ปัจจัยที่เหมาะสมของข้อต่อในงานเฟอร์นิเจอร์ไม้
Optimal Factor of Wood Joinery in Wood Furniture

ศิริชัย ยศวังใจ[1*] สมชาย เวชกรรม[2] ธีรพงศ์ แขกระจ่าง[3] และนรวิชญ์ ทองแผ่น[4]
[1*,2,3,4]ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ-
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
โทร 02-555-2000 ต่อ6510 E-mail: sirichaiy@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเฟอร์นิเจอร์ โดยกำหนดชิ้นทดสอบในส่วนของข้อต่อที่ทำการต่อด้วยสลักเดือยขนาด 10 มิลลิเมตร ขนาดชิ้นทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบข้อต่อไม้ ปัจจัยที่ส่งผลกำหนด 3 ปัจจัย คือ ระยะห่างระหว่างสลักเดือย ความลึกของรูเจาะสลักเดือยข้อต่อหลัก และความลึกของรูเจาะสลักเดือยข้อต่อรอง ระยะห่างระหว่างสลักเดือยมี 3 ระดับ คือ 16, 22 และ 28 มิลลิเมตร และความลึกของรูเจาะมี 3 ระดับ คือ 16, 24 และ 32 มิลลิเมตรผลการศึกษาพบว่า ระยะห่างระหว่างรูเจาะสลักเดือย ความลึกรูเจาะข้อต่อหลัก และความลึกรูเจาะข้อต่อรอง มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของข้อต่ออย่างมีนัยสำคัญ และสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการของการปรับตั้งปัจจัยเหล่านี้เพื่อให้เกิดความแข็งแรงตามที่ต้องการได้แก่ ระยะห่างระหว่างรูสลักเดือยให้มีระยะห่าง 28 มิลลิเมตร ความลึกของรูเจาะข้อต่อหลักเท่ากับ 32 มิลลิเมตร และความลึกของรูเจาะข้อต่อรองเท่ากับ 18.7475 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: ปัจจัยที่เหมาะสม, ข้อต่อไม้, เฟอร์นิเจอร์, การออกแบบการทดลอง

Abstract

The objective of the research was to identify factors affecting the strength of wood furniture and wood joinery. 10-millimeter-wide dowels were tested to identify optimal spacing, and depth of the main and sub-main dowels. The dowel spacing was tested at 16, 22 and 28 mm. The depth of the main dowel was tested at 16, 24 and 32 mm. The result showed that the three factors are statistically significant with regard to the strength of furniture at a level of 0.05. The optimal conditions for wood joinery were to have: a dowel spacing of 28 mm; a main dowel depth of 32 mm; and a sub-main dowel depth of 18.7475 mm.

Keywords: Optimal factor, Wood Joinery, Furniture, Design of experiment

1. บทนำ

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์เป็นอุตสาหกรรมที่มีการเติบโตตามธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ ซึ่งอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ในไทยจะมีการจัดจำหน่ายเฟอร์นิเจอร์ตามกลุ่มโครงการบ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม จากกลุ่มโรงงานเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ที่มีมาตรฐานการออกแบบและผลิตที่ทันสมัย และได้รับคุณภาพในตลาดขนาดใหญ่ ประเทศไทยมีผู้ประกอบการเอสเอ็มอี (SMEs) เฟอร์นิเจอร์

จำนวนมากแต่ไม่สามารถแข่งขันกับผู้ประกอบการรายใหญ่ได้ในด้านเครื่องจักร อุปกรณ์ ตลอดจนกรรมวิธีการผลิต กระบวนการประกอบเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตที่ใช้ทั้งอุปกรณ์ฟิตติ้ง (Fitting) หรือการต่อด้วยสลักเดือย แต่เนื่องจากการเจาะรูเดือยด้วยเครื่องเจาะระบบ 32 นั้นมีข้อจำกัดในการเจาะในส่วนของความกว้างพนังเก้าอี้ จึงทำให้กลุ่มผู้ประกอบการ SMEs ต้องทำการผลิตแบบเดือยในตัวซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากในการผลิตและมีต้นทุนด้านเครื่องจักรที่สูงและมีการลองผิดลองถูกในการออกแบบเพื่อนำไปผลิต (Tankut and Tankut, 2005.) และในส่วนของสลักเดือยเมื่อมีการทดสอบความแข็งแรงของเฟอร์นิเจอร์ตามมาตรฐานสากลจะพบความเสียหายบริเวณรอยต่อสลักเดือยของเฟอร์นิเจอร์เป็นหลัก ซึ่งส่งผลต่อการใช้งานต่อไป ดังนี้ผู้วิจัยได้สนใจศึกษาหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงในการต่อด้วยสลักเดือยไม้ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย คือ ระยะห่างรูเจาะสลักเดือย ความลึกรูเจาะข้อต่อหลัก และความลึกรูเจาะข้อต่อรอง เพื่อนำไปออกแบบและทำการผลิตต่อไปเป็นแนวทางในการออกแบบและผลิตเพื่อกลุ่มผู้ประกอบการเอสเอ็มอี (SMEs)

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของข้อต่อในงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

2.2 เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของข้อต่อในงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

3. ขอบเขตการวิจัย

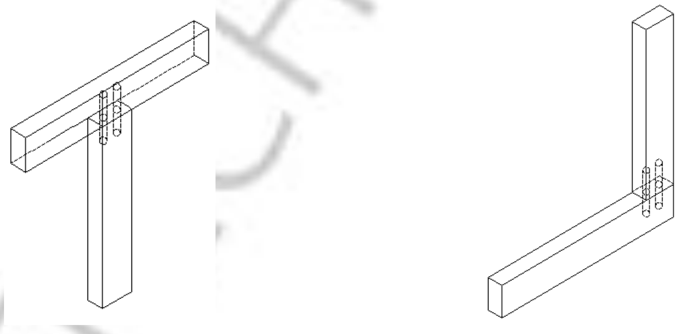
3.1 งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะการต่อข้อต่อรูปตัวแอล (L) ในงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ด้วยสลักเดือยไม้

3.2 งานวิจัยนี้ศึกษาความแข็งแรงของข้อต่อในงานเฟอร์นิเจอร์ด้วยแรงโมเมนต์ดัด

4.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 การต่อไม้ในเฟอร์นิเจอร์

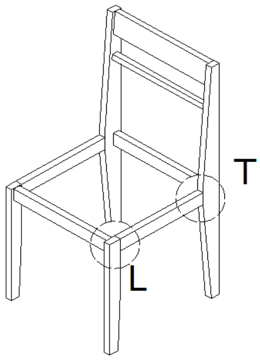
ในกระบวนการประกอบเฟอร์นิเจอร์น๊อคดาวน์ (Knock-down furniture) มีอุปกรณ์การประกอบที่หลายหลาก ทั้งใช้อุปกณ์ฟิตติ้ง กาว หรือเดือย โดยชนิดของเดือยมีเดือยในตัว (Mortise and Tenon) และสลักเดือย (Dowel pins) ซึ่งลักษณะการต่อไม้มีรูปแบบทั้ง 2 แบบ คือ การต่อแบบตัวที (T) และการต่อแบบตัวแอล (L) (Noll, 2003.) ดังภาพที่ 1



(ก) ตัวที (ข) ตัวแอล

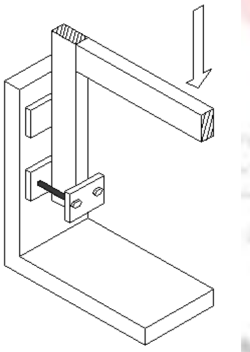
ภาพที่ 1 รูปแบบการต่อไม้

รูปแบบการต่อตัวที (ภาพที่ 1-ก) จะใช้สำหรับการต่อบริเวณขาหลังกับพนังข้าง ขาหลังกับพนักพิงการต่อตัวแอล (ภาพที่ 1-ข) จะใช้สำหรับการต่อบริเวณขาหน้ากับพนังข้าง ขาหน้ากับพนังหน้า ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 รูปแบบการต่อในชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์

การทดสอบข้อต่อเฟอร์นิเจอร์จะใช้การคำนวณหาค่าแรงโมเมนต์ดัดของข้อต่อ ดังภาพที่ 3 โดยการหาความแข็งแรงที่ข้อต่อจะมีลักษณะเป็นโมเมนต์ตามกฎของความสมดุลสภาพคงที่ทำให้แรงดึงมีค่าเท่ากับแรงกดแต่มีทิศทางตรงกันข้ามแรงกดที่กระทำบนปลายของตัวไม้ทดสอบสามารถหาความแข็งแรงสูงสุดของข้อต่อได้ (Eckelman, 1971.) โดยใช้สูตรคำนวณหาความแข็งแรงของข้อต่อตัวแอล (L)



ภาพที่ 3 วิธีการทดสอบ (Tankut and Tankut, 2005.)

$$M = P \times L \quad (1)$$

เมื่อ

M = แรงโมเมนต์ดัด (นิวตัน-มิลลิเมตร)

P = แรงที่กระทำบนตัวราง (นิวตัน)

L = ระยะห่างจุดที่แรงกระทำถึงบ่าเดือย (มิลลิเมตร)

โดยที่มีระยะทางจากจุดกดถึงจุดหมุนของข้อต่อเท่ากับ177 มิลลิเมตรคูณกับแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดจะได้ค่าแรงโมเมนต์ดัดจากการทดสอบ (สมชาย เวชกรรม, 2532.)

พฤติกรรมของข้อต่อมีความซับซ้อนและมีผลเกิดขึ้นที่มากมายจากประเภท และจำนวนอุปกรณ์ยึดติด (Fastener) และชนิดกาวที่ใช้ ในส่วนของข้อต่อประเภทสลักเดือยนั้น จำนวนสลักเดือย ระยะห่างระหว่างสลักเดือย ขนาด ความยาวและประเภทกาวเป็นองค์ประกอบที่กำหนดลักษณะของข้อต่อในงานเฟอร์นิเจอร์ (Guntekin, 2003.), (Tas, 2010.) ซึ่งองค์ประกอบที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของข้อต่อมี 3 องค์ประกอบ คือ

- พื้นที่จับยึดกาวเป็นพื้นที่ที่มีกาวเกาะติดถ้ามีเนื้อกาวติดอยู่บริเวณข้อต่อมากพอจะส่งผลต่อความแข็งแรง
- ความแข็งแรงของข้อต่อก่อนทากาวขึ้นอยู่กับการเตรียมชิ้นข้อต่อให้มีการสวมพอดีทั้งเดือยและร่องเดือย
- วัสดุที่ใช้มีทั้งในส่วนของไม้ กาว ขนาดของสลักเดือย ขนาดร่องเดือย

จากองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ พบว่า ขนาดและความยาวของสลักเดือยส่งผลต่อพื้นที่การติดกาวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแข็งแรงของข้อต่อ (Zhang and Eckelman, 1993.) ขนาดความยาวและจำนวนของเดือยที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ข้อต่อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเพราะมีพื้นที่ติดกาวมากโดยสลักเดือยจำนวน 2 ตัว มีความแข็งแรงกว่าสลักเดือย 1 ตัวประมาณร้อยละ 60 และสลักเดือย 3 ตัวมีความแข็งแรงมากกว่าสลักเดือย 2 ตัว ประมาณร้อยละ 40 (สมชาย, 2532.) แล้วเมื่อทดสอบประเภทของเดือยแต่ละชนิดจะพบว่า สลักเดือยสามารถรับแรงดัดได้มากกว่าเดือยประเภทอื่น (Efe et al., 2005.), (Kamperidou and Vasileiou, 2012.) ส่วนตำแหน่งของสลักเดือยข้อต่อส่วนมากจะรับแรงโมเมนต์ดัดซึ่งเป็นสาเหตุของการแตกแยกของข้อต่อดังนั้นการวางตำแหน่งของเดือยให้มีขอบของเดือยอยู่ใกล้ขอบของพนังมากที่สุดก็จะต้านโมเมนต์ดัดได้ดีที่สุดแต่ก็มีข้อจำกัดในการประกอบที่อาจจะเกิดการแตกของไม้

4.2 การออกแบบการทดลอง

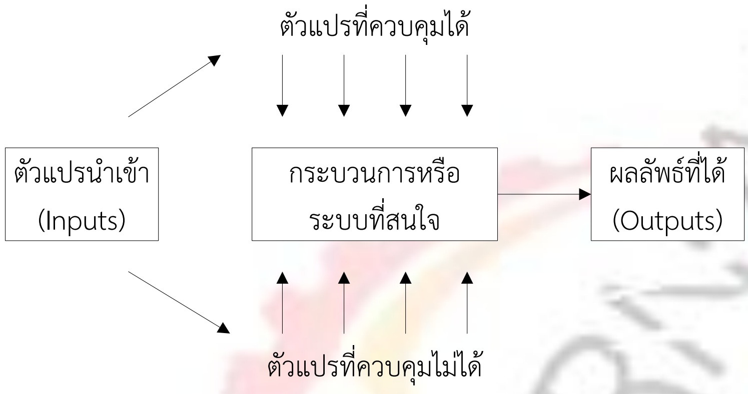
Montgomery (2005) ได้กล่าวไว้ว่า ถ้าต้องการให้การทดลองเกิดประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผลได้สูงสุดจะต้องนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการวางแผนการทดลองคำว่า “การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ” หมายถึงกระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อว่าจะได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติซึ่งจะให้สามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุผลได้ การออกแบบการทดลอง คือการทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือต่อเนื่อง โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจเพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์ได้ (Output) จากกระบวนการ โดยตัวแปรนำเข้าถูกจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ควบคุมได้และกลุ่มที่ควบคุมไม่ได้ดังภาพที่ 4

4.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

ปารเมศ ชุติมา (2545) ได้กล่าวไว้ว่าการทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงผลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไปในกรณีเช่นนี้การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) จะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลหมายถึงการทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้นตัวอย่างเช่นกรณี 2 ปัจจัยถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับและปัจจัย B ประกอบด้วย b

ระดับในการทดลอง 1 เรพลิเคต (Replicate) จะประกอบด้วยการทดลองทั้งหมด ab การทดลอง และเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลจะกล่าวได้ว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกันแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลทั่วไปมีรูปแบบทั่วไปคือ A*B*C แฟกทอเรียลรูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลที่สำคัญได้แก่

- 2^k แฟกทอเรียล (2^k Factorial Design) ใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่กำหนดระดับของปัจจัยเพียงแค่ 2 ระดับเท่านั้นในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย
- 3^k แฟกทอเรียล (3^k Factorial Design) ใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับใน k ปัจจัย



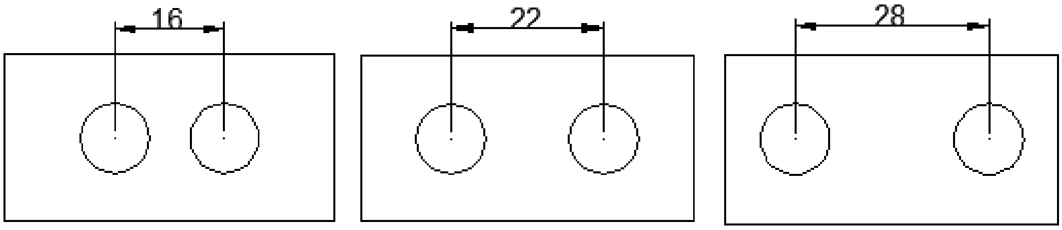
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการ

5. วิธีการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขออธิบายถึงการทดลอง โดยผู้วิจัยได้แบ่งตัวแปรการทดลองเป็น 2 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

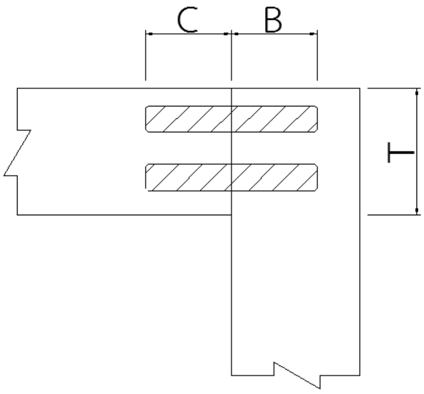
5.1 ตัวแปรอิสระ

ในการออกแบบการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของข้อต่อทั้ง 3 ส่วน คือ พื้นที่จับยึดกาว ความแข็งของข้อต่อก่อนทากาว และวัสดุที่ใช้ซึ่งผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงวัสดุที่ใช้ในส่วนของระยะความห่างของสลักเดือยและความลึกของรูเดือยซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งของความแข็งของข้อต่อก่อนทากาว ระยะห่างของสลักเดือยกำหนดออกเป็น 3 ระดับ คือระดับต่ำ (16 มิลลิเมตร) ระดับกลาง (22 มิลลิเมตร) ระดับสูง (28 มิลลิเมตร) ดังภาพที่ 5 ความลึกของรูเดือยข้อต่อหลัก (A) และความลึกของรูเดือยข้อต่อรอง (B) ดังภาพที่ 6 กำหนดออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (16) ระดับกลาง (24) และระดับสูง (32) ของความกว้างข้อต่อ ดังตารางที่ 1



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5 แสดงระยะห่างรูเจาะสลักเดือย (A)



ภาพที่ 6 แสดงความลึกของรูเจาะข้อต่อหลัก (B) และข้อต่อรอง (C)

ตารางที่1 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสามระดับ

ปัจจัย	ระดับปัจจัย			หน่วย
	ต่ำ	กลาง	สูง	
1. ระยะห่างของสลักเดือย (A)	16	22	28	มม.
2. ความลึกรูเจาะสลักเดือยข้อต่อหลัก (B)	16	24	32	มม.
3. ความลึกรูเจาะสลักเดือยข้อต่อรอง (C)	16	24	32	มม.

5.2 ตัวแปรตาม

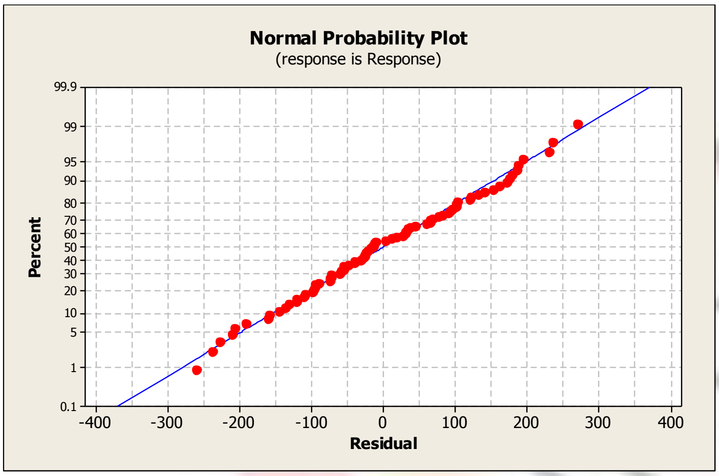
ตัวแปรตามในการทดลองครั้งนี้ คือแรงดัดโมเมนต์ในแต่ละการทดลอง ผู้วิจัยใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial Design) จะประกอบด้วยปัจจัยหลักที่ใช้ในการทดลอง 3 ปัจจัยแต่ละปัจจัยจะมี 3 ระดับและเพื่อความน่าเชื่อถือของการทดลองจะทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จะต้องเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 x 3 x 3 x 3 = 81 หน่วยการทดลอง

6. ผลการทดลอง

6.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง

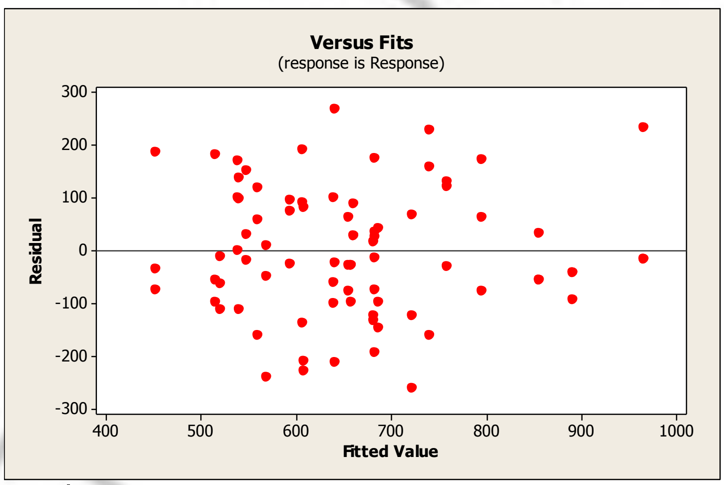
Montgomery (2005) ได้กล่าวไว้ว่า ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล ควรจะตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับจากการทดลองซึ่งประกอบไปด้วย 3 หัวข้อหลัก ดังต่อไปนี้

1) การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distributed) ของส่วนตกค้าง (Residual) ดังภาพที่ 7 พบว่าค่า Residual มีการกระจายตามแนวเส้นตรง จึงประมาณได้ว่าค่า Residual มีการแจกแจงปกติ



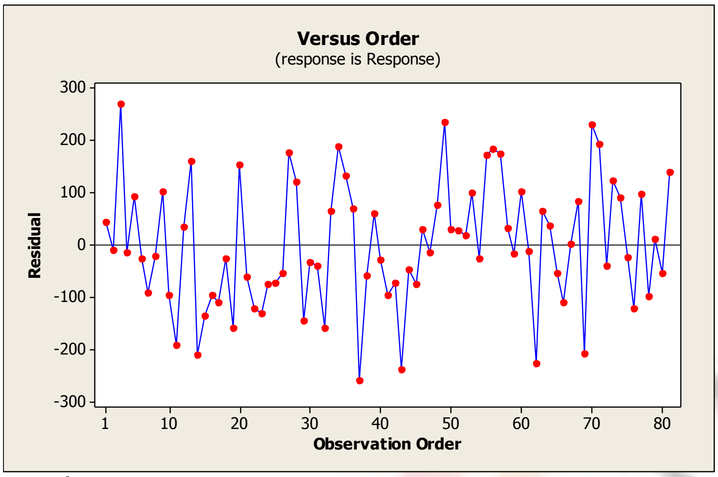
ภาพที่ 7 การกระจายตัวแบบปกติของ Residual

2) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (σ^2) ดังภาพที่8แสดงแผนภูมิการกระจายตัวของค่า Residual เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง (Fitted value) ค่า Residual มีค่าความแปรปรวนเสถียรอยู่ในระดับที่น่าพอใจ



ภาพที่ 8 การกระจายตัวของ Residual เทียบกับ Fitted Value

3) จากการตรวจสอบความเป็นอิสระของส่วนตกค้าง ดังภาพที่ 9 พบว่า การกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับลำดับการทดลอง (Observation order) ไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้ม จึงสรุปได้ว่า ค่าส่วนตกค้างมีความอิสระต่อกัน



ภาพที่ 9 การกระจายตัวของ Residual เทียบกับ Observation Order

จากการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง พบว่า ค่าส่วนตกค้างของข้อมูลที่ได้จากกการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ สรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากกาการทดลองชุดนี้มีความถูกต้องและเหมาะสมสำหรับการนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

6.2 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัย

การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยในการทดสอบแรงดัดโมเมนต์ของข้อต่อไม้ตามมาตรฐานการทดสอบ สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับได้ดังตารางที่ 2 และเมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป พบว่าผลกระทบร่วมนั้นมีผลต่อความแข็งแรงของข้อต่อไม้อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ดังภาพที่ 10

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดลอง 3^k Factorial

Estimated Effects and Coefficients for Response

Term	Coef	SE Coef	T	P
Const.	547.41	235.19	2.327	0.023
ระยะห่าง	-337.04	135.17	-2.493	0.015
ความลึกข้อต่อหลัก	114.81	135.17	0.849	0.009
ความลึกข้อต่อรอง	111.30	135.17	0.823	0.030
ระยะห่าง*ระยะห่าง	65.56	29.98	2.187	0.032
ความลึกข้อต่อหลัก*ความลึกข้อต่อหลัก	-30.00	29.98	-1.001	0.320
ความลึกข้อต่อรอง*ความลึกข้อต่อรอง	-38.33	29.98	-1.279	0.205
ระยะห่าง*ความลึกข้อต่อหลัก	34.44	21.20	1.625	0.109
ระยะห่าง*ความลึกข้อต่อรอง	37.78	21.20	1.782	0.079
ความลึกข้อต่อหลัก*ความลึกข้อต่อรอง	13.89	21.20	0.655	0.514

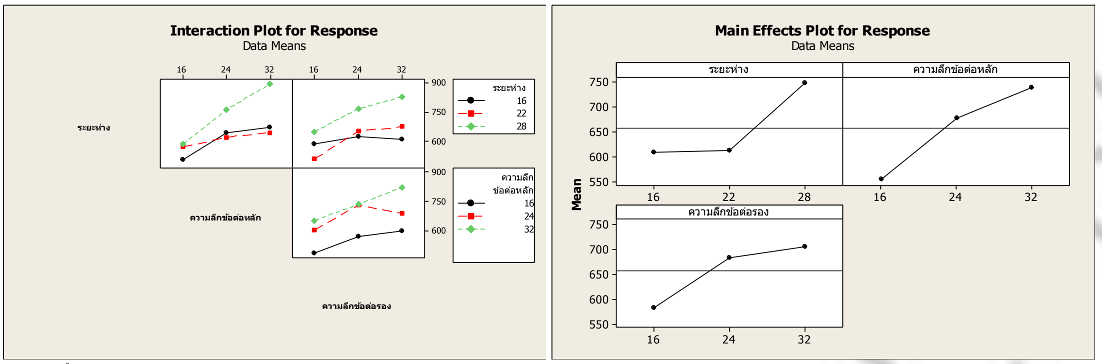
S = 127.181 PRESS = 1512055

R-Sq = 97.76% R-Sq(pred) = 93.86% R-Sq(adj) = 95.40%

Analysis of Variance for Response

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	1137656	1137656	126406	7.81	0.000
Linear	3	916617	135640	45213	2.80	0.046
Square	3	120006	120006	40002	2.47	0.069
Interaction	3	101033	101033	33678	2.08	0.110
Residual Error	71	1148433	1148433	16175		
Lack-of-Fit	17	332300	332300	19547	1.29	0.232
Pure Error	54	816133	816133	15114		
Total	80	2286089				

จากตารางที่ 2 พบว่าปัจจัยหลัก (Main effect) ที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของข้อต่อไม้ คือ ระยะห่างระหว่างสลักเดือย ความลึกรูเจาะสลักเดือยข้อต่อหลัก และความลึกรูเจาะสลักเดือยข้อต่อรองอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) จึงถือได้ว่าผู้วิจัยได้กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของข้อต่อไม้ได้อย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 10 แสดงอิทธิพลหลักและอิทธิพลแต่ละปัจจัย

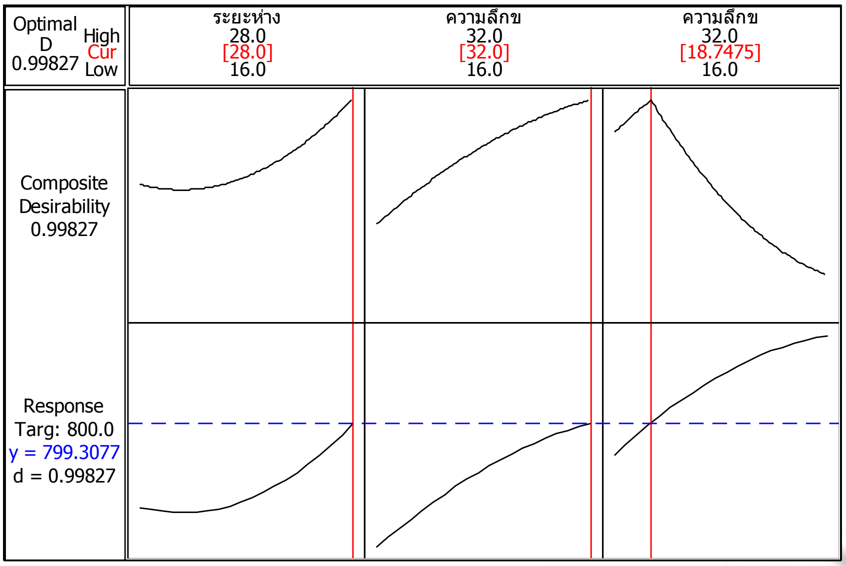
จากภาพที่ 10 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านระยะห่างของสลักเดือยพบว่าลักษณะเส้นกราฟลาดชันขึ้นมาก เมื่อระยะห่างเพิ่มมากขึ้น และพิจารณากราฟ Interaction Plot พบว่าเมื่อระยะห่างของสลักเดือยเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มระดับปัจจัยด้านความลึกรูเจาะข้อต่อหลักและความลึกรูเจาะข้อต่อรอง ให้มากขึ้น ทำให้ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มสูงมากขึ้น

ปัจจัยด้านความลึกรูเจาะข้อต่อหลัก พบว่าลักษณะเส้นกราฟลาดชันขึ้นเมื่อความลึกเพิ่มมากขึ้น และพิจารณากราฟ Interaction Plot พบว่าเมื่อความลึกรูเจาะข้อต่อหลักเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มสูง และเมื่อเพิ่มระดับปัจจัยด้านระยะห่างของสลักเดือยและความลึกรูเจาะข้อต่อรองให้มากขึ้น ทำให้ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มสูง

ปัจจัยด้านความลึกรูเจาะข้อต่อรอง พบว่าลักษณะเส้นกราฟลาดชันขึ้นเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น และพิจารณากราฟ Interaction Plot พบว่าเมื่อความลึกรูเจาะข้อต่อรองมากขึ้น จะทำให้ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มสูง และเมื่อเพิ่มระดับปัจจัยด้านระยะห่างของสลักเดือยและความลึกรูเจาะข้อต่อหลักให้มากขึ้น ทำให้ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มสูง

6.3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสม

ผลการทดลองด้านความแข็งแรงของข้อต่อไม้พบว่า 400 - 800 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร โดยงานวิจัยนี้ต้องการหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการกำหนดการเจาะรูเดือยเพื่อทำข้อต่อไม้ที่สามารถรับแรงได้มากสุดในช่วงดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการหาระดับปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมโดยได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงผลของระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อความแข็งแรง

จากภาพที่ 11 การใช้ Response Optimizer ในการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าควรเลือกใช้การเจาะรูสลักเดือยให้มีระยะห่าง28 มิลลิเมตร ความลึกของรูเจาะข้อต่อหลักเท่ากับ 32 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 2/3 ของความกว้างข้อต่อ และความลึกของรูเจาะข้อต่อรองเท่ากับ 18.7475 มิลลิเมตร จึงทำให้ข้อต่อไม้ที่ต่อด้วยสลักเดือยมีค่าการรับแรงสูงสุด

7. สรุปผลและอภิปรายผล

จากผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงข้อต่อเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารามี 3 ปัจจัยหลัก คือ ระยะห่างระหว่างรูเจาะสลักเดือย ความลึกรูเจาะข้อต่อหลัก และความลึกรูเจาะข้อต่อรองซึ่งปัจจัยด้านระยะห่างของรูเจาะสลักเดือยมีอิทธิพลมากสอดคล้องกับการทดสอบสลักเดือย 2 เดือย ในโครงโซฟามีความแข็งแรงแปรผันตรงเมื่อมีการเพิ่มระยะห่างของรูเจาะในไม้อัดและแผ่นไม้อัดเรียงชิ้น (OSB board) (Zhang at el. ,2002) โดยสามารถกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมได้ดังนี้ ระยะห่างระหว่างรูสลักเดือยให้มีระยะห่าง 28 มิลลิเมตร โดยมีระยะขอบของชิ้นทดสอบถึงสลักเดือยข้างละ 5 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบการเข้ามุมของแผ่นเอ็มดีเอฟ (MDF board) ด้วยสลักเดือยขนาด8 มิลลิเมตร โดยมีระยะขอบข้างละ 5 มิลลิเมตร สามารถรับการทดสอบด้วยแรงดัดได้ดีที่สุด (Ozcanet al., 2009) แต่ต่างจากงานวิจัยของ Kamperidouand Vassiliou (2010) ที่พบว่าระยะห่างรูเจาะสลักเดือยในไม้บีช (Beech) และไม้โอ๊ค (Oak) มีระยะห่าง 13 มิลลิเมตร สามารถรับดัดได้ดีสุดเมื่อเทียบกับการต่อด้วยรูปแบบอื่น ๆ ดังนั้นถ้าผู้ประกอบการ SMEs ให้ความสนใจในส่วนของความแข็งแรงจึงความเจาะด้วยดอกเดี่ยวจำนวน 2 ครั้ง แทนการเจาะด้วยเครื่องระบบ 32 เพียงครั้งเดียว ในส่วนของความลึกของรูเจาะข้อต่อหลักเท่ากับ 32 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 2 ใน 3 ของความกว้างข้อต่อ ซึ่งให้ความแข็งแรงในการรับแรงดัดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และความลึกของรูเจาะข้อต่อรองเท่ากับ 18.7475 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 4 ใน 5 ของความกว้างข้อต่อ และมีความลึกใกล้เคียงกับระดับต่ำสุดที่กำหนดไว้ คือ 16 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Warmbier and Wilczynski (2000) ที่พบว่าความลึกของรูเจาะสลักเดือยมีผลน้อยกว่าระยะห่าง

ระหว่างสลักเดือยในไม้บีช (beech) ดังนั้นในการเจาะไม้ข้อต่อรองสามารถเจาะที่ความลึก 16 มิลลิเมตร หรือ 20 มิลลิเมตร ได้ เพื่อทำให้ข้อต่อไม้ที่ต่อด้วยสลักเดือยมีค่าการรับแรงสูงสุด

8. เอกสารอ้างอิง

ปารเมศ ชุติมา. (2545). **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมชาย เวชกรรม. (2532). **ความแข็งแรงของข้อต่อไม้สักแบบเดือยในตัวและสลักเดือย.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(วนศาสตร์)บัณฑิตวิทยาลัย.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Eckelman, C.A. (1971). Bending stretchers and moment-rotation characteristics of two-pin moment resisting dowel joints, **FOREST PRODUCTS JOURNAL**, **Vol. 21(3)**, pp.35-39.

Efe, H. Z., Jilei, E., Yusuf Z. and Kasal, A. (2005). Moment capacity of traditional and alternative T-type end-to-side-grain furniture joints, **FOREST PRODUCT JOURNAL.Vol. 55(5),** pp. 69-73.

Guntekin, E. (2003). Performance of ready-to-assemble (RTA), **SDU FACULTY OF FORESTRY JOURNAL. Vol.2**, pp. 37-48.

Kamperidou, V., Vasileiou, V.(2010).STRENGTH PROPERTIES OF THE MOST FREQUENT CORNER AND MIDDLE JOINTS OF UPHOLSTERED FURNITURE FRAMES CONSTRUCTED WITH BEECH AND POPLAR SOLID WOOD, **paper presented in FIRST SERBIAN FORESTRY CONGRES,** Belgrade, Serbia.

Kamperidou, V., Vasileiou, V.(2012). Bending Capacity of Middle Joints of Upholstered Furniture Frames, **DRVNA INDUSTRIJA, Vol.63 (4),** pp. 255-261.

Warmbier, K. and Wilczynski, A. (2000). Strength and stiffness of dowel corner joints-effect of joint dimensions, **FOLIA FORESTALIA POLONICA, seria B, zeszyt 31,** pp. 29-41.

Montogomery, D.C. (2005). **Design and analysis of Experiment**,The United State of America:John Wiley & Sons,

Noll, T. (2003).**The Joint Book: The Complete Guide to wood Joinery.** Popular Woodworking Books,

Ozcan, C., Uysal, B., Kurt,Ş.,Esen, R. and Yildirim, M. N. (2009). STRENGTH PROPERTIES OF THE MOST FREQUENTCORNER AND MIDDLE JOINTS OF UPHOLSTERED FURNITURE FRAMES CONSTRUCTED WITH BEECH AND POPLAR SOLID WOOD, **BioResources, Vol.4 (4),** pp. 1682-1693.

Tankut, A.N. and Tankut, N. (2005).The effects of joint forms (shape) and dimensions on the strengths of mortise and tenon joints. **Turk J Agric For.Vol. 29,** pp. 493-498.

Tas, H.-H. (2010). Strength properties of L-profiled furniture joints constructed with laminated wooden panels, **Scientific Research and Essays, Vol. 5 (6),** pp. 545-550.

Zhang, J. and Eckelman, C.A. (1993). The Bending moment resistance of single-dowel corner joints in case construction, **FOREST PRODUCTS JOURNAL**, **Vol.43 (6)**, pp.19-24.

Zhang, J., Erdil, Y. Z. and Eckelman, C. A. (2002). Torsional strength of dowel joints constructed of plywood and oriented strand board, **FOREST PRODUCTS JOURNAL**, **Vol.52 (10)**, pp.89-94.

I-TECH JOURNAL LPRU
Industrial Technology