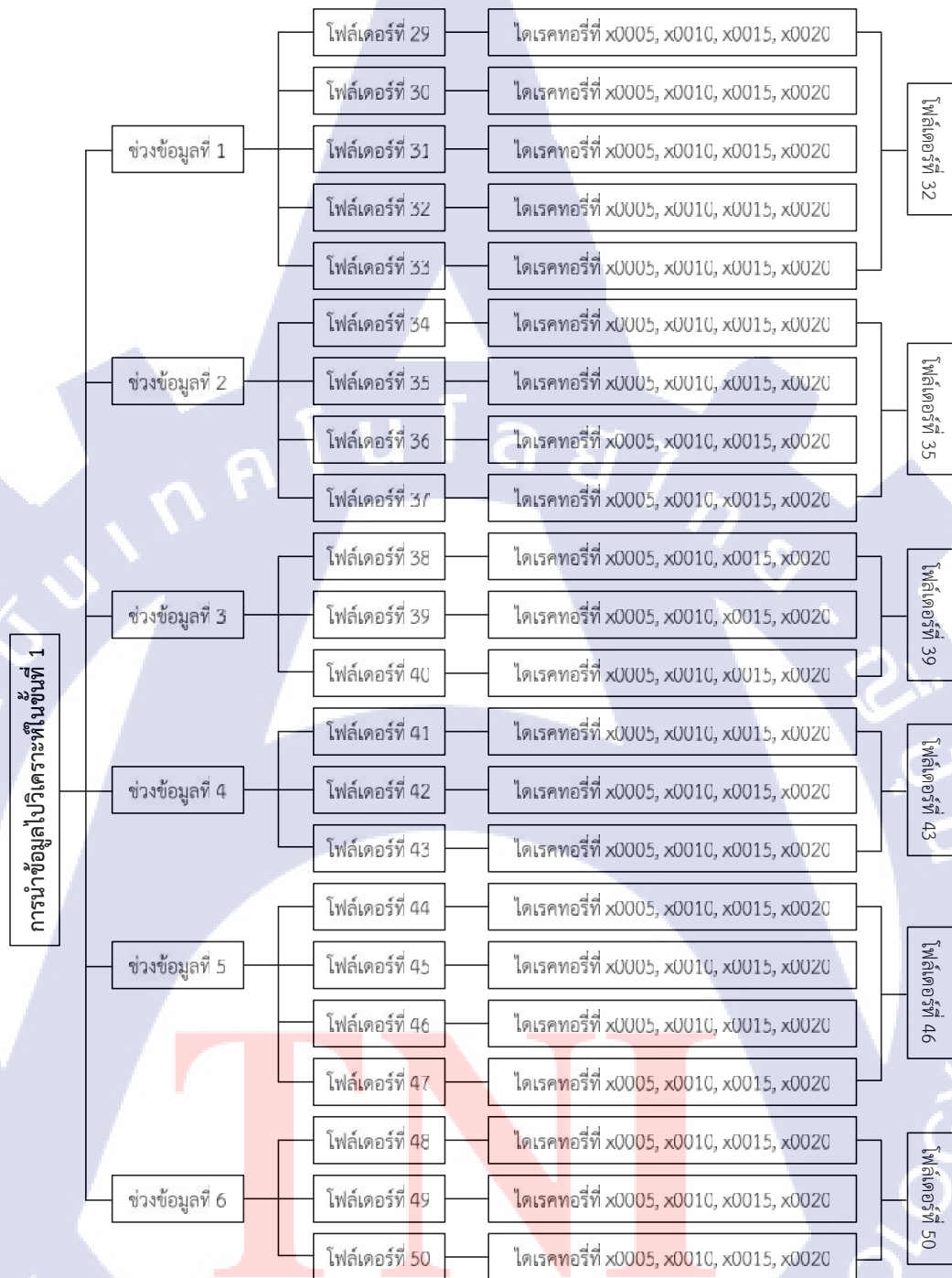
TNI



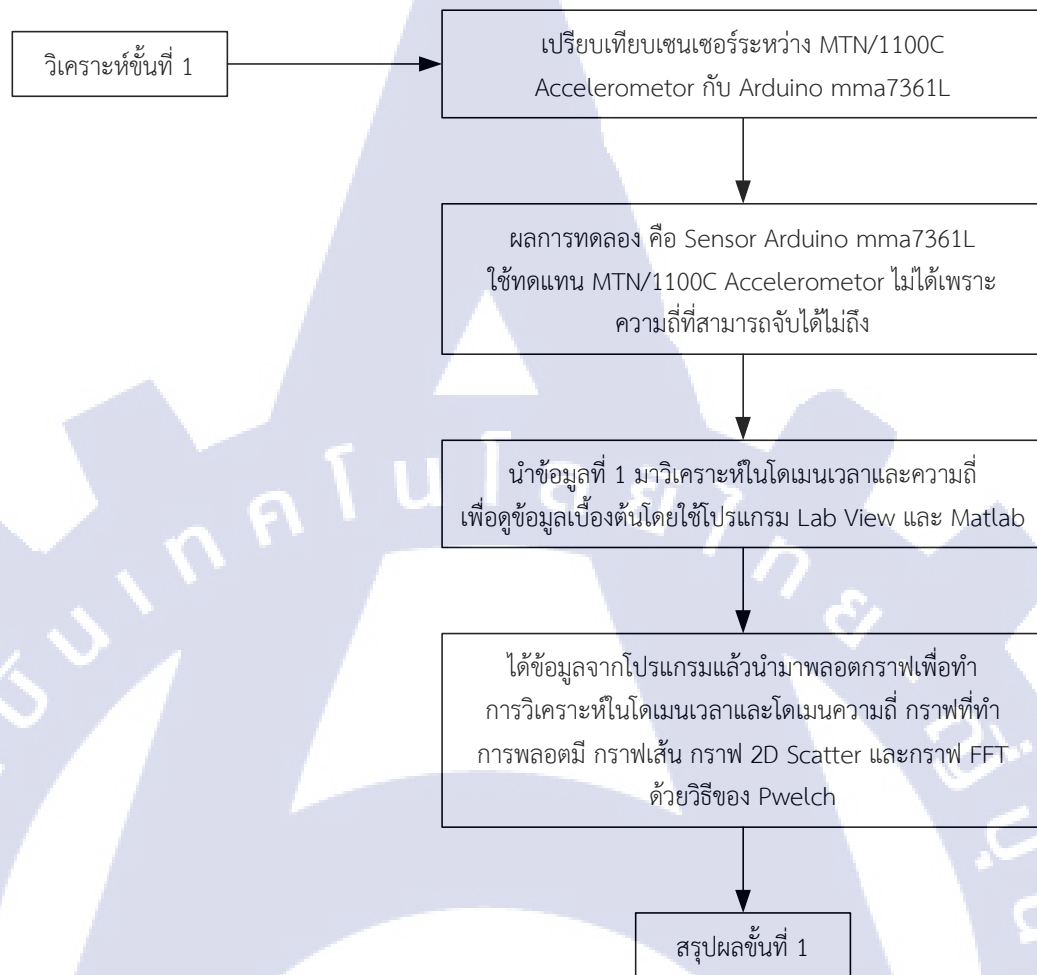
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ขั้นตอนการวิเคราะห์

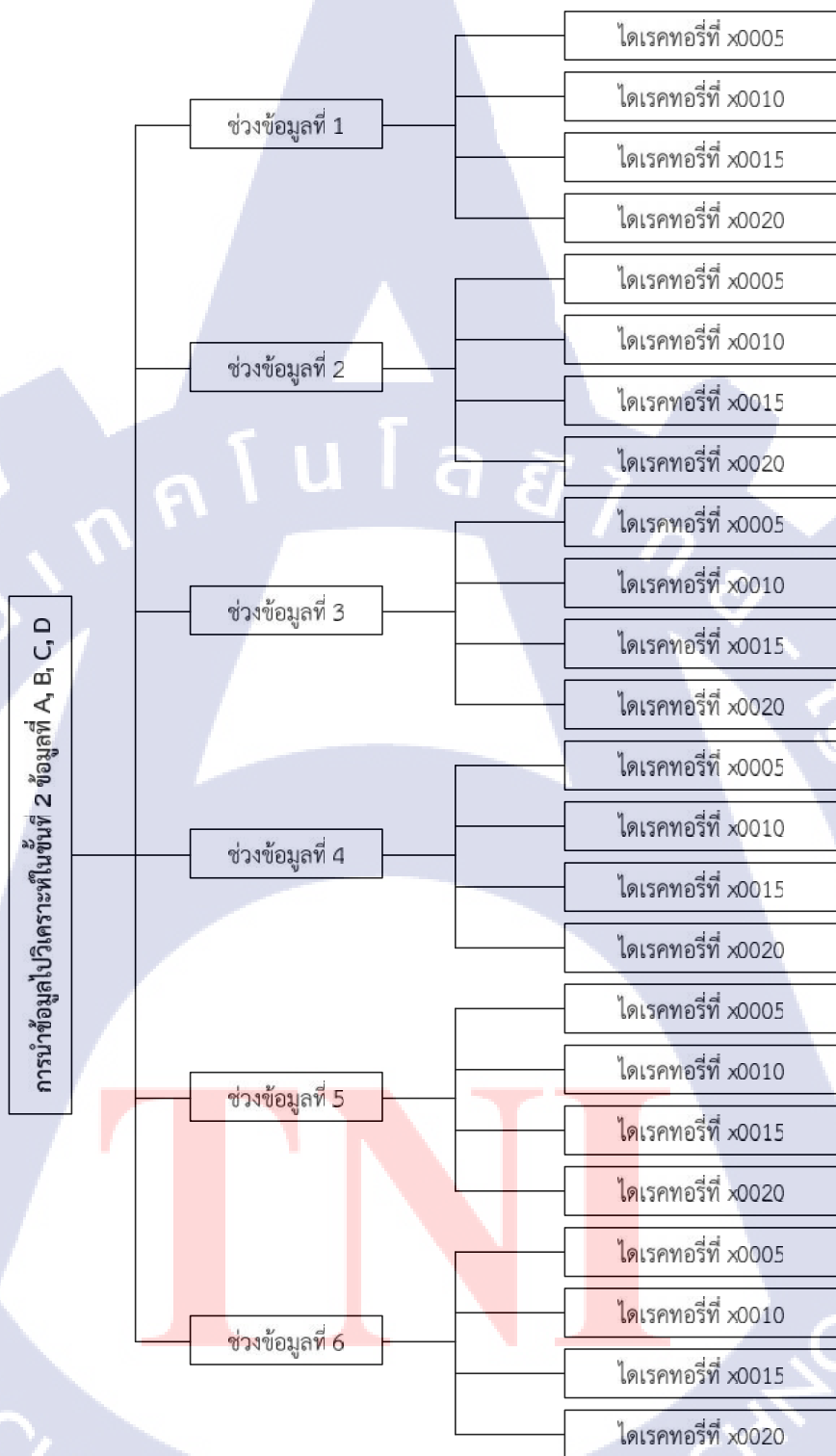
TNI



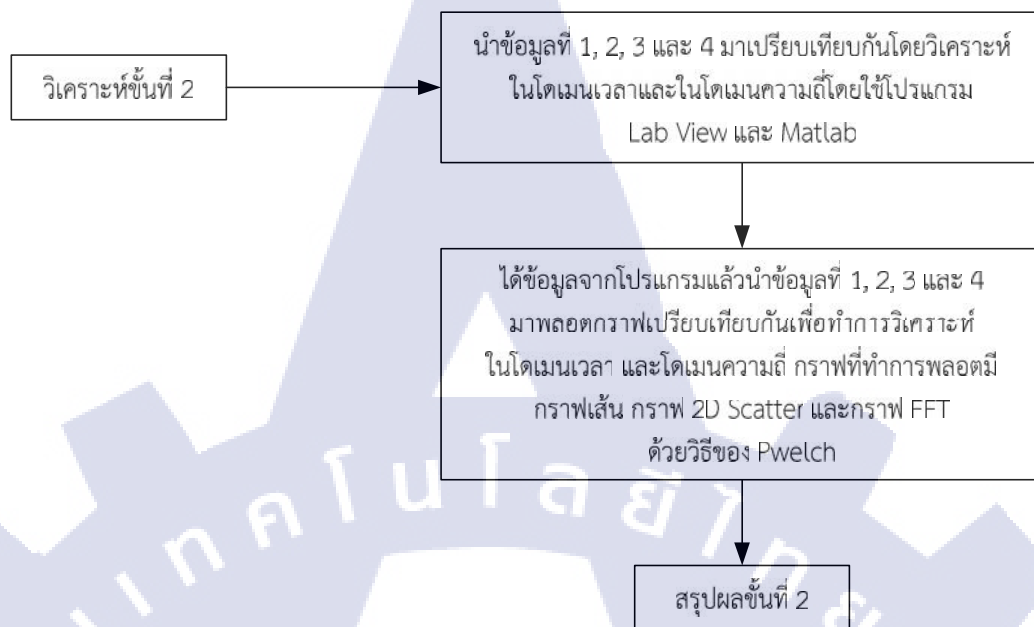
รูปที่ ก.1 การนำข้อมูลไปวิเคราะห์ขั้นที่ 1



รูปที่ ก.2 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ขั้นที่ 1



รูปที่ ก.3 การนำข้อมูลไปวิเคราะห์ขั้นที่ 2



รูปที่ ก.4 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ขั้นที่ 2

ภาคผนวก ข.
สัญลักษณ์

TNI

สัญลักษณ์

β	เป็นพารามิเตอร์ที่เรียกว่า “Shape Parameter”
θ	เป็นพารามิเตอร์ที่เรียกว่า “Scale Parameter”
δ	เป็นพารามิเตอร์ที่เรียกว่า “Position Parameter”
ϕ	มุมของโหนดจากระนาบรัศมี (องศา)
σ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
σ^2	ค่าความแปรปรวน
σ^3	ค่าความเบ้
σ^4	ค่าความโด่ง
ω	ความถี่เชิงมุม (Rad/s)
ε^{-1}	การแปลงฟูเรียร์ย้อนกลับ
$C_p(\tau)$	เพาเวอร์สเปกตรัม
$C_c(\tau)$	เซปส์ตรัมเชิงซ้อน
d	เส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดลูกกลิ้ง (mm)
D	เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (mm)
F	แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (N)
$F_{xx}(f)$	เพาเวอร์สเปกตรัม
$F(f)$	สเปกตรัมเชิงซ้อนหรือการแปลงฟูเรียร์
$f(t)$	เปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นของเครื่องจักร
f_r	ความเร็วเพลลา (rpm)
m	มวล (kg)
N	จำนวนข้อมูลทั้งหมด
N_r	ความเร็วรอบ (rpm)
n	จำนวนของลูกกลิ้ง
P	จำนวนข้อของมอเตอร์
r	รัศมี (mm)
t	เวลา (s)
x_1	ข้อมูลลำดับที่ i
$\bar{X}$	ค่าเฉลี่ยของข้อมูล