แบบฟอร์มข้อเสนอโครงการ

การพัฒนากายภาพและสิ่งแวดล้อม ตามเกณฑ์ UI Green สู่การเป็น
มหาวิทยาลัยต้นแบบในการสร้างความยั่งยืน (Super KPI)

1. ชื่อโครงการ/กิจกรรม

ภาษาไทย :

ต้นแบบการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในรายวิชาปฏิบัติการด้วยวิธีออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยพะเยา

ภาษาอังกฤษ :

The Optimal Parameters Setting of Machine to Reduce Electrical Energy using Design of Experiment: A Case Study of Industrial Engineering Laboratory, University of Phayao

2. ส่งการในกลุ่มตัวชี้วัด

☑ กลุ่ม A โครงการที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอันดับของมหาวิทยาลัยพะเยาอยู่ในระดับสูง
ตัวชี้วัดโครงการ “พลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ”
ตัวชี้วัดโครงการ “การศึกษา กิจกรรมการมีส่วนร่วม และงานวิจัย”

☐ กลุ่ม B โครงการที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอันดับของมหาวิทยาลัยพะเยาอยู่ในระดับปานกลาง
ตัวชี้วัดโครงการ “การจัดการของเสีย”
ตัวชี้วัดโครงการ “การบริหารจัดการน้ำ”

☐ กลุ่ม C โครงการที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอันดับของมหาวิทยาลัยพะเยาอยู่ในระดับมาตรฐาน
ตัวชี้วัดโครงการ “การตั้งค่าและโครงสร้างพื้นฐาน”
ตัวชี้วัดโครงการ “การจัดการขนส่ง”

3. ความสอดคล้องกับตัวชี้วัดของ UI Green metric (2022)

ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

3.1 การตั้งระบบและโครงสร้างพื้นฐาน

☐ อัตราส่วนของพื้นที่ที่เปิดใช้ต่อพื้นที่ทั้งหมดของมหาวิทยาลัย
☐ พื้นที่ทั้งหมดของมหาวิทยาลัยที่เป็นพื้นที่ป่าไม้
☐ พื้นที่ทั้งหมดของมหาวิทยาลัยที่เป็นพื้นที่สวนหย่อม
☐ พื้นที่ทั้งหมดของมหาวิทยาลัยที่เป็นพื้นที่ชับน้ำนอกเหนือจากพื้นที่ป่าไม้และสวนหย่อม
☐ การดำเนินงานและบำรุงรักษาอาคารสำนักงานและอาคารเรียน
☐ สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้ทุพพลภาพ ผู้ที่มีความต้องการพิเศษ และ/หรือผู้ตั้งครรภ์

☐ สิ่งอำนวยความสะดวกด้านความปลอดภัย

☐ สิ่งอำนวยความสะดวกด้านสุขภาพสำหรับอาจารย์ บุคลากร และนิสิต

☐ การอนุรักษ์พันธุ์พืช สัตว์ และทรัพยากรทางพันธุกรรมสำหรับอาหารและการเกษตรที่มีความปลอดภัยระยะกลางหรือระยะยาว

3.2 พลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

☐ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงาน

☐ การพัฒนาอาคารเป็นอาคารอัจฉริยะ

☐ พลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทนในมหาวิทยาลัย

☐ การดำเนินนโยบายและปรับปรุงอาคารให้เข้าองค์ประกอบอาคารสีเขียว

☑ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

☐ ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของมหาวิทยาลัย

☑ นวัตกรรมด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

☐ โครงการที่มีผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3.3 การจัดการของเสีย

☐ การรีไซเคิลขยะและนำกลับมาใช้ใหม่

☐ การลดการใช้กระดาษและพลาสติกในมหาวิทยาลัย

☐ การจัดการของเสียประเภทอินทรีย์ (เศษอาหาร ใบไม้)

☐ การจัดการของเสียประเภทกระดาษที่ใช้แล้ว, พลาสติก, โลหะ, ขยะอิเล็กทรอนิกส์

☐ การจัดการของเสียประเภทสารเคมีอันตราย

☐ การจัดการน้ำเสียภายในอาคาร

3.4 การบริหารจัดการน้ำ

☐ การประหยัดน้ำและการนำน้ำไปใช้อย่างรู้คุณค่า

☐ การรีไซเคิลและการนำน้ำกลับมาใช้

☐ การใช้อุปกรณ์และสุขภัณฑ์ที่ประหยัดน้ำ

☐ การใช้ประโยชน์จากน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว

☐ การควบคุมมลพิษจากการปล่อยน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัย

3.5 การจัดการขนส่ง

☐ นโยบายยานพาหนะปลอดมลพิษ (Zero-Emission Vehicles) ในมหาวิทยาลัย

☐ การจัดการพื้นที่จอดรถและลดพื้นที่จอดรถในอาคารและสำนักงาน

☐ การลดยานพาหนะส่วนตัวภายในมหาวิทยาลัย

☐ สิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อเอื้อในการสนับสนุนทางเดินสำหรับบุคลากร

3.6 การศึกษา กิจกรรมการมีส่วนร่วม และงานวิจัย

☐ การจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน สิ่งแวดล้อม และความยั่งยืน

☐ การจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมของประเทศและท้องถิ่น

☐ การบริการชุมชนอย่างยั่งยืนของนิสิต

☐ กิจกรรม Startup ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน สิ่งแวดล้อม และความยั่งยืน

4. ความสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs Goal)

ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

☐ 1. ขจัดความยากจน (No Poverty)

☐ 2. ขจัดความอดยากสร้างความมั่นคงทางอาหาร (Zero Hunger)

☐ 3. ส่งเสริมความเป็นอยู่ที่ดีของทุกคน (Good Health and Well-Being)

☐ 4. ส่งเสริมโอกาสในการเรียนรู้ (Quality Education)

☐ 5. สร้างความเท่าเทียมทางเพศสตรีและเด็กหญิงทุกคน (Gender Equality)

☐ 6. จัดการน้ำอย่างยั่งยืนและพร้อมใช้สำหรับทุกคน (Clean Water and Sanitation)

☑ 7. ให้ทุกคนเข้าถึงพลังงานที่ยั่งยืนได้ตามกำลังของตน (Affordable and Clean Energy)

☐ 8. ส่งเสริมการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (Decent Work and Economic Growth)

☑ 9. ส่งเสริมอุตสาหกรรมที่ยั่งยืนและนวัตกรรม (Industry, Innovation and Infrastructure)

☐ 10. ลดความเหลื่อมล้ำทั้งภายในและระหว่างประเทศ (Reduced Inequalities)

☐ 11. สร้างเมืองและการตั้งถิ่นฐานที่ปลอดภัย (Sustainable Cities and Communities)

☐ 12. สร้างรูปแบบการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน (Responsible Consumption and Production)

☑ 13. ดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพื่อแก้ปัญหาโลกร้อน (Climate Action)

☐ 14. อนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางทะเลอย่างยั่งยืน (Life Below Water)

☐ 15. ส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่ยั่งยืนของระบบนิเวศทางบก (Life on Land)

☐ 16. ส่งเสริมสันติภาพและการเข้าถึงระบบยุติธรรมอย่างเท่าเทียม (Peace, Justice and Strong Institutions)

☐ 17. สร้างความร่วมมือระดับสากลต่อการพัฒนา (Partnerships for The Goals)

5. ผู้รับผิดชอบโครงการ

5.1 ผู้รับผิดชอบโครงการ ผศ.ดร.เอราวิล ถาวร

5.2 ผู้ร่วมดำเนินโครงการ

ดร.ทรงพล ผัดวงศ์ ตำแหน่ง ครู

นายปิยะพงษ์ ยารวง ตำแหน่ง ครู

นายอนุกูล สุริยะไชย ตำแหน่ง ครู

5.3 หน่วยงานที่รับผิดชอบ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

5.4 หน่วยงานร่วมดำเนินโครงการ

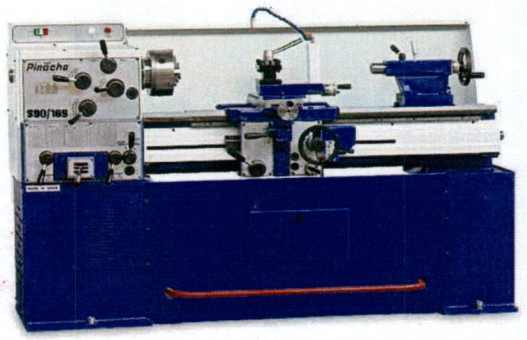
☐ ภายในมหาวิทยาลัย (คณะ หรือวิทยาลัย หรือกอง หรือศูนย์).....

☐ ภายนอกมหาวิทยาลัย (ชุมชน หรือภาครัฐ หรือภาคเอกชน หรือหน่วยงานวิชาชีพ).....

6. ความเป็นมา/ หลักการและเหตุผล/ ความสำคัญของปัญหา

สถาณการณ์การปล่อย CO_2 ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากการขยายตัวของเศรษฐกิจไทยหลังสถานการณ์โควิท 19 ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและภาวะโลกร้อนที่มากขึ้น อย่างไรก็ตาม หลายหน่วยงานประประเทศไทยได้รณรงค์และส่งเสริมให้ลดการปล่อย CO_2 มากขึ้น โดยการลดการใช้ไฟฟ้าก็เป็นอีกหนึ่งกิจกรรมที่ทุกคนสามารถร่วมกันได้

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการลดการใช้ไฟฟ้า โดยเน้นไปที่รายวิชาปฏิบัติการที่มีการใช้เครื่องจักรทางอุตสาหกรรมหนัก โดยสาขาวิชาฯ ได้เลือกรายวิชา 264101 เครื่องมือพื้นฐานทางวิศวกรรมและการใช้งาน (Engineering Tool and Operation) เป็นกรณีศึกษา ซึ่งวิชานี้ได้เปิดให้ลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 2 แต่ละปีการศึกษา และนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนประมาณกว่า 200 คน ลักษณะของการเรียนรายวิชานี้คือสอนให้นิสิตใช้เครื่องมือและเครื่องจักรอุตสาหกรรมพื้นฐาน โดยการกลึง (Lath) เป็นปฏิบัติการหนึ่งของรายวิชาดังกล่าวที่ใช้เครื่องจักรอุตสาหกรรมที่เรียกว่า “เครื่องกลึง (Lath Machine)” แสดงดังภาพที่ 1 ตัดเฉือนโลหะทรงกระบอกให้มีขนาดและความเรียบตามข้อกำหนด



ภาพที่ 1 เครื่องกลึงที่ใช้ในการเรียนการสอน

จากการเก็บข้อมูลปัจจุบันพบว่า เครื่องจักรดังกล่าวใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 337.5 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 715 วัตต์ หรือใช้พลังงานไฟฟ้า 241.31 กิโลวัตต์*ชั่วโมง (kWh) ถ้าคิดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ 1,206.56 บาท โดยโรงปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยพะเยา มีเครื่องกลึง 10 เครื่อง ดังนั้นค่าไฟฟ้ารวมเท่ากับ 12,065.62 บาทต่อภาคการศึกษา จากข้อมูลดังกล่าวเห็นได้ว่า กลุ่มเครื่องกลึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ดังนั้น สาขาวิศวกรรมอุตสาหการจึงมีความประสงค์ที่จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการปรับตั้งค่าเงื่อนไขการตัดเฉือนโลหะของเครื่องกลึงให้เหมาะสม อย่างไรก็ตาม การปรับค่าดังกล่าวต้องคำนึงถึงลักษณะทางคุณภาพ (Quality Characteristics) ที่สำคัญของการกลึง ความหยาบผิวของโลหะ (Roughness Surface) เนื่องจากชิ้นงานที่มีคุณภาพผิวงานที่ดี จะส่งผลต่อความสวยงามเมื่อมีการประกอบชิ้นส่วน และส่งผลต่อความเสียดทานเมื่อต้องการให้มีการเคลื่อนที่ของชิ้นงานส่วนที่สัมผัสกัน งานวิจัยนี้จะวัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Roughness Average : Ra) ยิ่งมีค่าต่ำแสดงว่าผิวมีความหยาบน้อย (เรียบ) โดยข้อกำหนดเฉพาะของชิ้นงานในงานวิจัยนี้มีค่าไม่เกิน 3.2 ไมโครเมตร

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) กรณีแผนการทดลองแบบ 3^k แฟคทอเรียล (3^k Factorial Design) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กำหนดค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำสุด และความหยาบผิวต่ำสุด โดยเงื่อนไขการตัดเฉือนโลหะที่ศึกษาในงานวิจัยนี้คือ ความเร็วรอบ (Spindle Speed) อัตราป้อน (Feed Rate) และระยะป้อนลึก (Depth of Cut) ซึ่งปัจจุบันได้ตั้งค่าดังนี้ ความเร็วรอบเท่ากับ 360 รอบต่อนาที อัตราป้อนเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ และระยะป้อนลึกเท่ากับ 0.5 มิลิเมตร

งานวิจัยนี้หวังว่าจะเป็นต้นแบบให้ปฏิบัติการอื่นนำไปใช้เป็น**แนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยไม่ต้องลงทุนซื้ออุปกรณ์อื่นมาช่วย** เพียงแค่ปรับตั้งค่าพารามิเตอร์การใช้เครื่องมือ เครื่องจักรให้เหมาะสม ผ่านการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ด้วยกลวิธีทางสถิติ โดยการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้ลดการปล่อย CO_2 ส่งผลให้ช่วยบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้ ดังนั้นวิธีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้เสนอนี้จึงเป็นโครงการที่สอดคล้องกับกลุ่ม A ตัวชี้วัดที่ 2 พลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีรายละเอียดตัวชี้วัดคือ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และนวัตกรรมด้านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การดำเนินงานวิจัยนี้ได้เกิดจากการมีส่วนร่วมของทุกฝ่ายของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ตั้งแต่ 1) ผู้บริหารที่มีนโยบายลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายใต้กิจกรรมสำนักงานสีเขียว (Green Office) 2) คณาจารย์และครูปฏิบัติการที่สอนวิชาปฏิบัติการได้ระดมความคิดเพื่อหาวิธีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และหาวิธีแก้ไข แสดงดังภาพที่ 2 3) นิสิต ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยนี้ โดยทำหน้าที่ทดลองและบันทึกผล ทำให้นิสิตได้เข้าใจถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยและสามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้ในการดำเนินโครงงานทางวิศวกรรมของตนเองได้ แสดงดังภาพที่ 3

ภาพที่ 2 การมีส่วนร่วมของคณาจารย์และครูปฏิบัติการในงานวิจัยนี้

ภาพที่ 3 การมีส่วนร่วมของนิสิตในงานวิจัยนี้

มากไปกว่านั้น **โครงการนี้ยังสามารถสร้างการรับรู้เรื่องกิจกรรมการลดการใช้ไฟฟ้าในคณะวิศวกรรมศาสตร์**ในรูปแบบบทความอธิบายขั้นตอนการและผลการดำเนินการเพื่อให้ผู้ที่สนใจนำไปปฏิบัติได้ผ่านเวปไซต์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์และเฟศบุคของคณะวิศวกรรมศาสตร์ นอกจากนี้ยังต่อยอดไปถึง**การพัฒนาทางด้านกายภาพการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ** กล่าวคือ เมื่อได้ค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการกลึงแล้วจะนำไปกำหนดเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานซึ่งผนวกเรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติการเข้าไปด้วย เช่น อุปกรณ์ป้องกัน สภาพแวดล้อมการทำงานที่เหมาะสม ข้อควรระวังการใช้งานเครื่องจักร รวมถึงกำหนดอัตราส่วนนิสิตต่อพื้นที่การเรียนให้เหมาะสม

7. วัตถุประสงค์ของโครงการ

7.1 ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการปรับตั้งค่าเงื่อนไขการตัดเฉือนโลหะของเครื่องกลึงให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงคุณภาพของผิวชิ้นงานร่วมด้วย

7.2 เป็นต้นแบบของการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าอีกวิธีหนึ่ง

8. ตัวชี้วัด ผลลัพธ์

ระบุตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการในผลลัพธ์ (ถ้ามี) ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

8.1 ตัวชี้วัด

วัตถุประสงค์ข้อที่	ลำดับ	ชื่อตัวชี้วัด
7.1	1	ค่าเงื่อนไขการตัดเฉือนที่เหมาะสมที่ทำให้การบริโภคพลังงานไฟฟ้าลดลงและรักษาระดับคุณภาพของผิวชิ้นงาน
7.2	2	มาตรฐานการตั้งค่าเงื่อนไขการตัดเฉือนสำหรับการเรียนภาคปฏิบัติการกลึง

8.2 ผลลัพธ์ (outcome/ Impact) : เชิงคุณภาพ (ระบุเป็นข้อ ๆ)

1) ผลลัพธ์ (outcome/ Impact) **ระยะสั้น**

วัตถุประสงค์ข้อที่	ลำดับ	ผลลัพธ์ระยะสั้น
7.1	1	ค่าเงื่อนไขการตัดเฉือนที่เหมาะสมที่ทำให้การบริโภคพลังงานไฟฟ้าลดลงและรักษาระดับคุณภาพของผิวชิ้นงาน
7.2	2	มาตรฐานการตั้งค่าเงื่อนไขการตัดเฉือนสำหรับการเรียนภาคปฏิบัติการกลึง

2) ผลลัพธ์ (outcome/ Impact) **ระยะกลาง**

วัตถุประสงค์ข้อที่	ลำดับ	ผลลัพธ์ระยะกลาง
7.1	1.	ลดค่าไฟฟ้าในรายวิชาปฏิบัติการ
7.2	2.	ใช้เครื่องกลึงได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

3) ผลลัพธ์ (outcome/ Impact) **ระยะยาว**

วัตถุประสงค์ข้อที่	ลำดับ	ผลลัพธ์ระยะยาว
7.1	1.	ลดการปล่อย CO_2
7.2	2.	ใช้งานเครื่องกลึงได้ยาวนานขึ้นและลดการเกิดอุบัติเหตุ

9. ผลผลิต (Output)

ประเภท	ชื่อผลผลิต	ปริมาณ	รายละเอียด
เชิงปริมาณ	1. จำนวนผู้เข้าร่วมโครงการ		
	1.1 จำนวนนิสิตที่เข้าร่วม	6 คน	
	1.2 จำนวนบุคลากรภายในที่เข้าร่วม	10 คน	
	1.3 จำนวนบุคลากรภายนอกที่เข้าร่วม	1 คน	ผู้เชี่ยวชาญการตรวจวัดไฟฟ้าจาก บริษัท ไอซีเอ็ม อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด
	2. จำนวนการจัดกิจกรรมโครงการ	1 ครั้ง	
	3. อื่น ๆ.....	.....	
เชิงคุณภาพ	ร้อยละของโครงการที่บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ของโครงการ	ร้อยละ 100	
เชิงเวลา	ร้อยละของการดำเนินงานตามระยะเวลาที่กำหนด	ร้อยละ 100	

เชิงต้นทุน	ค่าใช้จ่ายของโครงการตามงบประมาณที่ได้รับการจัดสรร (งบดำเนินการ)	- บาท	

10. วิธีดำเนินการโครงการ/กิจกรรม

ขั้นตอนการวางแผน (Planning; P)

1. ศึกษาปัญหาและเก็บข้อมูล

ปัญหาของโครงการนี้คือ ปฏิบัติการกลึงโลหะ รายวิชา 264101 เครื่องมือพื้นฐานทางวิศวกรรมและการใช้งานใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการปรับตั้งค่าเงื่อนไขการตัดเฉือนโลหะของเครื่องกลึงให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงลักษณะทางคุณภาพที่สำคัญของการกลึงโลหะคือ "ความหยาบผิว"

จากนั้นได้เก็บข้อมูลการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง โดยใช้เงื่อนไขการตัดเฉือนปัจจุบัน (ความเร็วรอบเท่ากับ 360 รอบต่อนาที อัตราป้อนเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ และระยะป้อนลึกเท่ากับ 0.5 มิลิเมตร) ทั้งนี้ก็เพื่อนำไปเป็นตัวเปรียบเทียบความสำเร็จของการทดลอง ผู้วิจัยได้กำหนดให้กลึงชิ้นงานผิวสำเร็จ (Finish Rough) หรือการกลึงชิ้นงานรอบสุดท้ายให้เรียบที่สุด (ความหยาบผิวต่ำ) กำหนดระยะการกลึงเท่ากับ 5 เซนติเมตร

ข้อมูลที่เก็บเพื่อนำไปวิเคราะห์คือ 1) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในการกลึงชิ้นงาน โดยกำหนดให้มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-วินาที (kW-s) เนื่องจาก การทดลองใช้ระยะเวลาสั้น ทำให้การแปลงข้อมูลเวลาจากวินาทีเป็นชั่วโมงมีค่าจุดทศนิยมมากส่งผลให้การคำนวณผิดพลาดได้ และ 2) ความหยาบผิวเฉลี่ย (Roughness Average : Ra) มีหน่วยเป็นไมโครเมตร (μm)

จากการเก็บข้อมูลก่อนการทดลองพบว่า เมื่อกำหนดเงื่อนไขการตัดเฉือนปัจจุบัน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 72.65 และ 2.94 กิโลวัตต์-วินาที ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหยาบผิวเท่ากับ 3.33 และ 0.92 ไมโครเมตร ตามลำดับ

2. ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากปัญหาที่ดังกล่าว ผู้ดำเนินโครงการได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จาตุรนต์และณฐา (2554) เฉลิมพล (2550) นวรัตน์ (2548) Aggarwal *et. al.* (2008) Bouacha *et. al.* (2010) Lalwani *et. al.* (2008) และ Erawin and Prapaisri (2011)

3. ศึกษากระบวนการกลึงโลหะเกรด SCM 415 ด้วยเครื่องกลึง

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาและเรียนรู้การใช้งานของเครื่องกลึง Pinacho SP/165 ที่มีอยู่ในอาคารปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

4. ออกแบบการทดลอง

การศึกษาเพื่อกำหนดเงื่อนไขการตัดสำหรับกระบวนการกลึงโลหะ เกรด SCM 415 ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองกรณี 3^k แฟคทอเรียลโดยมีการออกแบบแผนการทดลอง โดยผู้ดำเนินโครงการได้นำเทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล มาช่วยกำหนดเงื่อนไขการตัดเฉือนที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถศึกษาปัจจัยได้หลายปัจจัยพร้อมกันและใช้ในการศึกษาผลกระทบหลักและร่วมระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนอง ทั้งนี้ตัวแปรตอบสนองที่ศึกษา คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์*วินาที) และความหยาบผิว (ไมโครเมตร)

สำหรับปัจจัยหรือเงื่อนไขการตัดเฉือนที่ใช้ในการทดลอง มีอยู่ 3 ปัจจัยคือ ความเร็วรอบ อัตราป้อน และระยะป้อนลึก ซึ่งอ้างอิงมาจากงานวิจัยที่ได้กล่าวไป โดยงานวิจัยนี้กำหนดให้แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ แสดงดังตารางที่ 1 ดังนั้นแผนการทดลองนี้มีจำนวนการทดลองเท่ากับ $3^3 = 27$ ครั้ง แต่ละแผนการทดลองมีการทำซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการทดลอง รวมจำนวนการทดลองทั้งหมด 54 ครั้ง

ตารางที่ 1 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย			หน่วย
	(−1)	(0)	(+1)	
A: ความเร็วรอบ	140	360	860	รอบต่อนาที
B: อัตราป้อน	0.05	0.25	0.5	มิลลิเมตรต่อรอบ
C: ระยะป้อนลึก	0.25	0.5	1	มิลลิเมตร

ขั้นตอนการดำเนินการ (Do; D)

5. ทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้

ผู้ดำเนินโครงการได้นำโลหะเกรด SCM 415 เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร มาทำการตัดแบ่งให้มีความยาวเท่ากับ 20 เซนติเมตร และทำการกลึงตามแผนการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งแต่ละชิ้นงานกำหนดให้กลึงผิวสำเร็จ และกำหนดระยะการกลึงเท่ากับ 5 เซนติเมตร โดยการกลึงจะเปิดน้ำหล่อเย็นและเปลี่ยนมีดตัดใหม่ทุกชิ้นงานเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากความสึกหรอของมีดตัด สำหรับการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าผู้วิจัยได้ใช้มิเตอร์วัดไฟฟ้ามาตรฐานจากบริษัท ไอซีเอ็ม อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด และข้อมูลความหยาบผิวใช้เครื่องวัดความหยาบผิว Surface Finish Tester CV-R 190

6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากทดลองแล้วเสร็จตามแผนการทดลองจำนวน 54 ครั้ง ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ "มินิแทป (Minitab)" เพื่อหา 1.) ปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองทั้งสอง 2.) ค่าเงื่อนไขการตัดที่เหมาะสม และ 3.) ตัวแบบสมการพยากรณ์ของตัวแปรตอบสนองทั้งสอง งานวิจัยนี้ได้กำหนดระดับนัยสำคัญการทดสอบที่ 0.05 ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

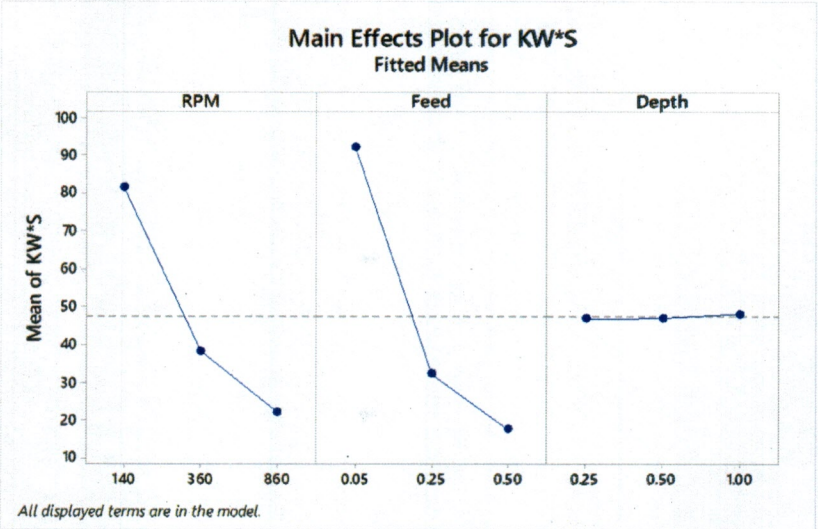
จากการตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ปัจจัยหลัก (Main Factor) ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญคือ ความเร็วรอบและอัตราการป้อน สำหรับปัจจัยร่วม (Interaction Factor) ที่ส่งผลคือ ความเร็วรอบและอัตราการป้อน โดยสอดคล้องกับกราฟผลกระทบหลักและปัจจัยร่วมแสดงดังภาพที่ 3 และ 4 ตามลำดับ สำหรับปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความหยาบผิวคืออัตราการป้อนเพียงอย่างเดียว การวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงดังตารางที่ 3 โดยสอดคล้องกับกราฟผลกระทบลักและปัจจัยร่วมแสดงดังภาพที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนอง "การใช้พลังงานไฟฟ้า"

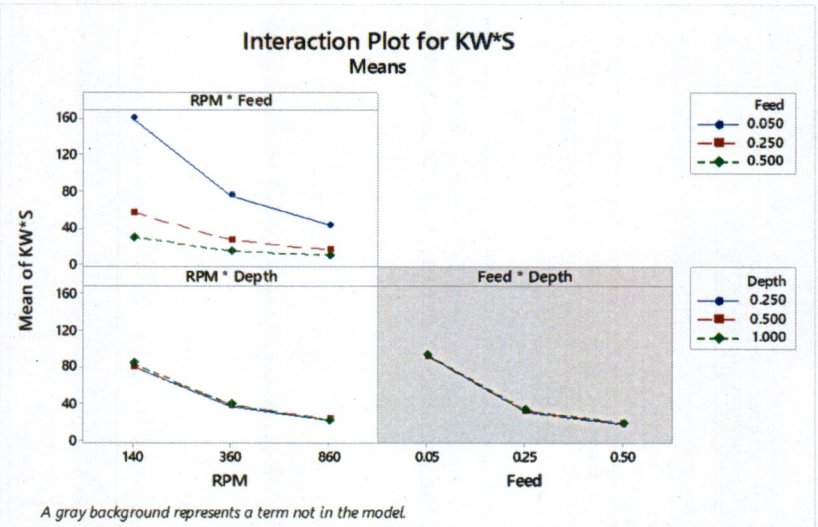
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	26	107056	4117.6	696.67	0
Linear	6	90403	15067.1	2549.29	0
RPM	2	34147	17073.7	2888.8	0
Feed	2	56241	28120.5	4757.85	0
Depth	2	14	7.1	1.21	0.315
2-Way Interactions	12	16642	1386.8	234.65	0
RPM*Feed	4	16606	4151.4	702.4	0
RPM*Depth	4	35	8.8	1.49	0.233
Feed*Depth	4	1	0.3	0.06	0.994
3-Way Interactions	8	11	1.4	0.24	0.979
RPM*Feed*Depth	8	11	1.4	0.24	0.979
Error	27	160	5.9		
Total	53	107216			

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนอง "ความหยาบผิว"

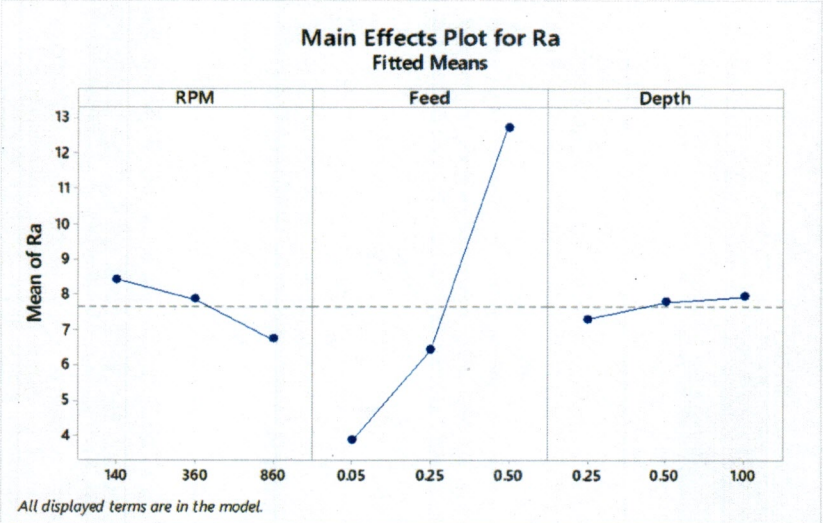
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	26	862.5	33.173	5.79	0
Linear	6	788.32	131.386	22.91	0
RPM	2	26.62	13.31	2.32	0.117
Feed	2	757.61	378.806	66.06	0
Depth	2	4.09	2.043	0.36	0.704
2-Way Interactions	12	38.25	3.188	0.56	0.857
RPM*Feed	4	10.95	2.738	0.48	0.752
RPM*Depth	4	7.86	1.966	0.34	0.847
Feed*Depth	4	19.44	4.86	0.85	0.508
3-Way Interactions	8	35.93	4.491	0.78	0.621
RPM*Feed*Depth	8	35.93	4.491	0.78	0.621
Error	27	154.82	5.734		
Total	53	1017.32			



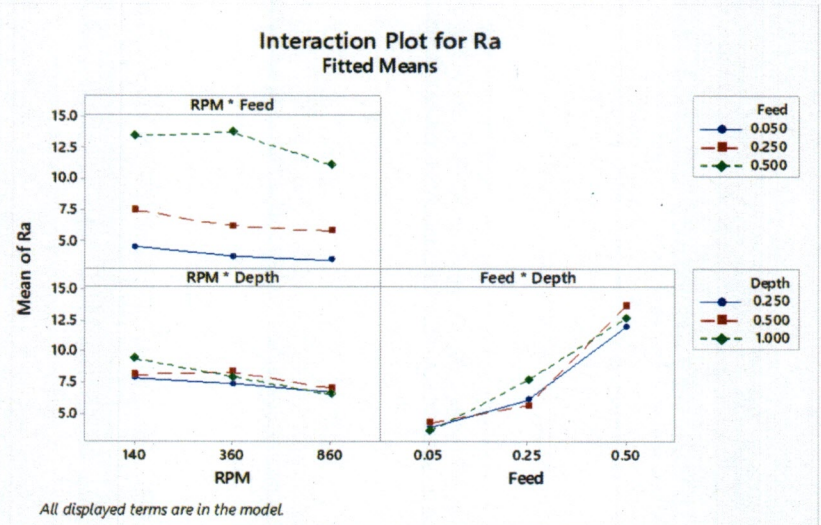
ภาพที่ 3 กราฟผลกระทบหลักของตัวแปรตอบสนอง “การใช้พลังงานไฟฟ้า”



ภาพที่ 4 กราฟผลกระทบร่วมของตัวแปรตอบสนอง “การใช้พลังงานไฟฟ้า”

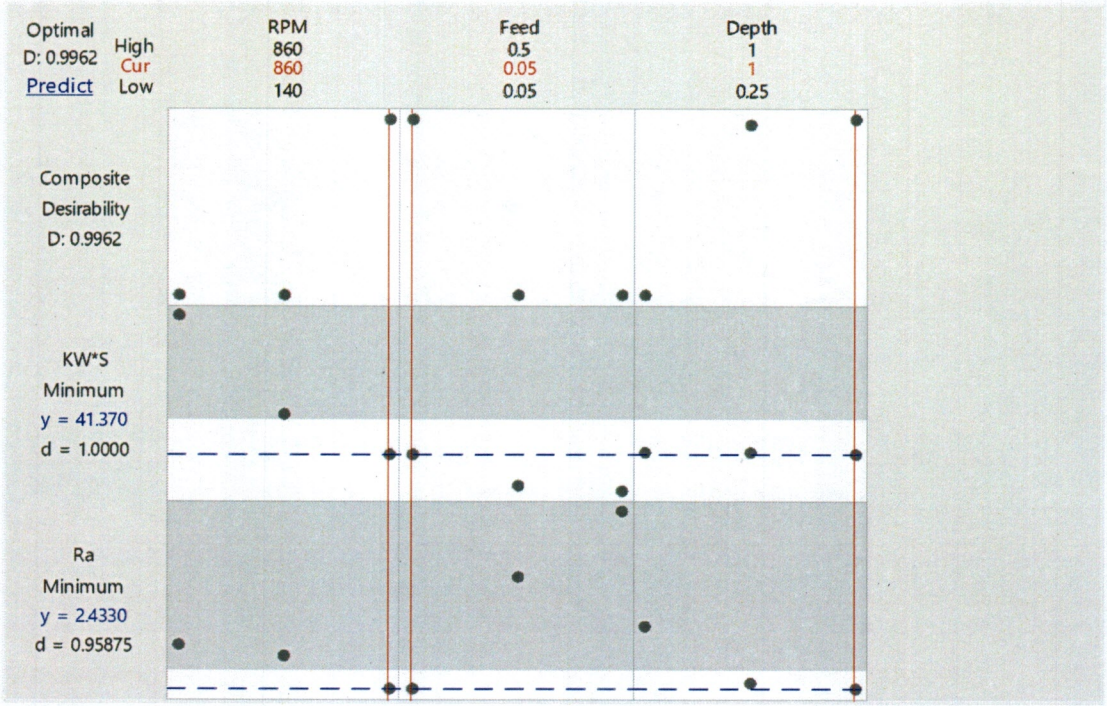


ภาพที่ 5 กราฟผลกระทบหลักของตัวแปรตอบสนอง “ความหยาบผิว”



ภาพที่ 6 กราฟผลกระทบร่วมของตัวแปรตอบสนอง “ความหยาบผิว”

จากนั้นผู้ดำเนินโครงการจึงได้นำผลการวิเคราะห์ไปหาค่าเงื่อนไขการตัดที่เหมาะสมด้วยฟังก์ชั่น Response Optimizer ซึ่งอยู่ในโปรแกรม Minitab โดยกำหนดให้เป้าหมายของตัวแปรตอบสนองทั้งสองมีค่าต่ำที่สุด ผลการหาค่าพบว่า ความเร็วรอบเท่ากับ 860 รอบต่อนาที และ อัตราป้อนเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัดเท่ากับ 1 มิลลิเมตร จะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 41.37 กิโลวัตต์-วินาที และความหยาบผิวเท่ากับ 2.43 ไมโครเมตร โดยมีค่าความพึงพอใจรวม (Composite Desirability; D) เท่ากับ 0.9962 รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลการหาค่าเงื่อนไขการตัดที่เหมาะสมด้วยฟังก์ชั่น Response Optimizer

หลังจากได้เงื่อนไขการตัดที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้สร้าง ตัวแบบสมการถดถอย (Regression Model) ขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับการพยากรณ์ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าและความหยาบผิว โดยใช้วิธี Stepwise Selection กำหนด α to enter และ remove เท่ากับ 0.15 โดยทั้งสองสมการแสดงดังนี้

$$\text{Energy Consumption} = 123.97 - 0.0741\text{RPM} - 161.4\text{Feed} \quad (1)$$

$$\text{Roughness Surface} = 3.396 - 0.00233\text{RPM} + 20.04\text{Feed} \quad (2)$$

จากสมการที่ 1 และ 2 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับค่าแล้ว (R^2_{adj}) มีค่าเท่ากับ 0.6833 และ 0.7384 ตามลำดับหมายความว่า สมการสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้าและความหยาบผิวได้เท่ากับ 68.33 และ 73.84% ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวถือเป็นค่าที่สามารถนำสมการไปใช้พยาการณ์ตัวแปรตอบสนองทั้งสองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการตรวจสอบ (Check; C)

7. การยืนยันผลการทดลอง

ผู้ดำเนินโครงการได้นำระดับปัจจัยที่ได้จากฟังก์ชัน Response Optimizer ไปทดลองซ้ำจำนวน 10 ครั้ง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองก่อนปรับปรุง โดยสรุปข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 4 ดำเนินโครงการได้ใช้การเปรียบเทียบทางสถิติด้วยวิธีการทดสอบสมติฐานแบบ Pair-t โดยกำหนดระดับนัยสำคัญการทดสอบที่ 0.05 ผลการเปรียบเทียบพบว่า **เงื่อนไขการตัดหลังการปรับปรุงทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าและความหยาบผิวมีค่าน้อยกว่าก่อนปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ** แสดงดังภาพที่ 8

ตารางที่ 4 ข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง

ตัวแปรตอบสนอง	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง		
	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนฯ	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนฯ
การใช้พลังงานไฟฟ้า	10	72.65	2.94	10	43.73	2.27
ความหยาบผิว	10	3.33	0.92	10	2.70	0.39

Paired T-Test and CI: A-Ra, B-Ra

Test

Null hypothesis H_0: μ_difference = 0
Alternative hypothesis H_1: μ_difference < 0

T-Value	P-Value
-2.24	0.026

Paired T-Test and CI: A-KW*S, B-KW*S

Test

Null hypothesis H_0: μ_difference = 0
Alternative hypothesis H_1: μ_difference < 0

T-Value	P-Value
-29.13	0.000

ภาพที่ 7 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลการก่อนและหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนการแก้ไข/ปรับปรุง/กำหนดมาตรฐาน (Action; A)

8. สรุปผลการทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการยืนยันผลการทดลองและคำนวณค่าสถิติต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน และนำผลที่ได้จากการทดลองมากำหนดเป็นมาตรฐานการดำเนินการต่อไป

11. สถานที่ดำเนินกิจกรรมโครงการ

อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

12. ระยะเวลาการดำเนินงานโครงการ/กิจกรรม

ระยะเวลาโครงการ .....-.... ปี .....4.... เดือน

วันที่เริ่มต้น 1 มกราคม 2566 วันที่สิ้นสุด 30 เมษายน 2566

13. ผลการดำเนินโครงการ

ผลลัพธ์ (outcome/Impact) ของโครงการนี้ อาจจะนำไปใช้/พัฒนาต่อได้

โครงการนี้มีเป้าหมายคือ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการปรับตั้งค่าเงื่อนไขการตัดเฉือนโลหะของเครื่องกลึงให้เหมาะสมโดยประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ 3 ประเด็น คือ

1.) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าคือ ความเร็วรอบและอัตราการป้อน สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อความหยาบผิวคือ อัตราการป้อน
2.) เงื่อนไขการตัดเฉือนโลหะที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบเท่ากับ 860 รอบต่อนาที และ อัตราป้อนเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ และ ความลึกตัดเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ส่งผลให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก 72.65 เหลือ 43.74 กิโลวัตต์-วินาที หรือคิดเป็น 39.79% มากไปกว่านั้นยังทำให้คุณภาพผิวชิ้นงานมีคุณภาพมากขึ้น โดยค่าความหยาบผิวลดลงจาก 3.33 เหลือ 2.70 ไมโครเมตร หรือคิดเป็น 18.92% และเมื่อคิดเป็นมูลค่าการลดไฟฟ้าได้เท่ากับ 4,800 บาทต่อภาคการศึกษา
3.) ตัวแบบสมการถดถอยของการใช้พลังงานไฟฟ้าและความหยาบผิวชิ้นงานแสดงดังสมการที่ 1 และ 2 มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้ โดยสมการดังกล่าวสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานไฟฟ้าและความหยาบผิวเท่ากับ 68.33 และ 73.84% ตามลำดับ

จากผลการดำเนินโครงการครั้งนี้สามารถนำเอาไปเป็นต้นแบบการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้โดยการเลือกปรับพารามิเตอร์ของเครื่องมือหรือเครื่องจักรให้เหมาะสม ซึ่งถือเป็นสิ่งแรกที่ควรปฏิบัติก่อนตัดสินใจติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดไฟ

ลงชื่อ .....หัวหน้าโครงการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอราวิล ถาวร)
วันที่ 30 เดือน พ.ค. พ.ศ. 66

ลงชื่อ .....คณบดี/ผู้อำนวยการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ ดัวรงวิวิยะนุภาพ)
ตำแหน่ง คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 31 พ.ค. 2566 เดือน ..... พ.ศ. .....

ผู้ประสานงานโครงการ
ดร.ปรัชญ์ ปิงเมืองเหล็ก
หัวหน้างานสิ่งแวดล้อม กองอาคารสถานที่
มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา 56000
โทรศัพท์ 054 466 666 ต่อ 1063 หรือโทรศัพท์มือถือ 091 858 8806 โทรสาร 054 466 490
Email: prus.pi@up.ac.th
ออกแบบแบบฟอร์มโดย กองอาคารสถานที่ งานสิ่งแวดล้อม (ดร.ปรัชญ์ ปิงเมืองเหล็ก)