การศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน*

STUDY OF THE CAUSES OF PROBLEM AND THE NEEDS OF KNOWING THE REDUCED LIFE TIME OF BEARING

อธิรัช ลี้ตระกูล
Athiratch Leetrakool
เที่ยงธรรม สิทธิจันทเสน
Teangtaum Sittichantasen
อัษฎา วรรณกายนต์
Asada Wannakayont
นิคม ลนขุดทด
Nikom Lonkunthos
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Surindra Rajabhat University, Thailand
E-mail: athiratch7743@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้เป็นวิจัยเชิงคุณภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ประกอบการ พนักงานผู้ผลิตเครื่องจักรกล อาจารย์ และนักศึกษาสาขาวิชาทางด้านเครื่องจักรกล จำนวน 9 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์ ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสอบถาม และสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสรุปเพื่อนำไปประชุมสนทนากลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในแนวทางที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืนซึ่งกันและกันอย่างเป็นระบบร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการทำงานเกี่ยวกับสาขาด้านเครื่องจักรกลต่าง ๆ เพื่อนำสาเหตุของปัญหาและประเด็นความต้องการมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการวิจัยคือค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลง ในภาพรวมพบว่า อยู่ในระดับที่มีปัญหามาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.72 และความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืนในภาพรวม

* Received 23 June 2020; Revised 26 September 2020; Accepted 16 October 2020

พบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.62 ถ้าทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืนที่แท้จริง จะทำให้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการติดตั้ง และการทำงานเพื่อไม่ให้เกิดการสึกหรอหรือความเสียหายบนเครื่องจักร
คำสำคัญ: สาเหตุปัญหา, อายุการใช้งานที่ลดลง, ตลับลูกปืน

Abstract

The research article were the qualitative research, aiming to study the causes of problem and the needs of knowing the reduced life time of bearings. The samples used in this research were entrepreneurs, employees who manufacture machinery, lecturers and students in Mechanical Program, totally 9 persons. The research tools were questionnaire and interview form. We conducted the research process by collecting the data from questionnaire and interviewing the sampling group. After that, the collected data were concluded for group discussion in order to exchange ideas systematically with the experts of machinery, and then analyzed for investigating the causes of problem and the needs of knowing the reduced life time of bearing. The statistics used in this research were mean and standard deviation. The research results found that the causes of problem were overall the mismatched installation at high level with mean = 4.31 and standard deviation = 0.72. Besides, the needs of knowing the reduced life time of bearing were overall found in the highest level with mean = 4.63 and standard deviation = 0.62. If the true life time of bearing was known, it could be used in planning of installation and working for preventing smooth surface damage or machinery damage.
Keywords: Cause of Problem, Reduced Life Time, Bearing

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีชื่อเสียงในการผลิตชิ้นส่วนชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นที่ยอมรับในวงการอุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่จะยึดประเทศไทยเป็นศูนย์กลางในการตั้งโรงงานอุตสาหกรรม ในการผลิตสินค้าทางด้านอุตสาหกรรม ควบคู่ไปกับการใช้เทคโนโลยีทางด้านเครื่องจักร ซึ่งมีความสัมพันธ์กันตามหลัก 4M ได้แก่ 1) คน (Man) 2) เงิน (Money) 3) วัสดุ (Material) และ 4) วิธีการปฏิบัติงาน (Method) 4M เป็นปัจจัยหลักในการผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองและรองรับอุตสาหกรรมภายในประเทศ เครื่องจักรเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความจำเป็น

ต่อการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ซึ่งชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นมาจะต้องเป็นที่ยอมรับและมีมาตรฐานสูง เพื่อประกอบเข้ากับตัวเครื่องจักร ซึ่งในการผลิตทางด้านอุตสาหกรรมจะมีอุปกรณ์หนึ่งที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องจักรกลและเครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ เป็นอย่างมากมีลักษณะเป็นตลับวงแหวน จะบรรจุลูกปืนกลมๆ ไว้ภายใน ทำมาจากวัสดุเหล็กกล้าที่มีความแข็งแรงทนทาน และทนต่อแรงกระแทกที่เกิดขึ้นในการทำงานได้ดี ได้แก่ ตลับลูกปืน (Bearing) โดยอุปกรณ์ชนิดนี้ทำหน้าที่รองรับการเคลื่อนที่และลดความฝืดระหว่างเพลาและเครื่องจักร ช่วยเพิ่มสมรรถนะในการทำงานของเครื่องจักรกลและเครื่องยนต์ให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มกำลังและมีประสิทธิภาพ (MISUMI Thailand, 2563) ตลับลูกปืน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับการหมุนของเพลา โดยตลับลูกปืน มีหน้าที่ถ่ายทอดแรงที่เกิดขึ้นจากเพลาลงไปสู่ฐานเครื่องยนต์ และลดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ทำให้ช่วยเพิ่มสมรรถนะของเครื่องจักรกลต่าง ๆ ลดการสึกหรอ แต่ตลับลูกปืนมักจะเสื่อมสภาพเร็วเนื่องจากตลับลูกปืนถือว่าเป็นจุดวิกฤตของเครื่องมือกล ตลับลูกปืนประกอบไปด้วยปลอกหรือรางวิ่งด้านใน (Inner Raceway) ปลอกหรือรางวิ่งด้านนอก (Outer Raceway) และลูกปืน (Ball) อยู่ระหว่างสองแหวนนี้ วางบนรัง (Cage) ของตลับลูกปืนภายใต้ภาวะการทำงานปกติ อาจจะเกิดความผิดพลาดชำรุดเสียหายอันเนื่องมาจากความล้าของตลับลูกปืนนอกจากนั้นการชำรุดของตลับลูกปืน ยังอาจจะเกิดมาจากการที่ใช้อินเวอร์เตอร์ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ เหนี่ยวนำก็ได้ ผลที่ตามมาคือรางวิ่งเกิดการเสียหาย ลูกปืนเกิดแตกสะเก็ดเล็ก ๆ ได้ และจะเป็นสาเหตุให้เกิดการสั่นและมีเสียงรบกวน หากตลับลูกปืนไม่ได้รับการหล่อลื่นที่เพียงพอ หรือได้รับการติดตั้งอย่างไม่ถูกต้อง (Misalignment) ก็จะทำให้เกิดปัญหานี้มากยิ่งขึ้น (สมศักดิ์ สิริโปราณานนท์, 2562)

การเสียหายของตลับลูกปืนอาจแบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ1) รางวิ่งนอกของแบริ่งชำรุดเสียหาย (Outer Raceway Defects) 2) รางวิ่งในของแบริ่งชำรุดเสียหาย (Inner Raceway Defects) 3) ลูกปืนของแบริ่งชำรุดเสียหาย (Ball Defects) 4) รังของตลับลูกปืนชำรุดเสียหาย (Cage Defects) ตลับลูกปืนเป็นตัวประกอบทำให้เพลาหมุนตามเส้นรอบวง โดยที่มีตัวรองรับ (Housing) ทำหน้าที่ เป็นตัวประคองในสาเหตุนี้ ตลับลูกปืนจะเกิดความเสียหายได้ทุกแนว แต่ในแนวทางการปฏิบัติจริง ๆ นั้น การติดตั้งเพลาเข้ากับหน้าแปลน (Flange) จะไม่มีความเที่ยงตรงเสมอไป ทั้งนี้ เพราะในการติดตั้ง ประมาณ 16% ของตลับลูกปืนที่เสียหายก่อนกำหนด (โกศล ดีศีลธรรม, 2547) มีสาเหตุมาจากการติดตั้งที่ไม่ถูกวิธี งานในแต่ละงานจึงมีความจำเป็นต้องมีวิธีการติดตั้งที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพเฉพาะ เช่น วิธีการทางกล ทางความร้อน ไฮโดรลิกส์ หรือการใช้เครื่องมือพิเศษ การเลือกใช้เทคนิคการติดตั้งที่เหมาะสมกับงาน จะช่วยยืดอายุการใช้งานของตลับลูกปืนและลดค่าใช้จ่ายที่เป็นผลมาจากการที่ตลับลูกปืนเสียหายก่อนกำหนด (ประศาสน์ สุบรรพวงศ์, 2561) รวมทั้งลดโอกาสที่จะเกิดความเสียหายกับเครื่องจักรโดยรวม ในการติดตั้งตลับลูกปืนช่างผู้ที่ติดตั้งแต่ละคนจะมีความ

ชำนาญที่แตกต่างกัน และเหตุผลนี้จึงทำให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนที่ประกอบกัน มีอายุการใช้งานที่ต่างกัน ในกรณีที่มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาจะทำให้ชิ้นส่วนเครื่องจักรเกิดความเสียหาย ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าตลับลูกปืนที่ผลิตจะผลิตได้ดีอย่างไรก็ไม่อาจระบุได้ว่าค่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืนจะใช้ได้เต็มประสิทธิภาพหรือไม่ ดังนั้น บริษัทผู้ผลิตหรือผู้ใช้งานตลับลูกปืนจึงมีความจำเป็นต้องรู้และทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืนก่อนการใช้งาน เนื่องจากการใช้งานตลับลูกปืนอาจจะมีการติดตั้งที่ไม่เหมาะสม ยกตัวอย่างบริษัท Fujikura Electronics (Thailand) Ltd. ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงประกอบผิดพลาดโดยเฉพาะตลับลูกปืน ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่อปีเป็นมูลค่าค่อนข้างมาก (เลิศศักดิ์ มูลสมบัติ, 2562) และพบว่าตลับลูกปืนเกิดความเสียหาย 60% จากความเสียหายที่ไม่เหมาะสม (ณัฐวุฒิ ปิ่นแดง, 2562)

จากการศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาในข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความต้องการทราบสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน เพราะว่าในการทำงานเกี่ยวกับการใช้งานในสภาพความเป็นจริงแล้วนั้น จะทำให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนมีอายุสั้นยาวที่ต่างกัน มาจากสาเหตุของระยะการให้ตัวของตลับลูกปืนที่ผ่านการทดสอบและใช้งาน (เฉลิมศักดิ์ ลี้ตระกูล, 2554) จะส่งผลให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนมีอายุสั้นยาวที่ต่างกัน ซึ่งสาเหตุของการศึกษา จะส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อทำนายอายุการใช้งานของตลับลูกปืน หรือใช้ในการสร้างเครื่องมือในการทดสอบหาค่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืน (สุริยา สารมาตย์, 2553) และนำมาปรับเปลี่ยนการใช้งานตลับลูกปืนให้ถูกวิธีซึ่งช่วยลดการสึกหรอ และสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มในการลดต้นทุนทางด้านการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน
2. เพื่อศึกษาความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาเรื่อง การศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ดำเนินการติดต่อประสานงานผู้ประกอบการ อาจารย์ พนักงาน และนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อขอความร่วมมือในการสอบถาม และสัมภาษณ์ ข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน

2. ผู้วิจัยทำเรื่องขอให้ออกหนังสือราชการในการขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลในการสอบถาม และการสัมภาษณ์ จากสำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

3. นัดวัน เวลา และสถานที่ในการสอบถาม และสัมภาษณ์ ข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน โดยดำเนินการส่งหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการสอบถาม และสัมภาษณ์ เพื่อเก็บรวมรวมข้อมูล

4. เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสอบถาม และสัมภาษณ์

4.1 กล่าวทักทาย พร้อมแนะนำตัวเองและกล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้

4.2 เก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากแบบสอบถาม โดยผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นอธิบาย และชี้แจงถึงการตอบแบบสอบถาม จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่าง ตอบแบบสอบถาม และเก็บแบบสอบถาม

4.3 เก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามโดยใช้การสัมภาษณ์ โดยผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์ถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน

5. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน มาสรุปเป็นแนวทางเพื่อนำไปใช้ในการประชุมสนทนากลุ่ม ต่อไป

6. ดำเนินการประชุมสนทนากลุ่ม ในการดำเนินการประชุมสนทนากลุ่ม เป็นการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันอย่างเป็นระบบ กับผู้ทรงคุณวุฒิ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1 ผู้วิจัยติดต่อประสานงานกลุ่มตัวอย่าง ในการเข้าร่วมการประชุมสนทนากลุ่ม นัดวัน เวลา นัดวัน เวลา ที่สะดวกในการเข้าร่วมประชุม

6.2 ผู้วิจัยทำเรื่องขอให้ออกหนังสือราชการในการขออนุญาตจัดประชุมขอเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ เข้าร่วมการประชุมสนทนากลุ่มจากสำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

6.3 ผู้วิจัยนัดวัน เวลา และสถานที่ผู้ทรงคุณวุฒิในการประชุมสนทนากลุ่มอีกครั้ง โดยดำเนินการส่งหนังสือขออนุญาตจัดประชุม ขอเชิญเข้าร่วม การประชุมสนทนากลุ่ม กำหนดการประชุมสนทนากลุ่มให้ผู้ทรงคุณวุฒิ

6.4 ผู้วิจัยจัดทำเอกสารที่ใช้ในการประชุมสนทนากลุ่ม ประกอบไปด้วยเอกสารสรุปข้อมูลที่ได้จากการการสอบถาม และสัมภาษณ์ สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน

6.5 ผู้วิจัยลงพื้นที่ จัดเตรียมสถานที่ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการประชุมสนทนากลุ่มกับผู้ทรงคุณวุฒิ

6.6 ดำเนินการประชุมสนทนากลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในเรื่องสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน

6.6.1 ผู้วิจัยทำหน้าที่พิธีกร ในการถามคำถาม และนำการพูดคุย รวบทั้งควบคุมการสนทนาให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ให้ครอบคลุมเนื้อหาในแต่ละประเด็น และกระตุ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิได้แสดงความคิดเห็นอย่างทั่วถึงและเท่าเทียมกัน รวมทั้งรับฟังข้อเสนแนะอื่น ๆ

6.6.2 จดบันทึกการประชุมสนทนากลุ่ม ตลอดระยะเวลาการประชุม

6.6.3 ผู้วิจัยนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาจากการจดบันทึกการประชุมสนทนากลุ่ม นำมาสรุปประเด็นต่าง ๆ และข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ภาพที่ 1 การสอบถาม และสัมภาษณ์

ภาพที่ 2 การประชุมสนทนากลุ่มกับผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและความต้องการเครื่องต้นแบบเครื่องทดสอบที่มีผลต่ออายุการใช้งานของตลับลูกปืน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลของการสอบถาม

1.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ลักษณะการจำแนกข้อมูล	ประเภท	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ	ชาย	9	100
	หญิง	-	-
2. อายุ	ต่ำกว่า18 ปี	0	0
	18 - 22 ปี	2	22.22
	23 - 27 ปี	1	11.11
	28 - 32 ปี	1	11.11
	33 - 39 ปี	1	11.11
	มากกว่า 40 ปี	4	44.45
3. ระดับการศึกษา	ต่ำกว่าปริญญา	1	11.11
	ปริญญาตรี	5	55.56
	ปริญญาโท	2	11.11
	สูงกว่าปริญญาโท	1	11.11
4. อาชีพ	นักศึกษา	3	33.33
	หน่วยงานเอกชน	1	11.11
	ข้าราชการ	1	11.11
	อื่น ๆ	4	44.45
5. ประสบการณ์ด้านการทำงานเกี่ยวกับ	น้อยกว่า 1 ปี	3	33.33
การใช้งานตลับลูกปืน	1 - 3 ปี	-	-
	มากกว่า 3 - 6 ปี มากกว่า 6 ปี	1	11.11
		5	55.56

จากตารางที่ 1 พบว่า จากผู้ตอบแบบสอบถาม ทั้งหมดมีจำนวน 9 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ด้านอายุ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุมากกว่า 40 ปี มีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 44.45 รองลงมาคือ อายุ 18 - 22 ปี มีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 22.22 ด้านอาชีพ/การทำงาน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีอาชีพ/การทำงาน เป็นพนักงานในมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ) มีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 44.45 รองลงมาคือ มีอาชีพเป็นนักศึกษา มีจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ประสบการณ์ด้านการทำงานเกี่ยวกับการใช้งานตลับลูกปืนส่วนใหญ่มีประสบการณ์มากกว่า 6 ปี มีจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 55.56 รองลงมาคือ มีประสบการณ์ด้านการทำงานน้อยกว่า 1 ปีคิดเป็นร้อยละ 33.33 ตามลำดับ

1.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลง

ตารางที่ 2 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลง

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. การติดตั้งหน้าแปลนไม่ตรงกันกับเพลามอเตอร์	4.67	0.71	ปัญหามากที่สุด
2. การประกอบตลับลูกปืนลงบนตัวรองรับ	4.33	0.71	ปัญหามาก
3. แรงอัดหรือแรงกระแทกจากการติดตั้งที่ไม่ใช้เครื่องมือพิเศษ	4.44	0.53	ปัญหามาก
4. การล้าตัวของผิวลูกปืนกับตลับลูกปืน	4.11	0.93	ปัญหามาก
5. การอัดแหวนรางลูกปืนเรียวแน่นเกินควร	4.22	0.67	ปัญหามาก
6. การรองรับรางลูกปืนตัวนอก เพียงด้านเดียวที่ขอบด้านข้าง	4.11	0.60	ปัญหามาก
7. การแทรกตัวของวัสดุแปลกปลอมจากภายนอก	4.33	1.00	ปัญหามาก
8. การกัดระยะแรกระหว่างผิวเลื่อนที่วางซ้อนกัน	4.33	0.71	ปัญหามาก
9. การเกิดข้อผิดพลาดในการหล่อลื่นหรือการซีล ห้องตลับลูกปืนที่ไม่ดี	4.11	0.78	ปัญหามาก
	4.31	0.72	ปัญหามาก

จากตารางที่ 2 การสำรวจสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลง พบว่า ในภาพรวม อยู่ในระดับที่ปัญหามาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.72

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าระดับปัญหาที่มากที่สุดจำนวน 1 ข้อได้แก่ มีการติดตั้งหน้าแปลนไม่ตรงกันกับเพลามอเตอร์ อยู่ในระดับที่มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.71 รองลงมาพบว่าระดับที่มากมีจำนวน 8 ข้อได้แก่คือแรงอัดหรือแรงกระแทกจากการติดตั้งที่ไม่ใช้เครื่องมือพิเศษ อยู่ในระดับที่มากที่สุดรองลงมามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.53 มีจำนวน 3 ข้อที่อยู่ในระดับที่ปัญหามากซึ่งสามารถเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้การประกอบตลับลูกปืนลงบนตัวรองรับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ1.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.71 การแทรกตัวของวัสดุแปลกปลอมจากภายนอกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.00 การอัดแหวนรางลูกปืนเรียวแน่นเกินควร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.67 มีจำนวน 3 ข้อที่อยู่ในระดับที่ปัญหามากซึ่งสามารถเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ การล้าตัวของผิวลูกปืนกับตลับลูกปืนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.93 การรองรับรางลูกปืนตัวนอก เพียงด้านเดียวที่ขอบด้านข้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

มีค่าเท่ากับ 0.60 การเกิดข้อผิดพลาดในการหล่อลื่นหรือการซีล ห้องตลับลูกปืนที่ไม่ดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.78 ตามลำดับ

1.3 ความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืน ในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลง

ตารางที่ 3 ความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืน ในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลง

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. การติดตั้งหน้าแปลนไม่ตรงกันกับเพลามอเตอร์	4.56	0.73	มากที่สุด
2. การประกอบตลับลูกปืนลงบนตัวรองรับ	4.78	0.44	มากที่สุด
3. แรงอัดหรือแรงกระแทกจากการติดตั้งที่ไม่ใช้เครื่องมือพิเศษ	4.56	0.73	มากที่สุด
4. การล้าตัวของผิวลูกปืนกับตลับลูกปืน	4.56	0.73	มากที่สุด
5. การอัดแหวนรางลูกปืนเรียวแน่นเกินควร	4.44	0.73	มาก
6. การรองรับรางลูกปืนตัวนอก เพียงด้านเดียวที่ขอบด้านข้าง	4.78	0.44	มากที่สุด
7. การแทรกตัวของวัสดุแปลกปลอมจากภายนอก	4.67	0.50	มากที่สุด
8. การกัดระยะแรกระหว่างผิวเลื่อนที่วางซ้อนกัน	4.56	0.73	มากที่สุด
9. การเกิดข้อผิดพลาดในการหล่อลื่นหรือการซีลห้องตลับลูกปืนที่ไม่ดี	4.67	0.50	มากที่สุด
	4.63	0.62	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 การสำรวจความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืน ในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลง พบว่า ในภาพรวมมีความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืน เบอร์ 6205 - 2Z ในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลงอยู่ในระดับที่มีความต้องการทราบมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.62 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าระดับที่มีความต้องการทราบมากที่สุดมีจำนวน 8 ข้อได้แก่ การประกอบตลับลูกปืนลงบนตัวรองรับมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.44 การรองรับรางลูกปืนตัวนอก เพียงด้านเดียวที่ขอบด้านข้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.44 การแทรกตัวของวัสดุแปลกปลอมจากภายนอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.50 การเกิดข้อผิดพลาดในการหล่อลื่นหรือการซีล ห้องตลับลูกปืนที่ไม่ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.50 การติดตั้งหน้าแปลนไม่ตรงกันกับเพลามอเตอร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.73แรงอัดหรือแรงกระแทกจากการติดตั้งที่ไม่ใช้เครื่องมือพิเศษ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.73 การล้าตัวของผิวลูกปืนกับตลับลูกปืนมีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.73 การกัดระยะแรกระหว่างผิวเลื่อนที่วางซ้อนกันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.73 และมี 1 ข้อที่มีความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืน ในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลงอยู่ในและมีระดับความต้องการทราบมากจำนวน 1ข้อ ได้แก่ การอัดแหวนรางลูกปืนเรียวแน่นเกินควรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.73 ตามลำดับ

2. ผลของการสัมภาษณ์

การสรุปประเด็นจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญ ทั้งหมด 9 คน ในการสัมภาษณ์เพื่อศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืนและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืนสามารถแบ่งรายละเอียดข้อคิดเห็นและได้ข้อสรุปเป็น 3 กลุ่มดังนี้

2.1 กลุ่มนักศึกษาพบว่า ยังไม่ทราบว่าการที่อายุการใช้งานของตลับลูกปืนที่ลดลงไปนั้น เกิดขึ้นหรือลดลงได้อย่างไร เพราะยังไม่มีประสบการณ์ของการใช้งานตลับลูกปืนมากนัก ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้อธิบายเพิ่มเติมถึงหลักการเบื้องต้นของการใช้งานตลับลูกปืนที่ผิดวิธี จึงสามารถได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น โดยยังคงยืนยันว่าเป็นประโยชน์ในการลดต้นทุนในเรื่องของการบำรุงรักษา

2.2 กลุ่มของผู้ประกอบการและผู้ใช้งานพบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน คือ

2.2.1 การติดตั้งหน้าแปลนไม่ตรงกันกับเพลามอเตอร์เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนลดลงเนื่องจากผู้ประกอบการได้ให้ความเห็นว่าไม่ได้ใช้เครื่องมือพิเศษในการถอดประกอบและติดตั้งที่ถูกต้องและในการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นรอบวงจะมีเสียงดังซึ่งน่าจะทำให้ตลับลูกปืนเกิดการล้าตัวได้

2.2.2 ความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน ผู้ประกอบการได้ให้ความคิดเห็นว่าการที่ทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืนสามารถทำให้ผู้ประกอบการและผู้ใช้งานนำไปใช้ในการวางแผนในการติดตั้งตลับลูกปืนที่ถูกต้องตามหลักวิชาการของการประกอบตลับลูกปืนลงบนตัวรองรับ ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการทำงานได้และควรมีเครื่องมือพิเศษเพื่อวัดอายุการใช้งานของตลับลูกปืน

2.3 กลุ่มของนักวิชาการ และอาจารย์ผู้มีประสบการณ์ พบว่า

2.3.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืนจากการสัมภาษณ์ส่วนใหญ่ได้ให้ความเห็นว่าการติดตั้งหน้าแปลนไม่ตรงกันกับเพลามอเตอร์เป็นปัญหามากที่สุดเนื่องจากว่าหากมีการหมุนของชิ้นส่วนที่ใช้ร่วมกับตลับลูกปืนจะทำให้มีเสียงดังและเกิดการล้าตัวของผิวลูกปืนกับตลับลูกปืนรวมไปถึงการกัดระยะแรกระหว่างผิวเลื่อนที่วางซ้อนกันซึ่งจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนลดลงได้

2.3.2 ความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน นักวิชาการ และอาจารย์ที่สอนในสาขาวิชาทางด้านเครื่องจักรกลส่วนใหญ่ได้ให้ความคิดเห็นว่า การที่ทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืนสามารถทำให้ นักวิชาการ และอาจารย์ผู้สอนนำไปใช้ในการวางแผนในการติดตั้งตลับลูกปืนที่ถูกต้อง โดยต้องมีเครื่องมือพิเศษเข้ามาช่วยทำการประกอบติดตั้งตลับลูกปืนให้ถูกต้อง เนื่องจากจะทำให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

3. ผลของการประชุมสนทนากลุ่ม

3.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลงในการสรุปประเด็นดังกล่าวผู้เชี่ยวชาญได้นำเสนอสาเหตุของการติดตั้งที่ผิดวิธีที่ทำให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนลดลงเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

3.1.1 การถอดประกอบตลับลูกปืนที่ไม่มีความชำนาญและไม่ใช้เครื่องมือพิเศษในการถอดประกอบ

3.1.2 การมีสิ่งแปลกปลอมในการใช้งานและเลือกสารหล่อลื่นที่ไม่ถูกกับการใช้งาน

3.1.3 การติดตั้งหน้าแปลนที่ไม่มีการตรวจสอบความเที่ยงตรง เป็นสาเหตุของการเยื้องศูนย์แนวเพลา และการเตรียมเพลาหรือตัวรองรับตลับลูกปืนไม่คำนึงถึงพิกัดความเผื่อในการใช้งาน

3.1.4 การบำรุงรักษาตามวาระของจำนวนรอบการใช้งานของตลับลูกปืน

3.2 ความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืน ในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลง ในการสรุปกรอบประเด็นดังกล่าวผู้เชี่ยวชาญได้นำเสนอถึงความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน คือ ถ้าทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืน จะทำให้ผู้ผลิตสามารถนำข้อมูลที่ได้มาทำการวางแผนในการหาเครื่องมือพิเศษเข้ามาช่วยการประกอบติดตั้งตลับลูกปืนให้ถูกต้องรวมไปถึงใช้ในการวางแผนในการผลิตให้สอดคล้องกับอายุการใช้งานของตลับลูกปืน และใช้ในการวางแผนในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรเพื่อไม่ให้เกิดการสึกหรอหรือความเสียหายบนเครื่องจักร

ดังนั้น สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหามาจากการติดตั้งตลับลูกปืนที่ผิดวิธีจึงทำให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนลดลงและความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืนพบว่าถ้าทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืนที่แท้จริง จะทำให้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการติดตั้งและการทำงานเพื่อไม่ให้เกิดการสึกหรอหรือความเสียหายบนเครื่องจักร

อภิปรายผล

1. จากการศึกษา สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาในการติดตั้งที่ผิดวิธีทำให้อายุการใช้งานลดลง พบว่า เกิดจากการติดตั้งตลับลูกปืนที่เกิดจากความไม่ชำนาญของผู้ปฏิบัติงานและการติดตั้งตลับลูกปืนที่ผิดวิธีจึงทำให้เกิดความเสียหายบนเครื่องจักร ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอมร เดชอธิการ ที่ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์สภาพการใช้งานเครื่องจักรในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ที่ว่าสาเหตุหลักของการทำให้เครื่องจักรเสียบ่อยเกิดจากสาเหตุทางด้านคน วิธีการ และการจัดการซึ่งเป็นปัญหาแก้ไขอย่างเร่งด่วน (อมร เดชอธิการ, 2546)

2. จากการศึกษา ความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานตลับลูกปืน พบว่า ทำให้ทราบถึงปัญหาและความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งานบนเครื่องจักร ซึ่งจะช่วยให้เครื่องจักรมีอายุการใช้งานที่ยาวนานไม่ต้องมีการซ่อมบำรุงบ่อยครั้งและสามารถลดค่าใช้จ่ายสำหรับผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมของรัฐและเอกชน ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอมรรัตน์ มุขประเสริฐ ที่ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การสำรวจความต้องการของเครื่องจักร และอุปกรณ์ สำหรับอุตสาหกรรมอาหารทะเลที่ตั้งในเขตภาคกลาง ที่ว่า ผลการสำรวจความต้องการนี้จะช่วยทำให้ทราบถึงความต้องการของผู้ประกอบการ แล้วยังช่วยให้ผู้ผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ในประเทศทราบถึงปัญหาและความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมทั้งอุตสาหกรรมการผลิตอาหารและเครื่องจักรในประเทศให้สามารถพัฒนาได้อย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ (อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2554)

สรุป/ข้อเสนอแนะ

การศึกษาสาเหตุที่ทำให้ทราบถึงสาเหตุของการเกิดปัญหาและความต้องการที่จะทราบอายุการ ใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืนในครั้งนี้ ทำให้ทราบถึงปัญหาของการใช้งานตลับลูกปืนที่ลดลง ซึ่งตลับลูกปืนเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญเพราะตลับลูกปืน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับการหมุนของเพลา โดยตลับลูกปืนมีหน้าที่ถ่ายทอดแรงที่เกิดขึ้นจากเพลาลงไปสู่ฐานเครื่องจักรกล และลดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ทำให้ช่วยเพิ่มสมรรถนะของเครื่องจักรกลต่าง ๆ ลดการสึกหรอ แต่ตลับลูกปืนมักจะเสื่อมสภาพเร็วเนื่องจากตลับลูกปืนถือว่าเป็นจุดวิกฤตของเครื่องมือกล ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงสามารถนำผลของการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการตรวจสอบการใช้งานต่าง ๆ เช่น การติดตั้ง การประกอบ การทดสอบ และการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลที่มีตลับลูกปืนเป็นองค์ประกอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ **1) ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้** 1.1) ในการศึกษาสาเหตุปัญหาที่ทำให้เกิดปัญหาที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืนนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบขนาด วัสดุ และแรงกดที่กระทำต่อการใช้งานของตลับลูกปืนในลักษณะต่าง ๆ ที่มีความชัดเจนจึงจะทำให้ทราบอายุการ

ใช้งานของตลับลูกปืน 1.2) ในการศึกษาความต้องการที่จะทราบอายุการใช้งานที่ลดลงของตลับลูกปืนมีความจำเป็นต้องนำข้อมูลจากการใช้งานไปทำการวิเคราะห์ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในการทำงานบนเครื่องจักรกลต่าง ๆ และศึกษาพฤติกรรมในการประกอบถอดติดตั้ง ว่าหากอายุการใช้งานของตลับลูกปืนลดลงจะมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร **2) ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป** 2.1) ควรนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ มาดำเนินการแก้ไขปัญหาที่ตอบสนองความต้องการภาคอุตสาหกรรม 2.2) ควรนำสาเหตุปัญหาและความต้องที่จะทราบอายุการใช้งานของตลับลูกปืนไปพัฒนาเป็นเครื่องมือที่สามารถต่อยอดในการวิจัยเพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการเรียนการสอน หรือในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

MISUMI Thailand. (2563). แบริ่ง อุปกรณ์รองรับการหมุน. เรียกใช้เมื่อ 15 มกราคม 2563 จาก https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/bearing201904/.

โกศล ดีศีลธรรม. (2547). การจัดการบำรุงรักษาสำหรับงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: บริษัทเอ็มแอนด์อี.

ณัฐวุฒิ ปิ่นแดง. (25 ตุลาคม 2562). ความเสียหายของการใช้งานตลับลูกปืน. (นายอธิรัช ลี้ตระกูล, ผู้สัมภาษณ์)

ประศาสน์ สุบรรพวงศ์. (2561). การลดค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุงเกียร์และแบริ่งด้วยโมเดลอย่างง่าย. กรุงเทพมหานคร: โอเอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

เลิศศักดิ์ มูลสมบัติ. (28 กันยายน 2562). มูลค่าความเสียหายการบำรุงรักษาที่เกิดจากการใช้งานตลับลูกปืน. (นายอธิรัช ลี้ตระกูล, ผู้สัมภาษณ์)

สมศักดิ์ สิริโปราณานนท์. (2562). การวิเคราะห์ความเสียหายของตลับลูกปืนโดยการวัดการสั่นสะเทือน. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, 9(1), 54-68.

สุริยา สารมาตย์. (2553). การวิเคราะห์ความเสียหายเพื่อที่จะหาอายุการใช้งานของตลับลูกปืนในล้อรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน. ใน วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

อมร เดชอธิการ. (2546). การวิเคราะห์สภาพการใช้งานเครื่องจักรในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ. (2554). การสำรวจความต้องการของเครื่องจักรและอุปกรณ์ สำหรับอุตสาหกรรม อาหารทะเลที่ตั้งในเขตภาคกลาง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 21(3), 617-626.