

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ปรับตั้งเครื่องปักผ้าไทยเทคนิคการออกแบบการทดลอง Optimization for Sewing Machine Setup Using Experimental Design Technique

จักรกริช คำทีระ^{1*} และ อิศรา วีระวัฒน์สกุล²

¹นักศึกษา ²รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการหาค่าแรงดึงด้ายที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องปักผ้าด้วยเครื่องปักคอมพิวเตอร์ 18 หัว (Model D-We 1218-55) เพื่อลดจำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดการทำงานในแต่ละรอบของการปักซึ่งจากการวิเคราะห์สาเหตุแล้ว พบว่า เกิดจากการที่ด้ายขาดทำให้เครื่องจักรหยุดการทำงาน ส่งผลให้เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างสมบูรณ์ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมสำหรับผ้า 5 ชนิด ได้แก่ Polo, TC-Cool, Cotton, Jacket และ Shirt โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบซ้อนกรณีนำเข้า 3 ปัจจัย (Nested Design) คือ ชนิดของด้าย จำนวนชั้นของการปัก ขนาดรูพรุนของผ้า มีการทดลองทั้งหมด 3 ระดับ คือ ระดับต่ำใช้แรงดึง 2 ออนซ์ ระดับกลางใช้แรงดึง 5 ออนซ์ ระดับสูงใช้แรงดึง 8 ออนซ์ โดยผลตอบ คือ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดทำงานในเวลา 30 นาที โดยผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ที่ใช้สำหรับการทดลองแบบซ้อนกรณีน พบว่า มีผลต่อการหยุดการทำงานของเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญ และนำผลของจำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดทำงานจากการทดลองมาสร้าง Surface Plot โดยใช้เส้นแนวโน้มแบบโพลีโนเมียลและใช้สมการกำลังสองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับด้ายแต่ละชนิด การปักแต่ละชั้นและขนาดรูพรุนของผ้าแต่ละแบบแล้วนำค่าที่ได้ไปทำการทดลองซ้ำโดยปรับตั้งแรงดึงของด้ายที่ใช้ในการปักตามค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการสมการ ผลปรากฏว่า จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดการทำงานลดลงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปักผ้าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 77.01 เปอร์เซ็นต์

Abstract

The objective of the research was to identify the optimized thread tensile values for the setup of Model D – We 1218-55 computerized 18-needles sewing machine, in order to minimize a number of times the machine halts. The cause of the sewing machine halting, which reduced the efficiencies of the machine, was found to be torn threads. In order to maximize the efficiencies, the experimental design technique was utilized to find the optimal values for five types of cloth: polo, tc-cool, cotton, jacket, and shirt. The method involved three nested designs which are the type of thread, number of sewing layers, and thread-hole size. The three thread tensile levels experimented were low (2 oz.), medium (5 oz.), and high (8 oz.), and the response was the number of times the machine halted in the span of 30 minutes. The ANOVA (Analysis of Variance) used for the experimental design showed that the three factors significantly affected the machine's halt. The number of times the machine halted was used to create Surface Plot with polynomial trend-lines and the quadratic equation was applied to determine the optimal value for each type of thread, number of sewing layers, and thread-hole size. The values obtained were then set for another experiment, the results of which were that the sewing machine halted less frequently and the efficiencies thus increased about by 77.01%.

คำสำคัญ : ค่าที่เหมาะสมที่สุด เครื่องปักผ้า เทคนิคการออกแบบการทดลอง การทดลองแบบซ้อนกรณีน

Keywords : Optimization, Sewing Machine, Experimental Design Technique, Nested Design

1. บทนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย เป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดการจ้างงานและสร้างรายได้จากการส่งออกเป็นลำดับต้น ๆ ของประเทศ (สายชล มงคล, 2554) นอกจากอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มที่นำเข้าและส่งออกแล้วธุรกิจของการผลิตเสื้อผ้ากิจกรรมประเภทต่าง ๆ ก็เป็นที่น่าสนใจ เนื่องจากหน่วยงานหรือกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ต้องการที่จะสร้างเอกลักษณ์ในรูปแบบที่ต้องการทำให้ธุรกิจประเภทนี้ขยายตัวได้อย่างรวดเร็วสังเกตได้จากร้านค้าที่รับจ้างผลิตเสื้อผ้ากิจกรรมที่เกิดขึ้นอย่างมากมายในช่วงเวลาไม่กี่ปี บริษัทเชียงใหม่ ธนกร จำกัด หรือที่รู้จักกันในชื่อร้านจีปาละ โดยมีที่ตั้งของสำนักงานใหญ่อยู่ เลขที่ 8 ซอย 9 ถนนศรีมังคลาจารย์ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200 โดยมีคุณจิระพงศ์ กุลพฤษานนท์และคุณพรทิพย์ ดันปกิจจรงค์ เป็นผู้เริ่มดำเนินธุรกิจด้านนี้มาในนามร้าน จีปาละ อันประกอบไปด้วยสินค้า ก็คือเสื้อผ้าหลาย ๆ อย่าง รวมทั้งเสื้อยืดหลากหลายสีสันทัน ปัจจุบันบริษัทฯ มีพนักงานจำนวน 59 คน โดยการทำงานมุ่งเน้นคุณภาพของสินค้า บริษัทฯ มีความมุ่งมั่นพิถีพิถันเพื่อให้ได้คุณภาพทุกชิ้นงาน ส่งมอบตรงตามกำหนดเวลา จึงเป็นที่ได้รับความไว้วางใจจากลูกค้าด้วยปริมาณที่ยึดมั่นมาตลอด คือ ชื่อสัตย์ตรงตามความคาดหวังของลูกค้า ตรงเวลา รับผิดชอบ บริษัทได้รับความไว้วางใจ และด้วยความมุ่งมั่นทุ่มเท เพื่อคุณภาพของงานปัก งานสกรีน รวมทั้งงานสั่งตัดให้มีมาตรฐานยิ่ง ๆ ขึ้นไปในราคาสัมเหตุสมผลและเป็นธรรมชาติที่สุดด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้บริษัทฯ ต้องมีการพัฒนาอย่าง

ต่อเนื่องเพื่อแข่งขันกับตัวเองและต่อสู้กับแรงผลักดันทั้ง 5 (5-Force) เพราะในธุรกิจประเภทเดียวกันนี้ยังมีคู่แข่งอีกมากมายหลายบริษัท นอกจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์แล้วเรื่องของราคาและเวลาการผลิตเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้คู่แข่งทางการตลาดใช้เป็นกลยุทธ์ในการแย่งส่วนแบ่งทางธุรกิจ จากการศึกษาและการวิเคราะห์ปัญหาเบื้องต้นของผู้วิจัยถึงประเด็นต่าง ๆ จากกระบวนการผลิต พบว่า กระบวนการปักผ้าด้วยคอมพิวเตอร์เป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดเพราะจะเป็นต้นทุนการผลิตที่สูง ใช้เวลามากในการออกแบบและผลิตมาก ซึ่งการรับคำสั่งซื้อที่จะทำการผลิตจากตลาดของการปักแต่ละลายจะเป็นตัวกำหนดเวลาในการผลิตและราคาขาย (สมาคมเครือข่ายที่ปรึกษาภาคเหนือ, 2555)

กรณีศึกษาของงานวิจัยนี้เป็นแผนกปักผ้า โดยที่บริษัทฯ จะมีเครื่องปักคอมพิวเตอร์ทั้งหมด 4 เครื่อง ในหนึ่งเครื่องจะมีหัวปักทั้งหมด 18 หัว และในหนึ่งหัวจะมีอยู่ 12 ฝักปัก นั่นแสดงว่าจะมีทั้งหมด 864 ฝักปัก และระบบการทำงานของเครื่องปักที่ทำงานพร้อมกันด้วยการปักที่เหมือนกันเมื่อฝักใดเกิดการผิดพลาดเครื่องจักรก็จะหยุดทำงานทันทีจนกว่าจะได้รับการแก้ไข ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็น การขาดของด้าย (ศรีัญญา สงเคราะห์, 2554) การกดของตีนผีและการหักของเข็มตามลำดับ จากการทำเครื่องจักรหยุดการทำงานบ่อยครั้งส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรลดลงทำงานได้ไม่เต็มกำลังไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามกำหนดเวลา ส่งงานล่าช้า เสียเวลา เสียเงิน เสียผลประโยชน์ทางธุรกิจ หากทำให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างต่อเนื่องก็จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรสูงขึ้นตามไปด้วย (ธราดล ดวงสุภา,

2554) เมื่อไม่สามารถแก้ปัญหาการหยุดการทำงาน ของเครื่องจักรได้ทั้งหมด การทำให้เครื่องจักรกลับมาใช้งานได้อย่างรวดเร็วหรือการที่ทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องก็สามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพของเครื่องจักรได้ (เกรียงไกร ธารพรศรี, 2546) การออกแบบเครื่องมือเพื่อช่วย อำนวยความสะดวกในการทำงาน ลดเวลาในการ ปรับตั้ง ตรวจสอบ ตรวจวัด แต่ทั้งนี้ต้องไม่ลืม ขั้นตอนที่ต้องพิจารณาในการออกแบบ (แนวคิดและ วิธีการออกแบบเครื่องจักรกล, 2548) ที่ได้กล่าวมา เป็นการเพียงการวัดประสิทธิภาพของเครื่องจักร ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการปรับปรุงประสิทธิภาพของ เครื่องจักรชนิดใดก็มีความเหมาะสมแตกต่างกัน ไป อย่างเช่น การปรับปรุงระบบบำรุงรักษาจักร เย็บผ้าในโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป (พรหมศร เสาะประโคน, 2555) ซึ่งได้สร้างแผนการบำรุงรักษา ด้วยตัวเองสำหรับพนักงานตัดเย็บและแผนการ บำรุงรักษาแบบเสียแล้วซ่อมของช่างซ่อมบำรุง เพื่อเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

สำหรับงานวิจัยเพื่อหาค่าแรงดึงด้ายที่ เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องปักผ้าด้วย เครื่องปักคอมพิวเตอร์นี้จะประยุกต์ใช้เทคนิคการ ออกแบบการทดลองแบบสุ่มซ้อน (แผนการทดลอง ประยุกต์, www.kku.ac.th) ในการออกแบบ การทดลองซึ่งโดยปกติการทดลองนี้จะเป็นการ ออกแบบการทดลองเพื่อหาข้อแตกต่างระหว่าง กระบวนการที่แตกต่างกันสองกระบวนการขึ้นไป หรือชนิดของการทดลองตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป เพื่อ วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกระบวนการหรือ ชนิดของสิ่งนั้น ๆ ว่ามีความแตกต่างกันหรือแบบ ไหนที่ให้ผลดีกว่ากัน โดยทั่วไปแล้วการทดลอง แบบสุ่มซ้อนนี้จะใช้ในการทดลองทางการเกษตร

ปลุสัตว์ เป็นส่วนใหญ่ เช่น การทดลองการเพาะ เลี้ยงสัตว์น้ำ (Kari Ruohonen, 1998) ซึ่งได้ใช้วิธี การออกแบบการทดลองแบบสุ่มซ้อนอย่างง่าย สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในการวิเคราะห์ตัวแปร ต่าง ๆ โดยใช้อัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนัก สูดท้ายตามระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสัตว์น้ำที่ เพาะเลี้ยงในถังทดลองเป็นตัววัดผลกระบวนการ ของการเจริญเติบโตของสัตว์ระหว่างถังทดลอง ในงานวิจัยนี้ก็เช่นกันหลังจากที่ทำการทดลองแบบ สุ่มซ้อน กรณีสามปัจจัย แล้วนำผลการทดลองที่ได้ มาทำการสร้าง Surface Plot เพื่อหาจุดที่เหมาะสม ที่สุดสำหรับการปรับตั้งเครื่องปักผ้า

2. วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินการเพื่อหาค่าที่เหมาะสม

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อทำการหาค่าที่ เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการปรับตั้งเครื่องปักผ้า ด้วยคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยได้ออกแบบการดำเนินงาน วิจัย ดังนี้

2.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

จากข้อมูลด้านความนิยมของลูกค้าผู้วิจัย ได้เลือกวัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

1. ด้ายปกติ
2. ด้ายเลื่อมทอง
3. ผ้า Jacket
4. ผ้า Shirt
5. ผ้า Cotton
6. ผ้า Polo
7. ผ้า TC-Cool

2.2 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดและปรับตั้ง

จากสาเหตุหลักที่ทำให้เครื่องจักรหยุดการทำงานเกิดจากด้าย จึงได้ทำการออกแบบเครื่องมือที่จะวัดคุณสมบัติของด้ายที่ใช้ในการปัก โดยทำการออกแบบ LOAD CELL ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงจากแรงหรือน้ำหนัก ที่กระทำต่อตัว LOAD CELL ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อนำไปแสดงค่าเป็นน้ำหนักหรือแรงที่กระทำ ในส่วนปลายของอุปกรณ์ได้ออกแบบไว้สำหรับใช้หนีบจับเส้นด้ายเพื่อทำการวัดค่าแรงดึงสุดท้ายของด้ายแต่ละชนิดที่ออกจากปลายของเข็มปัก ซึ่งมีหลักการทำงาน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัด

จากนั้นได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับตั้งตีสและเข็มปักที่สามารถปรับตำแหน่งของตีสได้สี่ทิศทางและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับตั้งเข็มปักเพื่อลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรโดยจุดมุ่งหมายของอุปกรณ์ดังกล่าวเพื่อเป็นการป้องกันการชนกันระหว่างตีสและเข็มปักซึ่งจะเป็นอีกหนึ่งอุปกรณ์ที่ช่วยให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างต่อเนื่องดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2



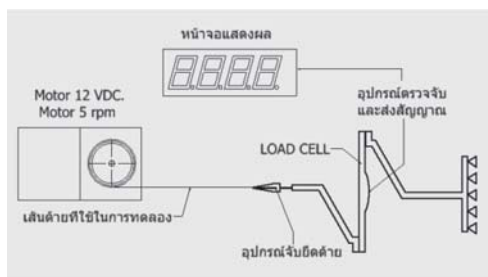
รูปที่ 2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ปรับตั้ง

2.3 การออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม

จากปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการปักอันเป็นเหตุให้เครื่องจักรหยุดการทำงานบ่อยโดยความถี่ในการหยุดการทำงานของเครื่องจักรเกิดจากการขาดของด้ายซึ่งมีความถี่สูงที่สุดและปัจจัยได้กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อการขาดของด้ายไว้จำนวน 3 ปัจจัย ดังนี้

1. ชนิดของด้าย (ปัจจัย A)
2. จำนวนชั้นของการปัก (ปัจจัย B)
3. ขนาดรูพรุนของผ้า (ปัจจัย C)

จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบเครื่องมือที่จะนำมาใช้เพื่อวัดค่าแรงดึงของด้ายทั้งสองชนิด คือ ด้ายปกติและด้ายเลื่อมทองโดยทำการวัดแรงดึงสูงสุดของด้ายทั้งสองด้วยเครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้มอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ ความเร็ว 5 รอบต่อนาที และทำการสอบเทียบด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐานจำนวน 10 ครั้ง ผลที่ได้จากการวัดมีค่าเท่ากันมาทำการวัดแรงดึงของด้ายทั้งสองแบบผลที่ได้ คือ แรงดึงเฉลี่ยสูงสุด 15.5 Oz. สำหรับด้ายปกติและแรงดึงเฉลี่ยสูงสุด 9.4 Oz. สำหรับด้ายเลื่อมทอง โดยเครื่องมือดังกล่าวได้แสดงไว้ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 หลักการทำงานของอุปกรณ์วัดค่าความต้านทานแรงดึงของด้ายที่ใช้ในการทดลอง

จากผ้า 5 ชนิดที่ผู้วิจัยเลือกมาใช้ในการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมจากค่าความถี่ของการลั้งซื้อจากลูกค้า ซึ่งผ้าทั้ง 5 ชนิดหรือไม่ว่าจะเป็นผ้าแบบใดก็ตามก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการถักทอของผ้าแต่ละชนิดซึ่งผู้วิจัยเลือกที่จะใช้ขนาดของรูพรุนเป็นตัวกำหนดความแตกต่างของผ้าแต่ละชนิด ซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผ้าขนาดของแรงดึงที่ใช้ในการปักก็จะเปลี่ยนไปเช่นเดียวกันกับค่าความต้านทานแรงดึงของด้ายทั้งสองชนิดที่ใช้ในงานวิจัย ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงทำการวัดขนาดของรูพรุนสำหรับผ้าทั้ง 5 ชนิด โดยได้ใช้กล้องไมโครสโคปในการวัด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4 และในรูปที่ 5 ได้แสดงขนาดรูพรุนของผ้าทั้ง 5 ชนิด



รูปที่ 4 การใช้กล้องไมโครสโคปเพื่อวัดขนาดของรูพรุนของผ้าทั้ง 5 ชนิด



รูปที่ 5 ขนาดของรูพรุนของผ้าทั้ง 5 ชนิด

จากการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นมาทำการวัดและค่าที่ได้มีหน่วยเป็นออนซ์ (Oz.) ซึ่งค่าแรงดึงต่ำสุดที่วัดได้เท่ากับ 2 Oz. และค่าแรงดึงสูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 8 Oz. ทำการทดลองแบบสุ่มซ้อนกรณี 3 ปัจจัยโดยกำหนดให้ชนิดของด้ายที่ใช้ในการปักและจำนวนชั้นของการปักเป็นปัจจัยกำหนด (Fixed Factors) และของรูพรุนของผ้าที่ใช้ในการปักเป็นแบบสุ่ม (Random Factors) เนื่องจากผ้าแต่ละชนิดมีความถี่ในการถักทอต่างกันทำให้ความหนาแน่นที่ต่างกันขนาดของรูพรุนผ้าก็แตกต่างกันไปด้วย โดยรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผ้าแต่ละชนิดที่ผู้วิจัยคัดเลือกมาจากค่าความถี่ของการลั้งซื้อจากลูกค้า ซึ่งเมื่อมีผ้าชนิดใหม่นอกจากนี้จากผ้าทั้ง 5 ชนิดนี้ ขนาดรูพรุนของผ้าก็จะเปลี่ยนไปตามและในการทดลองกระบวนการปักผู้วิจัยได้เพิ่มแรงดึงด้ายที่ใช้ในการปักขนาด 5 Oz. ในช่วงการทดลอง 2-8 Oz. ดังนั้น ตารางการทดลองใหม่ที่ได้ออกมาจะเป็นตัวเลขตามตารางการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

จากแผนการทดลองแบบสุ่มซ้อนกรณี 3 ปัจจัย (3 Level Nested Design) ที่นำมาประยุกต์ในงานวิจัยเพื่อทดสอบว่าการทดลองดังกล่าวมีผลต่อการขาดของด้ายที่เป็นสาเหตุของการหยุดการทำงานของเครื่องจักรหรือไม่ ซึ่งในการ

ตารางที่ 1 ตารางการทดลองแบบกลุ่มซ้อน

ชนิดผ้า (จำนวนการทดลอง)	จำนวนการปัก (B)	ชนิดผ้า (จำนวนการทดลอง)	จำนวนครั้งที่ทดลอง (รวม 30 นาที)		
			ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 1 Co.	ครั้งที่ 2 Co.	ครั้งที่ 3 Co.
15.5	1	76.02			
		161.42			
		213.76			
	2	392.07			
		443.52			
		76.02			
9.4	1	161.42			
		213.76			
		392.07			
	2	76.02			
		161.42			
		213.76			

ทดลองดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าปัจจัยขนาดของรูพรุนของผ้า (C) จะซ้อนอยู่ในแต่ละระดับของ Treatment Combination ของปัจจัยชนิดของด้าย (A) และปัจจัยจำนวนชั้นของการปัก (B) จึงเรียกปัจจัยขนาดของรูพรุนของผ้า (C) ว่าเป็น Nested Effect ในขณะที่ปัจจัยจำนวนชั้นของการปัก (B) จะปรากฏอยู่ในทุกระดับของปัจจัยชนิดของด้าย (A) จึงเรียกปัจจัยจำนวนชั้นของการปัก (B) ว่าเป็น Cross Effect และในตารางที่ 2 ได้แสดงตารางการเก็บผลการทดลองการปักผ้าตามตารางการทดลองที่ 1

ตารางที่ 2 ข้อมูลการทดลองครั้งที่ 1 และ 2

ชนิดผ้า (จำนวนการทดลอง)	จำนวนการปัก (B)	ชนิดผ้า (จำนวนการทดลอง)	จำนวนครั้งที่ทดลอง (รวม 30 นาที)		
			ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 1 Co.	ครั้งที่ 2 Co.	ครั้งที่ 3 Co.
15.5	1	76.02	131.4	81.0	167.4
		161.42	131.5	131.02	167.7
		213.76	161.5	131.02	167.7
	2	392.07	22.22	17.06	19.20
		443.52	23.24	17.06	19.20
		76.02	161.5	131.02	167.7
9.4	1	161.42	161.6	131.04	207.9
		213.76	161.20	131.03	207.9
		392.07	22.22	17.06	20.20
	2	443.52	24.23	18.08	22.21
		76.02	171.6	131.02	19.20
		161.42	20.21	16.7	22.22

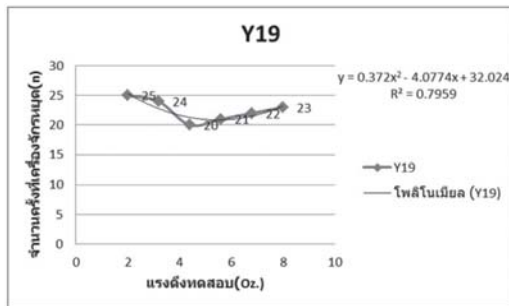
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากผลการเก็บข้อมูลตามแบบการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ทำให้ผู้วิจัยได้ผลการทดลองของจำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดการทำงานในระยะเวลา 30 นาที จากด้ายแต่ละชนิด การปักในแต่ละชั้นและขนาดของรูพรุนแต่ละแบบตามค่าในตารางการทดลองที่ 2 จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อผลการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Minitab Release 16 มาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนของกระบวนการซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การทดลอง

Source	DF	Sum SS	Adj SS	Adj Me	F	P
จำนวนชั้น*ขนาดรูพรุน	4	8.050	8.050	2.013	5.49	0.001
จำนวนชั้น*ระดับทดลอง	2	9.050	9.050	4.525	12.34	0.000
ขนาดรูพรุน*ระดับทดลอง	8	148.167	148.67	18.521	50.51	0.000
ชนิดด้าย*จำนวนชั้น*ขนาดรูพรุน	4	19.617	19.617	4.904	13.37	0.000
ชนิดด้าย*จำนวนชั้น*ระดับทดลอง	2	1.617	1.617	0.808	2.20	0.119
ชนิดด้าย*ขนาดรูพรุน*ระดับทดลอง	8	7.133	7.133	0.892	2.43	0.024
จำนวนชั้น*ขนาดรูพรุน*ระดับทดลอง	8	2.200	2.200	0.275	0.75	0.647
ชนิดด้าย*จำนวนชั้น*ขนาดรูพรุน*ระดับทดลอง	8	4.633	4.633	0.579	1.58	0.150
Error	60	22.000	22.000	0.367	-	-
Total	119	1745.467	-	-	-	-

จากการเก็บข้อมูลในตารางที่ 2 นำมาสร้างกราฟ Surface Plot เพื่อหาสมการที่จะใช้ในการหาค่าแรงดึงที่เหมาะสมสำหรับการปรับตั้งเครื่องปักผ้า ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 6 ซึ่งแสดงไว้เพียง 1 ตัวอย่างจากทั้งหมด 20 ผลตอบ ส่วนที่เหลือจะเป็นการแสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์สมการของเส้นแนวโน้มแบบโพลีโนเมียล ด้วยโปรแกรมแมทแล็บ R2008b ตามตารางที่ 4



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดกับแรงดึงทดสอบด้วยด้ายเส้นมทอง ปัก 2 ชั้น

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์สมการโพลีโนเมียล Y1-Y20 และค่าจากการวิเคราะห์แมทแลป

สมการโพลีโนเมียล Y1-Y20	ค่าจากการวิเคราะห์แมทแลป
Y1 = 0.4836x ² - 4.3125x + 20.44	4.6
Y2 = 0.434x ² - 3.8641x + 21.313	4.7
Y3 = 0.4712x ² - 4.5218x + 23.516	4.8
Y4 = 0.5084x ² - 5.751x + 32.575	5.5
Y5 = 0.496x ² - 5.6984x + 33.841	5.6
Y6 = 0.496x ² - 4.127x + 20.984	4.3
Y7 = 0.3348x ² - 2.7054x + 20.25	4.4
Y8 = 0.1984x ² - 1.746x + 19.27	4.6
Y9 = 0.4712x ² - 5.1171x + 30.992	5.3
Y10 = 0.31x ² - 3.7192x + 30.877	5.4
Y11 = 0.6572x ² - 5.9058x + 26.004	4.5
Y12 = 0.5952x ² - 5.4048x + 28.143	4.6
Y13 = 0.496x ² - 4.7222x + 27.46	4.7
Y14 = 0.4464x ² - 4.869x + 30.81	5.3
Y15 = 0.4464x ² - 4.8929x + 32.429	5.4
Y16 = 0.62x ² - 5.6528x + 26.325	4.2
Y17 = 0.434x ² - 4.0069x + 27.028	4.3
Y18 = 0.4464x ² - 3.869x + 25.81	4.5
Y19 = 0.372x ² - 4.0774x + 32.024	5.0
Y20 = 0.4216x ² - 4.7639x + 36.341	5.2

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ของเส้นแนวโน้มแบบโพลีโนเมียล ตามตารางที่ 4 เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการปรับตั้งเครื่องปักผ้า ตามการทดลองที่ได้ออกแบบไว้เมื่อทำการทดลองเพื่อยืนยันผลตอบอีกครั้ง ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดลองบนค่าที่เหมาะสม

ชนิดด้าย (ค่าความต้านทานแรงดึง(A))	จำนวนช่องจักรปัก (B)	ชนิดด้าย (ขนาดหุ่น)(C)	แรงดึงที่เหมาะสม (Oz.)	จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุด ในเวลา 30 นาที (V)
15.5	1	76.02	4.6	3
		161.42	4.7	4
		215.76	4.8	4
		392.07	5.5	5
		445.52	5.6	5
	2	76.02	4.3	3
		161.42	4.4	3
		215.76	4.6	4
		392.07	5.3	5
		445.52	5.4	6
9.4	1	76.02	4.5	4
		161.42	4.6	5
		215.76	4.7	5
		392.07	5.3	6
		445.52	5.4	6
	2	76.02	4.2	5
		161.42	4.3	5
		215.76	4.5	5
		392.07	5.0	6
		445.52	5.2	6

จากการทดลองบนค่าที่เหมาะสมเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการทดลองพบว่ามีค่าที่ลดลงมากที่สุดที่แสดงไว้ในตารางที่ 6 ซึ่งสาเหตุเกิดจากการที่เครื่องจักรทำงานได้อย่างต่อเนื่องและยาวนานขึ้นปัญหาที่เกิดจากการขาดของด้ายลดลง

ตารางที่ 6 ตารางเปรียบเทียบข้อมูลการหยุดการทำงานของเครื่องปักผ้าก่อนและหลังการทดลองบนค่าที่เหมาะสม

ข้อมูลเบื้องต้น (จำนวนครั้งที่หยุด)	ข้อมูลการทดลองบนค่าที่เหมาะสม (จำนวนครั้งที่หยุด)	ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปักเพิ่มขึ้น (%)
18	3	83.33%
20	4	80.00%
21	4	80.95%
18	5	72.22%
20	5	75.00%
19	3	84.21%
21	3	85.71%
22	4	81.82%
21	5	76.19%
20	6	70.00%
20	4	80.00%
22	5	77.27%
22	5	77.27%
22	6	72.73%
20	6	70.00%
21	5	76.19%
22	5	77.27%
22	5	77.27%
22	6	72.73%
20	6	70.00%

จากการดำเนินการศึกษาวิจัยเพื่อทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการปรับตั้งเครื่องปักผ้าด้วยคอมพิวเตอร์ 18 หัว (Model D-We 1218-55) โดยใช้เทคนิคด้านวิศวกรรมอุตสาหการมาใช้ในการศึกษา วิเคราะห์ปัญหา แนวทางแก้ไข รวมถึงการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรดังกล่าวได้ผลเป็นอย่างดีและเป็นผลสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

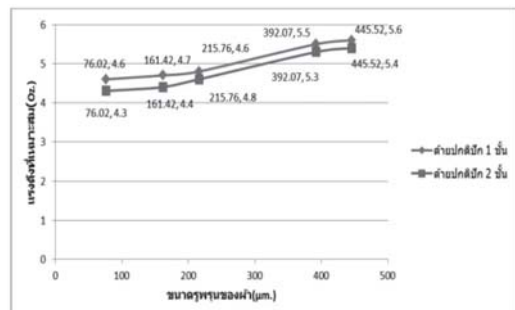
4. สรุป

4.1 อภิปรายผล

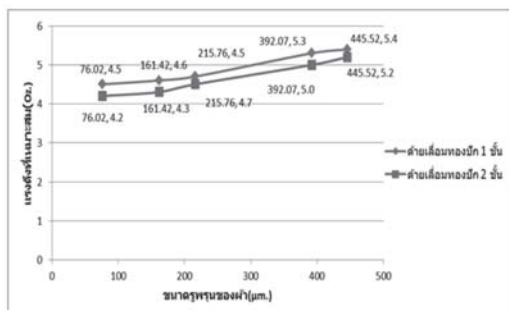
จากการดำเนินงานวิจัยเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับตั้งเครื่องปักผ้าด้วยคอมพิวเตอร์ 18 หัว เพื่อแก้ปัญหาการหยุดการทำงานของเครื่อง โดยสาเหตุหลักที่ทำให้เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ก็เนื่องจากการที่ด้ายขาดทำให้เครื่องจักรเกิดการหยุดและต้องทำการปรับตั้งอยู่เป็นระยะจากการออกแบบการทดลองเพื่อแก้ไขปัญหาโดยการเพิ่มอัตราการทำงานของเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยได้คัดเลือกผ้าที่ได้รับการสั่งซื้อจากลูกค้ามากที่สุด 5 ชนิด คือ ผ้า Polo, TC-Cool, Cotton, Jacket และ Shirt ซึ่งจะทำให้การเก็บผลจากเครื่องจักรเครื่องที่ 1 ในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสด้วยด้ายสองชนิด คือ ด้ายปกติและด้ายเลื่อนทองที่มีการปักชั้นเดียวและสองชั้น มาทำการศึกษาซึ่งในขั้นตอนของการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับตั้งแรงดึงของด้ายสำหรับเครื่องปักผ้า คือ การออกแบบการทดลองแบบสุ่มซ้อนกรณี 3 ปัจจัย คือ ชนิดของด้าย จำนวนชั้นของการปัก ขนาดรูพรุนของผ้า มี 3 ระดับ คือ ระดับต่ำใช้แรงดึง 2 ออนซ์ ระดับกลางใช้แรงดึง 5 ออนซ์ ระดับสูงใช้แรงดึง

8 ออนซ์ โดยผลตอบ คือ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรหยุดในเวลา 30 นาที ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เมื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ ANOVA ด้วยโปรแกรม Minitab Release 16 เพื่อหาความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยซึ่งในการทดลองแบบสุ่มซ้อนนี้สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วม จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ชนิดของด้าย, จำนวนชั้นของการปัก, ขนาดของรูพรุนและแรงดึงทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.000 ที่ $R-Sq = 98.74\%$ และ $R-Sq (adj) = 97.50\%$ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยทุกตัวมีผลต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าแรงดึงที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการปรับตั้งเครื่องปัก แต่เนื่องจากการทดลองแบบสุ่มซ้อนเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของปัจจัยเท่านั้นเมื่อไม่มีสัมประสิทธิ์จึงไม่สามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ จึงใช้โปรแกรมแมทแล็บ R2008b ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับตั้งเครื่องปักผ้า โดยได้สมการความสัมพันธ์และค่าที่เหมาะสมดังตารางที่ 4

จากนั้นนำค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการวิเคราะห์ มาทำการทดลองอีกครั้งเพื่อยืนยันผลตอบ ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 5



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงของด้ายปกติปักชั้นเดียวและสองชั้นกับขนาดของรูพรุนของผ้า



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงของด้ายเลื่อมทองปักชั้นเดียวและสองชั้นกับขนาดของรูปทอของผ้า

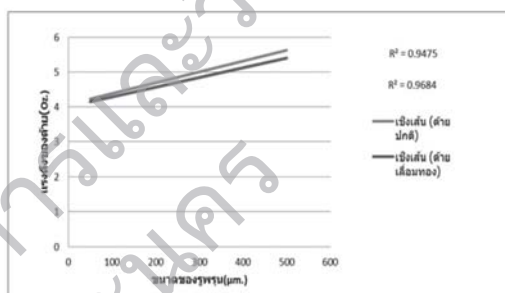
จากผลการทดลองบนค่าที่เหมาะสมเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาทำการพล็อตกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงของด้ายและขนาดรูปทอของผ้า ที่แสดงไว้ในรูปที่ 7 และ 8 สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. เมื่อขนาดรูปทอของผ้า น้อย หมายถึง มีความถี่ในการถักทอมาก เนื้อผ้ามีความยืดหยุ่นได้น้อย ค่าความต้านทานแรงดึงของที่ออกมาจากปลายของด้ายก็จะน้อยตามไปด้วย

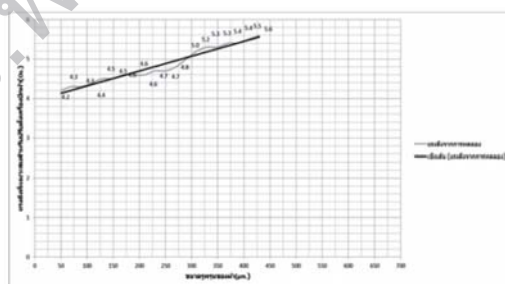
2. เมื่อขนาดรูปทอของผ้า เพิ่มมากขึ้น หมายถึง มีความถี่ในการถักทอน้อย ขนาดรูปทอกว้างและเนื้อผ้ามีความยืดหยุ่นสูง ค่าความต้านทานแรงดึงของที่ออกมาจากปลายของด้ายก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

3. ในการปักผ้าชั้นแรกตามค่าแรงดึงของด้ายที่เหมาะสมของขนาดรูปทอของผ้าแต่ละชนิด เมื่อทำการปักเสร็จสิ้น ค่าแรงดึงของด้ายที่ใช้ปรับตั้งการปักรอบที่สองจะลดลงเนื่องจากเมื่อทำการปักแล้วเสร็จปริมาณของด้ายที่เพิ่มขึ้นบนผืนผ้า จะทำให้ขนาดของรูปทอเปลี่ยนไป เนื้อผ้ามีความหนาที่เพิ่มขึ้น ความถี่ของการถักทอสูงขึ้นซึ่งตรงกับเงื่อนไขในข้อที่ 1

4. เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของด้ายทั้ง 2 ชนิด คือ ด้ายปกติค่าความต้านทานแรงดึง 15.5 Oz. และด้ายเลื่อมทอง ค่าความต้านทานแรงดึง 9.4 Oz. ตามรูปที่ 9 พบว่า แนวโน้มของค่าความต้านทานแรงดึงมีค่าลดลง นั้นแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีด้ายชนิดใหม่ที่มีค่าความต้านทานแรงดึงก่อนขาดมากกว่า 15.5 Oz. ค่าแรงดึงที่เหมาะสมก็จะเพิ่มขึ้นตาม ในขณะที่เดียวกัน เมื่อมีด้ายชนิดใหม่ที่มีค่าความต้านทานแรงดึงก่อนขาดน้อยกว่า 9.4 Oz. ค่าแรงดึงที่เหมาะสมก็จะลดลงตามไปด้วย



รูปที่ 9 แนวโน้มของด้ายปกติและด้ายเลื่อมทอง



รูปที่ 10 แรงดึงที่เหมาะสมกับขนาดรูปทอของผ้า

จากแรงดึงที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมผู้วิจัยได้จัดทำความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงของด้ายที่เหมาะสมกับขนาดของรูปทอของผ้า ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 10 เพื่อที่จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่มีความสนใจใช้เป็นแนวทางในการที่จะปรับตั้งเครื่องปักผ้าที่มีการควบคุมระบบการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งใน

งานวิจัยชิ้นนี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่าการปรับตั้งแรงตึงสุดท้ายที่ออกจากปลายเข็มปักให้สัมพันธ์กับจำนวนชั้นของการปักและขนาดรูพรุนของผ้าแต่ละชนิดทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องปักผ้าสูงขึ้นมากกว่า 77.01 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย เครื่องจักรทำงานได้อย่างต่อเนื่อง การหยุดการทำงานของเครื่องจักรเนื่องจากด้ายขาดลดลง สามารถผลิตและส่งมอบสินค้าได้ทันตามกำหนด ตรงตามความหวังของลูกค้า ช่วยยกระดับการให้บริการดีขึ้นด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จะสำเร็จไม่ได้หากไม่ได้รับความเอื้อเฟื้อจากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมไปถึง บริษัท เชียงใหม่ ธนกร จำกัด สำหรับสถานที่เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัยและที่สำคัญไปกว่านั้นขอขอบพระคุณเงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6. เอกสารอ้างอิง

เกรียงไกร ธารพรศรี. 2546. การศึกษาการพัฒนา ระบบการบำรุงรักษา สำหรับโรงฝึกปฏิบัติงานแผนกวิชาช่างกลโรงงาน ของสถานศึกษาในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธราดล ดวงสุภา. 2554. การเพิ่มประสิทธิภาพ ในการผลิตเครื่องตีเพื่อสุขภาพ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธานี อ่วมอ้อ. 2546. การบำรุงรักษาทีผลแบบ ทุกคนมีส่วนร่วม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท พีค บลูลส์ จำกัด.

ทาเคชิ โยเนะยามะ. ผู้แปล มนูกิจ พานิชกุล. 2548. แนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท พิมพ์ดีการพิมพ์ จำกัด.

วิชุดา ไชยศิวิมางคล. แผนการทดลองประยุกต์. เอกสารออนไลน์จาก <http://www.kku.ac.th>

สมาคมเครือข่ายที่ปรึกษาภาคเหนือ. โครงการ กิจกรรมพัฒนาเครื่องจักรเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการผลิต. ปีงบประมาณ 2555. สายชล มงคล. 2554. การศึกษาชนิดของผ้าที่มี ผลต่อการเย็บวงแขนเสื้อ. วิทยานิพนธ์ คหกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชภัฏธนบุรี.

ศรียญา สงเคราะห์. 2554. การประมาณขนาด ของอาวุธจากรอยแทงบนผ้าชนิดต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์นิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศิลปากร.

Douglas C. Montgomery. 2005. Design and Analysis of Experiments Sixth Edition. Arizona State University. John Wiley & Sons.

Kari Ruohonen. 1998. Individual measurements and nested designs in aquaculture experiments: a simulation study. Aquaculture 165. 149-157.