

ผลของระบบเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการเข้าไม้เพื่อ
การออกแบบของเล่นในทัศนะของผู้เชี่ยวชาญ
The effect of Structural Jointing System Using Wood Jointing
Assembly Method for Toy Design from the Expert's Point of View

พรเทพ เลิศเทเวศิริ¹
Pornthep Lerttevasiri¹

Received: 23/06/2021

Revised: 01/10/2021

Accepted: 10/11/2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และหาแนวทางการออกแบบระบบเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการเข้าไม้ด้วยวิธีการล็อกด้วยการเข้าไม้แบบต่าง ๆ สำหรับประกอบชิ้นงานไม้แทนนอตหรือสกรู โดยนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาวิธีการเข้าไม้ เพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตของเล่น สร้างคุณลักษณะใหม่ในการประกอบชิ้นงานและสร้างรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจด้วยวิธีการล็อก ตลอดจนเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนวิชาการออกแบบอุตสาหกรรมศิลป์ จึงเป็นที่มาในการออกแบบและพัฒนาระบบโครงสร้างการเข้าไม้ที่มีการล็อกโครงสร้างด้วยตัวเองโดยใช้แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเป็นวัสดุหลักในการวิจัย โดยวิเคราะห์รูปแบบการเข้าไม้ด้วยการวิเคราะห์เมทริกซ์ และเมทริกซ์การตัดสินใจ การใช้ระเบียบวิธีวิจัยด้วยการวิเคราะห์ส่วนได้ส่วนเสีย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NAKAYA บนไมโครซอฟต์ เอ็กเซล และแบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบแบบเป็นคู่ ผลการวิจัยพบว่า 1) การเข้าไม้ด้วยวิธีการล็อกแบบ Slot taper joint มีคุณลักษณะสำคัญที่โดดเด่นในทุกด้าน คือ ด้านโครงสร้างมีความเสถียรและไม่โคลงเคลง ด้านการใช้งานที่ประกอบง่าย ด้านรูปปรากฏที่มีความงาม และด้านความยืดหยุ่นที่มีจำนวนชิ้นส่วนที่เหมาะสมในการปรับใช้กับพื้นผิววัสดุอื่น 2) การเข้าไม้ด้วยวิธีการล็อกแบบ Slot clip joint มีคุณลักษณะสำคัญในด้านรูปปรากฏที่มีเอกลักษณ์ของการล็อกที่โดดเด่น ดูมีราคา และมีมูลค่า และ 3) การเข้าไม้ด้วยวิธีการล็อกแบบ Slot halved joint มีคุณลักษณะสำคัญในด้านความยืดหยุ่นที่มีจำนวนชิ้นส่วนที่เหมาะสม

คำสำคัญ: ระบบการเชื่อมต่อโครงสร้าง วิธีการเข้าไม้ การออกแบบของเล่น

Abstract

The objectives of this research are to study and design guideline of structural jointing system using wood jointing assembly method for assembling wooden work pieces instead of nuts or screws. Wood jointing methods of toy manufacturing is applied for future research and development of industrial design and educational purposes. That's the source, invented with the innovative design of a self-locking wood entry system using Medium Density Fiber Board as the main material for research. The research instruments were developed by the Matrix Analysis, Decision Making Matrix. Trade-off analysis methodology using Multivariate Analysis by NAKAYA program on Microsoft Excel, and expert opinion questionnaire which analyzed the data with Paired Comparison Analysis. The findings revealed that: 1) The slot taper joint locking method has the most excellent feature in every aspect. The structure is stable and does not wobbly, the functionality is easy to assemble. The appearance is unique, flexible with number of parts can be adapted

¹ สาขาวิชาศิลปศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Art Education Program, Faculty of Education, Chulalongkorn University

ผู้สนับสนุนประสานงาน อีเมล: Pornthep.le@chula.ac.th

to more materials. 2) The Slot clip joint locking method has an important feature in the appearance of the lock that unique, distinctive, look costly and luxury. 3) The Slot halved joints locking method have an important feature in the flexibility with suitable number of parts.

Keywords: Structural Jointing System, Wood Jointing Assembly Method, Toys designing

1. บทนำ

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับเด็กเล็กส่วนหนึ่งมีสาเหตุที่เกิดจากการเล่นของเล่น การประกอบชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานที่ต้องใช้นอตหรือสกรูในการประกอบ หากชิ้นงานมีการแตกหักก็จะเกิดอันตรายกับเด็ก ของเล่นไม้ที่ผลิตในประเทศไทยเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ ทั้งคุณภาพและกระบวนการผลิตการออกแบบที่มีมาตรฐาน กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (DITP) แนะนำผู้ผลิต ผู้ส่งออกของเล่นวางแผนขยายตลาดส่งออกต่างประเทศ พบความต้องการเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง สินค้าไทยมีความได้เปรียบหลายรายการ เพราะมีการพัฒนาคุณภาพการออกแบบ การผลิตที่ได้มาตรฐาน (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2564) แต่ปัญหาการออกแบบของเล่นเนื่องจากการออกแบบและการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือการลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประกอบชิ้นงานไม้ที่ใช้ชิ้นส่วนโลหะ นอต สกรูที่ไม่คำนึงถึงมาตรฐานความปลอดภัย ทำให้เกิดการแตกหักระหว่างการเล่น สอดคล้องกับการวิจัยในเรื่องอุบัติเหตุในเด็กของโครงการวิจัยเพื่อสร้างเสริมความปลอดภัยในเด็ก ภาควิชา กุศลเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี (อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์, 2548) พบว่า สาเหตุสำคัญที่ทำให้เด็กต้องบาดเจ็บมารับการตรวจรักษาคือการพลัดตกหกล้ม ผลิตภัณฑ์อันตรายที่พบว่าเป็นสาเหตุของการบาดเจ็บได้บ่อยคือผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับโครงสร้างบ้านและเฟอร์นิเจอร์หลัก ยานพาหนะ สุนัขกัด และของเล่นที่แตกหัก มีคม และอันตรายจากการกลืนชิ้นส่วนโลหะ เช่น แม่เหล็กหรือสกรูขนาดเล็ก ซึ่งส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยตามมาตรฐานความปลอดภัยของเล่นยุโรป EN71 ด้านความปลอดภัยทางกายภาพและทางสารประกอบเคมี ตะกั่ว และโลหะหนัก ที่เป็นอันตราย โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ของเล่นไม้ในปัจจุบันมีส่วนประกอบหลายชิ้น ประกอบโดยการใช้สกรู อุปกรณ์น็อคดาวน ในการประกอบชิ้นส่วน และใช้ไม้จริงเป็นวัสดุหลักจึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงและแนวโน้มในอนาคตจะใช้วัสดุทดแทนไม้จริงมากขึ้น เช่น ไม้อัดหรือแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมากขึ้น เพื่อลดต้นทุนและง่ายต่อการควบคุมการผลิตให้ได้มาตรฐานและลูกค้าต้องศึกษาวิธีการประกอบสินค้าด้วยตัวเอง จึงเป็นที่มาในการออกแบบนวัตกรรมระบบโครงสร้างการประกอบด้วยวิธีการเข้าไม้แบบต่างๆ ที่มีการออกแบบให้ล็อกโครงสร้างด้วยตัวเองโดยระบบเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการเข้าไม้หลายวิธี และหลายปัจจัยในการพิจารณาในการเข้าไม้ตามคุณสมบัติของวัสดุและวัตถุประสงค์ของการต่อไม้ และใช้แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (MDF หรือ Medium Density Fiber Board) ซึ่งเป็นวัสดุทดแทนไม้เป็นวัสดุหลักในการทำงาน สามารถขึ้นรูปด้วย CNC Router ด้วยเหตุนี้จึงนำมาสู่การศึกษาเพื่อค้นหาคำตอบเกี่ยวกับโครงสร้างการเข้าไม้ที่เหมาะสมทั้งในรูปแบบโครงสร้างปิด และโครงสร้างเปิดด้วยแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะศึกษาระบบเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการเข้าไม้เพื่อการออกแบบของเล่นในทัศนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตของเล่น โดยสร้างคุณลักษณะใหม่ในการประกอบชิ้นงาน และสร้างรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ให้มีการใช้งานที่ดีและสวยงามน่าสนใจ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาระบบเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการเข้าไม้เพื่อการออกแบบของเล่นในทัศนะของผู้เชี่ยวชาญ

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาและหาแนวทางการออกแบบการประกอบด้วยวิธีการล็อกด้วยการเข้าไม้แบบต่าง ๆ จึงศึกษาและทบทวนวรรณกรรม ดังต่อไปนี้

3.1 ของเล่นที่ทำจากไม้

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาองค์ประกอบในการออกแบบของเล่นไม้และประเภทของเล่นการขับขี่สำหรับเด็ก ดังนี้

3.1.1 องค์ประกอบในการออกแบบของเล่น

การออกแบบของเล่นตามพฤติกรรมและพัฒนาการการเรียนรู้ของเด็กเล็ก (พรเทพ เลิศเทวศิริ, 2533) แบ่งตามองค์ประกอบทั้งหมด 12 ข้อ ดังนี้ 1) ความปลอดภัย 2) โครงสร้างและประโยชน์ใช้สอย 3) จิตวิทยาพัฒนาการเด็ก 4) วัสดุ 5) รูปร่าง รูปทรง 6) กรรมวิธีการผลิตแบบ Lean Manufacturing ที่กำจัดความสูญเปล่าในกระบวนการ 7) พื้นผิวสัมผัส

8) สีแบบ Nontoxic paint ไม่มีสารโลหะหนักเกินปริมาณที่กำหนด 9) ขนาด 10) น้ำหนัก 11) ลวดลายและภาพประกอบบนของเล่น และ 12) สภาพแวดล้อม คติความเชื่อ และวัฒนธรรม

3.1.2 ประเภทของเล่นการขี่สำหรับเด็ก

ของเล่นการขี่สำหรับเด็ก อาจนึกถึงเพียงวงล้อที่หมุนปกติ (Ride Toy Zone, 2021) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภท ดังนี้ 1) รถลากบรรทุกสิ่งของและรถลาก ช่วงอายุที่เหมาะสม คือ 1-3 ปี 2) ม้าโยก รถยนต์ ของเล่นเหล่านี้มีฐานโค้งพร้อมโยก เด็กจะเคลื่อนไหวตัวเองโดยการดันพื้นเพื่อให้โยกด้วยตนเองช่วงอายุที่เหมาะสม: 1-3 ปี 3) ของเล่นขับเคลื่อนด้วยเท้า ใช้วิธีการนั่งคร่อมของเล่นและขยับก้าวเท้าเดิน ช่วงอายุที่เหมาะสมประมาณ 1-2 ปี 4) ของเล่นถีบโยก ช่วงอายุที่เหมาะสมประมาณ 2-3 ปี 5) รถยนต์สำหรับเด็กที่ใช้แบตเตอรี่ ช่วงอายุที่เหมาะสมประมาณ 3 ปีขึ้นไป และ 6) จักรยานและสกูตเตอร์ เป็นของเล่นที่เหมาะสมกับช่วงอายุ 3 ปีขึ้นไป

ผู้วิจัยสังเกตได้ว่า ของเล่นการขี่ประเภทม้าโยก ยานพาหนะโยก เป็นของเล่นที่รับแรงกระทำจากน้ำหนักของเด็กที่นั่งขี่โยกตัว และแรงบิด แรงกดและแรงดึงจากการเล่นโยกที่รุนแรง ดังนั้นเพื่อการทดสอบความแข็งแรงของระบบการล็อกโครงสร้างด้วยการเข้าไม้ จึงควรนำมาออกแบบระบบการล็อกด้วยวิธีการเข้าไม้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ต่อไป

3.2 การออกแบบการเข้าไม้ (Wood Joints Design)

การเข้าไม้ (Wood Joints) คือ การรวมชิ้นไม้ตรงบริเวณรอยต่อเพื่อผลิตงานด้วยการเชื่อมรอยต่อไม้ระหว่างสองชิ้นหรือระหว่างขอบเข้าด้วยกันที่มีมุมที่ตั้งฉากกันหรือไม่ตั้งฉากอาจใช้กาวหรือตัวยึดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงประสิทธิภาพ และความแข็งแรงของข้อต่องานไม้

3.2.1 การประกอบไม้ (Wood Joinery) การเข้าไม้หรือการต่อไม้นั้น มีวิธีการต่อหลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของประเภทงาน ซึ่งวิธีการเข้าไม้มีตั้งแต่แบบดั้งเดิมและได้รับการพัฒนาเป็นรูปแบบที่ทันสมัยที่หลากหลายมากขึ้นจนถึงปัจจุบัน ดังนี้ 1) การต่อแบ่งครึ่ง (Halved joint) คือ การเข้าไม้ด้วยการเสียบทับ โดยจุดที่ติดกันจะบากไม้ออกครึ่งหนึ่งทั้งสองฝั่ง ซึ่งการจะทำให้แน่นมากขึ้นมักจะมาคู่กับการต่อสลอต ป้องกันแรงบิดออกจากกันได้ดี ข้อต่อไม้ประเภทนี้มีประโยชน์อย่างมากสำหรับการรองรับหรือเพิ่มความแข็งแรงของไม้สองชิ้น (Gary, 2020) 2) การต่อสลอต (Slot Joint) คือ การต่อที่ใช้ความโค้งของไม้จากมุมภายในทั้ง 2 ด้าน ซึ่งมีหลากหลายวิธีสำหรับการเข้าไม้เพราะใช้ CNC ในการตัด ซึ่งความกว้างของช่องเป็นสิ่งจำเป็นในความพอดีและตรงปลายไม้ต้องมีการซ่อนมุมแบบการต่อสลอต (Dog bone) 3) การต่อเข้าเดือย (Tenon Joint) คือ การต่อไม้ที่มีเทคนิคความหลากหลายมากที่สุดในงานไม้และเฟอร์นิเจอร์ เดือยนี้จะทะลุผ่านรูของไม้หรือไม้ก็ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบและการต่อเดือย หากการต่อแบบบากเข้าเดือยถูกนำมาใช้กับแนวไม้ตามยาวจะเป็นการเข้าร่องลิ้นแทน (Tongue and Groove) (Mario, 2019) และ 4) การต่อดิจิทัล (Digital Joint) คือ การผลิตชิ้นส่วนวัสดุให้ได้ขนาดและรูปทรงตามที่ต้องการด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติที่ทำงานได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (CNC) ซึ่งถูกดัดแปลงให้ง่ายขึ้นกว่าระบบการเข้าไม้แบบดั้งเดิม แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ Frame joints, Board joints และ Carcass joints (Mark, 2014)

3.2.2 ลักษณะตัวล็อก (Locking Joints) (Mark, 2014) 1) ตัวล็อกประสาน (Interlocking Joint) คือ รูปแบบการต่อด้วยการกระตุกหรือการกระทุ้งเบาๆ โดยใช้ส่วนยื่นด้านหนึ่งใส่เข้าไปในช่องที่บากเป็นร่องอีกด้านหนึ่ง เพื่อให้เกิดการล็อกโครงสร้างไม้ด้วยตัวของมันเอง การสร้างส่วนข้อต่อล็อกซึ่งมีลักษณะเฉพาะสามารถสร้างได้หลากหลายรูปแบบ โดยสร้างขึ้นจากเครื่อง Router 2) ตัวล็อกสปริง (Spring Joint) คือ การออกแบบตัวล็อกที่ไม่จำเป็นต้องใช้กาว โดยใช้ความยืดหยุ่นของข้อต่อและเดือย เมื่อ Spring Lock ถูกบีบจะเลื่อนลงไปในร่องและล็อกในตำแหน่งชิ้นส่วนนั้นทันที ซึ่งเป็นชิ้นส่วนช่วยยึดที่แข็งแรงมาก สามารถถอดเข้า-ออกได้บ่อย ปัจจัยที่ทำให้เกิดความพอดีของรอยต่อ คือ ระยะห่างความยาวและจำนวนของช่องไม้ ระยะระหว่างเดือยกับเดือย ความหนา และประเภทของไม้ และ 3) ตัวล็อกลิ้น (Wedge Joint) (Ted, 2019) คือ ตัวลิ้นไม้ที่ไม่ได้ถูกยึดด้วยกาว ทำให้งานไม้รัดกุมมากขึ้นด้วยการดันลิ้นให้ลึกเข้าไป ตัวลิ้นต้องเป็นไม้ที่เนื้อแน่นและแข็ง มีสัดส่วนความยาวประมาณ 1 ใน 3 ของช่องสอดไม้ ซึ่งมีทั้งลิ้นขาเดียวและลิ้นขาคู่ โดยลิ้นขาคู่จะเพิ่มแรงอัดทำให้งานแน่นหนามากขึ้น

ในอุตสาหกรรมผลิตของเล่นการต่อไม้มีพื้นที่เชื่อมติดต่อกันด้วยกาวแบบติดแน่นถาวร ส่วนตัวล็อกไม้เป็นการประกอบของไม้สองชิ้นมีเทคนิคการล็อกที่สามารถถอดประกอบได้ การผลิตของเล่นจะมีทั้งการต่อไม้ในรูปแบบการต่อแผ่นไม้จริงด้วยกาวติดไม้ และการใช้ตัวล็อกเชื่อมต่อแผ่นไม้ที่สามารถถอดออกได้ ซึ่งการทำของเล่นไม้ด้วยวิธีการล็อกจะนิยมแบบ Interlocking joint และตัวล็อกแบบลิ้นแบบ Wedge joint เพราะทำให้ชิ้นงานสองชิ้นเชื่อมต่อกันได้แน่นไม่คลายหลุดง่าย

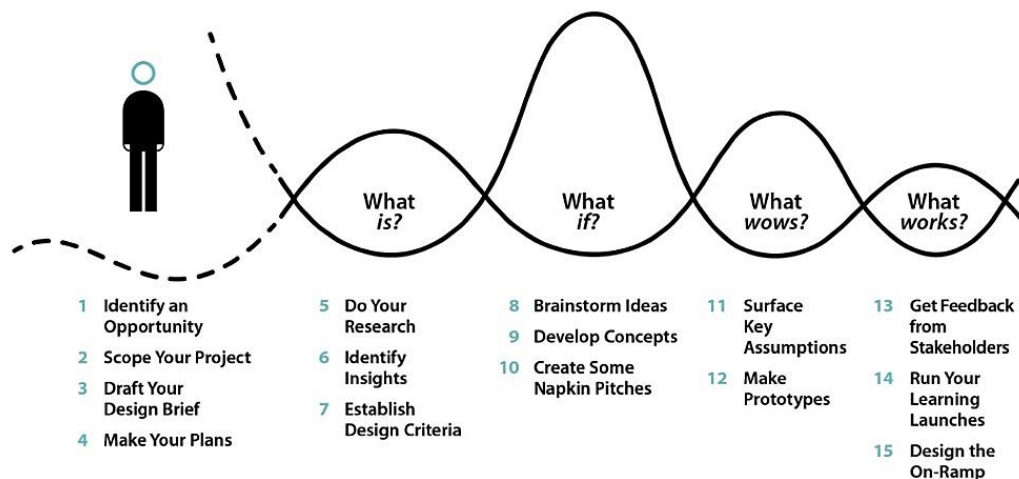
3.2.3 ประเภทของไม้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมของเล่น ในอดีตไม้เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายตามธรรมชาติ ในปัจจุบันเราไม่สามารถนำไม้ในป่าธรรมชาติมาแปรรูปใช้งานได้เหมือนเช่นยุคก่อน ๆ แล้ว แต่ก็มีมีการปลูกป่าทดแทนเพื่อนำไม้มาใช้งาน โดยเฉพาะ ซึ่งไม้ที่นำมาแปรรูปใช้ในงานก่อสร้างหรืองานสถาปัตยกรรม ได้แยกประเภทไม้ตามลักษณะความแข็งแรงของไม้

(Wazzadu, 2560) ดังนี้ 1) ไม้เนื้อแกร่ง เป็นไม้ที่มีการเจริญเติบโตช้ามากที่สุด จึงทำให้มีวงปีถี่ โดยมีอายุเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 60-70 ปีขึ้นไป จึงจะนำมาใช้งานได้ เนื้อไม้มีสีเข้มค่อนข้างแดง น้ำหนักไม่มาก แต่แข็งกว่าไม้เนื้อแข็ง 2) ไม้เนื้อแข็ง เป็นไม้ที่มีวงปีมากกว่าไม้เนื้ออ่อน เพราะมีการเจริญเติบโตช้ากว่า โดยเฉลี่ยมีอายุหลายสิบปี จึงนำมาใช้งานได้ ลักษณะทั่วไปของไม้เนื้อแข็ง ผิวสัมผัสของเนื้อไม้จะมีความมัน ลวดลายละเอียด เนื้อแน่น สีเข้ม (แดงถึงดำ) มีน้ำหนักมาก แข็งแรงทนทาน 3) ไม้เนื้ออ่อน เป็นไม้ที่มีวงปีกว้างมาก เนื่องจากเป็นไม้โตเร็ว ลำต้นใหญ่ เนื้อค่อนข้างเหนียว แต่แปรรูปได้ง่าย เนื้อไม้มีสีจางหรือค่อนข้างซีด ความทนทานมีขีดจำกัดไม่สามารถรับน้ำหนักได้มากเท่าที่ควร จึงเหมาะกับงานในที่ร่ม หรือ งานชั่วคราวเป็นส่วนใหญ่ วัตถุประสงค์ในการผลิตของเล่นไม้ ได้แก่ ไม้สนที่มีเนื้อขาว ลายไม้ชัดเจนและไมยางพาราที่ผ่านการอบยาฆ่าเชื้อราและกำจัดแมลงแล้วเท่านั้น และ 4) วัสดุ MDF (Medium Density Fiber Board) หรือ แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ประเภท Composite Panel ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำเส้นใยของไม้ หรือ พืชที่มีเส้นใย หรือ เส้นใยของวัสดุลิกโนเซลลูโลส (Lignocelluloses Material) เช่น ไม้ยูคาลิปตัสและยางพารา เป็นต้น แล้วจึงอัดเป็นแผ่นโดยกรรมวิธีแห้ง คือ อัดด้วยความร้อน (Dry Process) เพื่อให้เกิดความยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยจนเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้เนื้อไม้มีความแน่น ละเอียด ผิวเนียน โดยมีกาวยสังเคราะห์ที่นิยมใช้ คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางในปัจจุบันนี้ มีขนาด 4 x 8 ฟุต มีความหนาตั้งแต่ 3 มิลลิเมตร ถึง 25 มิลลิเมตร และต้องเป็นเกรดมาตรฐานยุโรป (E1) ที่มีมาตรฐานความปลอดภัยในสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิต

ดังนั้น ของเล่นที่ดีต้องคำนึงถึงในด้านการออกแบบการเข้าไม้ให้เหมาะสมกับโครงสร้างของของเล่น การวิจัยนี้จึงวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบการถือด้วยการเข้าไม้ด้วยวิธีต่างๆ จำนวน 10 แบบ เพื่อตัดสินใจเลือกโครงสร้างการเข้าไม้ทั้งในรูปแบบโครงสร้างปิดและโครงสร้างเปิดในแนวทางเดียวกัน คือ การพิจารณาในการเข้าไม้ร่วมกับการเลือกประเภทของไม้ ซึ่งแผ่นใยไม้อัดมีคุณสมบัติที่ดีไม่เกิดปัญหาในระยะยาวในการเปลี่ยนรูปของไม้ แรงกระทำจากภายนอก รวมถึงความชื้นอีกด้วย การประกอบไม้พิจารณาร่วมกับลักษณะการต่อไม้และลักษณะตัวล็อกเนื่องจากของเล่นการซบซึ่มมีความแตกต่างในการเล่น และคุณสมบัติที่โดดเด่นในแต่ละด้าน

3.3 กระบวนการออกแบบของเล่นไม้โดยใช้วิธีการออกแบบ Design Thinking

การออกแบบของเล่นไม้แตกต่างจากกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งปัจจุบันจะเน้นวิธีการออกแบบขึ้นกับว่าจะเริ่มจากจุดไหน ในการวางแผนวิจัยการออกแบบครั้งนี้จะใช้กรอบแนวคิดของ Liedtka & Ogilvie (2020) ในการสร้างภาพรวมวิธีการออกแบบ ดังนี้



รูปที่ 1 วิธีการออกแบบ Design Thinking

จากรูปที่ 1 ภาพรวมวิธีการออกแบบนี้ หัวข้อแรกจะเน้นการตั้งโจทย์ปัญหา และการค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์เพื่อหาคุณลักษณะสำคัญ ข้อเด่นข้อด้อยของสิ่งที่ทำการศึกษเพื่อสร้างข้อสรุปภาพรวมในการออกแบบ (Design Brief) โดยมีหัวข้อที่ทำการศึกษาดังนี้

1) Project Description จะทำผลิตภัณฑ์อะไร ทำเพื่ออะไร 2) Intent Scope ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ด้วยการทำการวิเคราะห์เมทริกซ์ และเมทริกซ์การตัดสินใจ ทำการกำหนดขอบเขตสิ่งที่จะทำ พิจารณาจุดเด่นจุดด้อย เพื่อสร้างแนวทางที่

แตกต่าง 3) Expected Outcome เมื่อทำผลิตภัณฑ์ออกมาแล้วมีความคาดหวังผลที่ได้จะเป็นอย่างไร 4) Success Matrix อะไรคือตัวชี้วัดความสำเร็จ 5) Exploration Question ตั้งคำถามเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของไอเดียและสมมติฐานการออกแบบ 6) Target User กลุ่มเป้าหมาย ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์นี้คือใคร และ 7) Research Plan จะวางแผนการออกแบบอย่างไร

กระบวนการวิจัยนี้ใช้หลักวิธีคิดการออกแบบ Design Thinking ของ Liedtka & Ogilvie (2020) ตั้งแต่การทำข้อสรุปการออกแบบ การวางแผนการวิจัย การกำหนดเกณฑ์การออกแบบ การพัฒนาแนวความคิด นำไปสู่การทำต้นแบบและการประเมินผลการออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

3.4 Matrix Analysis และ Decision Making Matrix

Matrix Analysis คือ การวิเคราะห์เมทริกซ์ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่จัดเรียงตำแหน่งอย่างเป็นระบบโดยอาศัยแถวและคอลัมน์ ซึ่งในการออกแบบและพัฒนา การประมวลผลความรู้ที่เกี่ยวข้องกับผลงานการออกแบบที่เกี่ยวข้องมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเมื่อนักออกแบบได้รับโจทย์ในการทำงานแต่ละโครงการ ย่อมมีความจำเป็นต้องศึกษาและวิเคราะห์แนวทางการออกแบบ วิธีการใช้งาน คุณลักษณะใหม่ๆ ของคู่แข่งซึ่งสามารถเรียกได้ว่า การศึกษาผลงานการออกแบบที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประมวลและจัดระบบระเบียบข้อมูล พร้อมทั้งสรุปลักษณะสำคัญที่เป็นภาพรวมของผลงานการออกแบบของคู่แข่งตลอดจนศึกษาความสัมพันธ์เชิงลึกระหว่างผลงานต่อผลงาน ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลงานที่เกี่ยวข้องทั้งในเชิงภาพรวมและได้ข้อสรุปเชิงความสัมพันธ์แล้ว นักออกแบบจะสามารถพัฒนาคุณลักษณะ (Characteristics) ให้กับผลงานของผู้วิจัยหรือนักออกแบบเองต่อไปอีกด้วย การวิเคราะห์ฐานข้อมูลการออกแบบด้วยการวิเคราะห์เมทริกซ์นั้น มีการวิเคราะห์ 3 รอบแนวทาง คือ 1) การหาค่าเฉลี่ย (Average) ที่เป็นภาพรวม 2) การหาค่าร้อยละ (Percentage) ของแต่ละตัวแปรคุณลักษณะ 3) การหาความสัมพันธ์ (Relationship) ระหว่างตัวแปร ซึ่งอาจจะเป็นระหว่างข้อมูลคุณลักษณะต่อข้อมูลคุณลักษณะ หรือระหว่างข้อมูลด้านสถานภาพ ต่อข้อมูลทางคุณลักษณะ

Decision Making Matrix คือ เมทริกซ์การตัดสินใจ เป็นการศึกษารายละเอียดเชิงลึกของข้อมูลที่ได้มาจากการวิเคราะห์เมทริกซ์ โดยทำการคัดเลือกแบบที่เหมาะสมกับโจทย์การออกแบบเพื่อนำไปกำหนดกรอบการวิเคราะห์เชิงลึก และมีการกำหนดค่าน้ำหนักคะแนนเพื่อจะได้ทิศทางในการตัดสินใจคัดเลือกแบบที่จะมาดำเนินการออกแบบ ในกำหนด Intent Scope เพื่อดำเนินการวิเคราะห์เมทริกซ์ เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะสำคัญตามสภาพความเป็นจริง และดำเนินการคัดเลือกโดยกำหนดเกณฑ์ Design Criteria เพื่อคัดเลือกแบบที่เหมาะสมมาทำการวิเคราะห์รายละเอียดของแบบด้วยเมทริกซ์การตัดสินใจ ก่อนได้ข้อสรุปมาดำเนินการออกแบบต่อไป (พรเทพ เลิศเทวศิริ, 2545)

3.5 Trade-off analysis

Trade-off analysis คือ การวิเคราะห์ส่วนได้ส่วนเสีย (การทดสอบสถานการณ์แบบหลายเกณฑ์) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในกรณีที่มีหลากหลายวัตถุประสงค์และความไม่แน่นอนในการจัดการเชิงกลยุทธ์ที่แตกต่างกัน ประโยชน์หลักของเครื่องมือนี้คือวิธีการตัดสินใจที่ชัดเจนและโปร่งใสมากขึ้น (Forestresearch, 2011)

3.6 การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบแบบเป็นคู่ (Paired Comparison Analysis)

การตัดสินใจในการออกแบบโดยใช้การวิเคราะห์ส่วนได้ส่วนเสีย เทคนิค Paired comparison (พรเทพ เลิศเทวศิริ, 2560) เป็นการประยุกต์วิธีการวิจัยการตลาด ซึ่งเป็นทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นโดย Sheffe ซึ่งเป็นการศึกษาข้อดีหลาย ๆ ข้อของผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ชิ้น และให้กลุ่มผู้ใช้ผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบสิ่งที่ดีของผลิตภัณฑ์สองชิ้นที่นำมาเปรียบเทียบกัน และมีการจัดอันดับสิ่งที่น่าประทับใจในผลิตภัณฑ์ หลาย ๆ ด้าน นำไปประมวลเพื่อปรับปรุงการออกแบบในขั้นสุดท้าย (Final decision) เพื่อความพึงพอใจของผู้บริโภค

การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบด้วยการเปรียบเทียบแบบเป็นคู่ เมื่อจำเป็นจะต้องเลือกสิ่งของที่มีความแตกต่างกันด้วยหลากหลายวิธี และจำเป็นจะต้องมีการตัดสินใจเลือกวิธีการที่ดีที่สุด สร้างกฎเกณฑ์การตัดสินใจขึ้นในลักษณะที่เป็นอันดับและแบ่งตีกีความสำคัญออกเป็น 1-5 ระดับการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบแบบคู่ เป็นวิธีที่ดีของการชั่งน้ำหนักเพื่อลำดับความสำคัญของเกณฑ์ ซึ่งอาจจะมีความขัดแย้งกันและไม่มีการระบุวัตถุประสงค์ที่แน่นอน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเมื่อมีการจัดลำดับความสำคัญที่มีความสำคัญไม่ชัดเจน หรือข้อกำหนดที่สำคัญ นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเปรียบเทียบอันดับ เช่น การเปรียบเทียบด้านคุณสมบัติ ก็จะต้องนำลักษณะคุณสมบัติที่ต้องการมาทำการระบุคะแนนก่อนล่วงหน้า และนำเกณฑ์หรือกติกาขึ้นมาใช้เปรียบเทียบวัตถุ สิ่งของ คน ที่ต้องการจะเลือก ผู้เชี่ยวชาญจะต้องมีกระบวนการตัดสินใจความสำคัญตามคุณสมบัติจากทักษะและประสบการณ์ส่วนตัวในการตัดสินใจเลือกให้น้ำหนักลำดับค่าความสำคัญของคะแนน หรือ ค่า priority (เอกกมล เอี่ยมศรี, 2564)

ข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นโดยเทคนิควิธีการเปรียบเทียบแบบเป็นคู่ ตามค่าลำดับความสำคัญของ

คะแนน (priority) วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Nakaya 4x4 บนไมโครซอฟต์ เอ็กเซล (Yamanaka, 1997) โดยตัวเลขที่มีค่าลำดับความสำคัญของคะแนนสูงสุดถือเป็นค่าที่มีความสำคัญที่สุดในหัวข้อการประเมิน ดังนั้น การสรุปการออกแบบจะต้องนำความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นตามค่าลำดับความสำคัญสูงสุคนำมาพิจารณาสรุปการออกแบบ

4. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ตัวแปรอิสระ คือ ระบบการล็อก ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการล็อกที่ส่งผลต่อโครงสร้างของเล่น โดยดำเนินการวิจัยด้วยระบบวิธีการเข้าไม้ด้วยการวิเคราะห์ส่วนได้ส่วนเสีย (Trade-off analysis) ตามทฤษฎีของเชฟเฟ (Sheffe) โดยใช้การวิเคราะห์แบบตัวแปรหลายตัว (Multivariate Analysis) เริ่มจากการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบการล็อกด้วยการเข้าไม้ด้วยวิธีต่าง ๆ จำนวน 10 แบบ โดยตรวจสอบลักษณะการประกอบไม้และลักษณะตัวล็อกของผลิตภัณฑ์ด้วยการเกณฑ์การประเมิน 4 ด้าน คือ โครงสร้าง การใช้งาน รูปปรากฏ และความยืดหยุ่น ด้วยการวิเคราะห์เมทริกซ์ (Matrix Analysis) เพื่อตัดสินใจเลือกโครงสร้างการเข้าไม้ทั้งในรูปแบบโครงสร้างปิดและโครงสร้างเปิด ที่มีความแข็งแรงและสามารถถอดประกอบได้ง่ายจำนวน 6 แบบ มาทำการวิเคราะห์ด้วยเมทริกซ์การตัดสินใจ (Decision Making Matrix) เพื่อคัดเลือกวิธีการเข้าไม้ 4 แบบ สำหรับผลิตต้นแบบเป็นของเล่นม้าโยกโครงสร้างไม้ระบบล็อกจำนวน 4 แบบ และหาข้อสรุปด้วยการวิเคราะห์ส่วนได้ส่วนเสีย (Trade-off analysis) โดยแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่าน ได้แก่ นักออกแบบของเล่นที่มีประสบการณ์ 5 ปีขึ้นไป จำนวน 1 ท่าน อาจารย์สอนวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์และประกอบอาชีพนักออกแบบด้วยจำนวน 2 ท่าน และอาจารย์สอนวิชาศิลปะและการออกแบบ จำนวน 1 ท่าน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Nakaya 4x4 บนไมโครซอฟต์ เอ็กเซล (Yamanaka, 1997) ในการวิเคราะห์ด้วยสถิติการเปรียบเทียบแบบเป็นคู่ (Paired comparison Analysis) กำหนดค่าเฉลี่ยของการยอมรับมากกว่า 0.01 และดำเนินการพัฒนาโครงสร้างที่มีรูปแบบการล็อกด้วยวิธีการเข้าไม้แบบต่าง ๆ นำมาประยุกต์ใช้งานต่อไป ดังขั้นตอนการวิจัยในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย	
1. การวิเคราะห์เมทริกซ์	ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบการล็อกด้วยการเข้าไม้ด้วยวิธีต่างๆ จำนวน 10 แบบ โดยตรวจสอบลักษณะการประกอบไม้และลักษณะตัวล็อกของผลิตภัณฑ์ด้วยการเกณฑ์การพิจารณา 4 ด้าน คือ 1) โครงสร้าง (ความแข็งแรง, การต้านแรงดึง การบิด, ความเสถียร ไมโคลงเคลง) 2) การใช้งาน (การประกอบง่าย, ทำความเข้าใจกับระบบล็อกได้ง่าย, การดูแลรักษาง่าย ซ่อมบำรุงง่าย, การรับน้ำหนัก, ความรู้สึกลดภัย, ระบบล็อกเป็นอุปสรรคต่อการเล่น) 3) รูปปรากฏ (ความมีเอกลักษณ์ของการล็อก, ความงามภาพรวมของผลิตภัณฑ์, ระบบการล็อกดูมีราคา มีมูลค่า) และ 4) ความยืดหยุ่น (จำนวนชิ้นส่วนที่เหมาะสม, การปรับใช้ได้กับพื้นผิววัสดุอื่น)
2. เมทริกซ์การตัดสินใจ	เป็นแบบประเมินเพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องแบบเชิงลึกต่อการประเมินการวิเคราะห์เมทริกซ์ จำนวน 6 แบบด้วยเกณฑ์เดียวกัน เพื่อคัดเลือกวิธีการเข้าไม้ 4 แบบ สำหรับผลิตต้นแบบเป็นของเล่นม้าโยก
3. ผลิตต้นแบบของเล่นม้าโยก	โครงสร้างไม้ระบบล็อกที่มีความแข็งแรงและสามารถถอดประกอบได้ง่าย โดยใช้แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางหนา 9 มิลลิเมตร จำนวน 4 แบบ คือ แบบที่ 1 Slot Taper Joint เป็นระบบเชื่อมต่อโดยใช้การหนีบของชิ้นส่วนตัวล็อกTaper 2 ชิ้น แบบที่ 2 Slot Halved Joint เป็นการเชื่อมต่อแบบเสียบเข้าร่องอย่างละครึ่งจนสุด แบบที่ 3 Slot Wedge Joint การใช้ลิ้มที่ทำจากเดือยกลมมาเป็นตัวเบียดให้แน่น ตรงจุดข้อต่อ แบบที่ 4 Slot Clip Joint เป็นการเชื่อมต่อโดยใช้ความยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมาเป็นตัวสปริงเพื่อใช้ในการล็อก
4. แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ โดยวิธีการเปรียบเทียบแบบเป็นคู่ (paired comparison) จำนวน 14 ข้อ

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย (ต่อ)

ขั้นตอนการวิจัย	
5. วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล Paired comparison ด้วย Tradeoff Analysis โดยใช้การวิเคราะห์แบบตัวแปรหลายตัว (Multivariate Analysis) ด้วย โปรแกรมสำเร็จรูป Nakaya 4x4 บนไมโครซอฟต์ เอ็กเซล (Yamanaka, 1997) โดยมีเกณฑ์ค่าลำดับความสำคัญ (priority) ดังนี้ 2 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด 1 หมายถึง เห็นด้วยมาก 0 หมายถึง ไม่มีความคิดเห็น -1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยมาก -2 หมายถึง ไม่เห็นด้วยมากที่สุด

5. ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการออกแบบของเล่นระบบเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการแบบเข้าไม้ในทัศนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์โครงสร้างการเข้าไม้ด้วยการวิเคราะห์เมทริกซ์

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบการล็อกด้วยการเข้าไม้พิจารณาสรุปจากการประกอบไม้ 4 ประเภท คือการต่อแบ่งครึ่ง การต่อแบบสลอต การต่อเข้าเตี้ย และการต่อติดจิก และลักษณะตัวล็อก 3 ประเภท คือ ตัวล็อกประสาน ตัวล็อกสปริง และตัวล็อกแบบลิ้ม จำนวน 10 แบบ ด้วยการวิเคราะห์เมทริกซ์ จำนวน 10 แบบ ดังนี้

Matrix analysis: Wood Joint Designs	CHARACTERISTIC							
	Carcase Joiney					Locking Joints		
	Digital halved slot joint	Halved slot tenon joint	Halve slot joint	Digital tenon joint	Tenon joint	interlocking Joint	Spring Joint	Wedge Joint
	•					•		
					•		•	
		•						•
		•						•
					•			•
	•					•		
			•			•		
			•			•		
				•		•		
				•		•		
Total (100%)	20	20	20	20	20	60	10	30

รูปที่ 2 ตารางการวิเคราะห์โครงสร้างการเข้าไม้ด้วยการวิเคราะห์เมทริกซ์

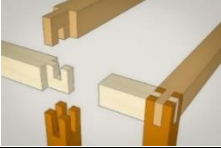
ตารางการวิเคราะห์เมทริกซ์จากรูปที่ 2 เป็นตารางเพื่อการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการศึกษาโดยภาพรวม โดยกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาคุณลักษณะและแสดงการเปรียบเทียบให้เห็นถึงจุดแข็งจุดอ่อน ข้อดีข้อเสียของแต่ละผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจในการออกแบบโดยภาพรวม

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์วิธีการประกอบไม้

รูปแบบการประกอบไม้	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	ผลการวิเคราะห์
1. Digital halved slot joint		พบในงานออกแบบ 20% มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมเข้ามุมแบบ 90 องศา มีฝาหรือไม้รูปทรงสี่เหลี่ยมปิดด้านบน เพื่อปิดช่องด้านในหรือรองรับน้ำหนักที่วางลงบนไม้ ซึ่งมีคุณสมบัติเพิ่มความแข็งแรง ทนแรงดึงของชิ้นไม้ และออกแบบได้หลากหลายรูปแบบ
2. Halved slot tenon joint		พบในงานออกแบบ 20% มีลักษณะโครงสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมคางหมู ที่ออกแบบให้ใส่ของหรือรองรับน้ำหนักได้ เข้ามุมแบบ 90 องศา ฐานของบางผลิตภัณฑ์ออกแบบให้โค้งสำหรับการโยกไป-กลับ ซึ่งมีคุณสมบัติรับแรงอัดไม่มีส่วนค้ำยันได้มากที่สุด แข็งแรงและทนแรงดึงของชิ้นไม้ได้มากที่สุด
3. Halve slot joint		พบในงานออกแบบ 20% มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมเข้ามุมแบบ 90 องศา มีฝาหรือไม้รูปทรงสี่เหลี่ยมปิดด้านบน เพื่อปิดช่องด้านในหรือรองรับน้ำหนักที่วางด้านบนโต๊ะ ซึ่งมีคุณสมบัติเพิ่มความแข็งแรงและทนแรงดึงของชิ้นไม้
4. Digital tenon joint		พบในงานออกแบบ 20% มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงอิสระ ตรงบริเวณด้านล่างกางออกเล็กน้อยเพื่อรองรับน้ำหนักและการทรงตัวที่เสถียร ไม่โคลงเคลง ซึ่งมีคุณสมบัติออกแบบได้หลากหลายรูปแบบและรับแรงอัดไม่มีส่วนค้ำยันได้มากที่สุด ดูแลรักษาง่าย มีจำนวนที่เหมาะสม
5. Tenon joint		พบในงานออกแบบ 20% มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมเข้ามุมแบบ 90 องศา ด้านบนเปิดเพื่อใส่ของได้เพิ่มความจุของโครงสร้าง ไม่มีส่วนค้ำยัน ประกอบง่าย ซึ่งมีคุณสมบัติรับแรงอัดได้มากที่สุด

ผลการวิเคราะห์วิธีการประกอบไม้ของผลิตภัณฑ์ ดังเช่นตารางที่ 2 พบว่า มีรูปแบบผสมผสาน มีคุณสมบัติร่วมกันหลายประการ ดังนี้ 1) โครงสร้างมีความแข็งแรง ด้านแรงดึง มีความเสถียร และไม่โคลงเคลง 2) การใช้งานคือประกอบง่าย ดูแลรักษาง่าย และรับน้ำหนักได้ดี 3) รูปร่างมีเอกลักษณ์และความสวยงาม และ 4) จำนวนชิ้นส่วนที่เหมาะสม

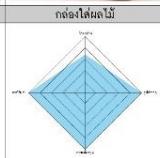
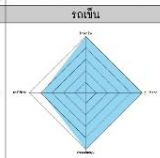
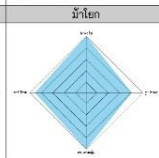
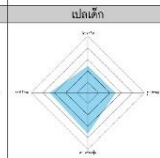
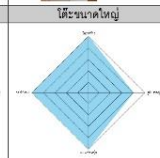
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะตัวล็อก

รูปแบบตัวล็อก	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	ผลการวิเคราะห์
1. Interlocking Joint		พบในงานออกแบบมากที่สุด 60% ในงานไม้ที่ต้องการความแข็งแรงทนทานต่อแรงกระแทก ด้านแรงดึงและบิด และรับน้ำหนักโดยไม่โคลงเคลง
2. Wedge Joint		พบในงานออกแบบ 30% ในงานไม้ที่ต้องการการเคลื่อนไหวยาก แข็งแรง และจัดเก็บได้ง่ายเวลาไม่ได้ใช้งาน
3. Spring Joint		พบในงานออกแบบ 10% ในงานไม้ที่ต้องการความแข็งแรง ทนทานต่อแรงกระแทก และน้ำหนักของที่บรรจุลงไป

ผลการวิเคราะห์ลักษณะตัวล็อกของผลิตภัณฑ์ ดังเช่นตารางที่ 3 พบว่า ตัวล็อกประสาน (Interlocking Joint) พบในงานออกแบบมากที่สุด โดยตัวล็อกมีคุณสมบัติร่วมกันหลายประการ ดังนี้ 1) โครงสร้างมีความแข็งแรง ด้านแรงดึงและบิด 2) การใช้งานคือ ล็อกได้ง่าย 3) รูปปรากฏมีเอกลักษณ์ของการล็อก และ 4) ความยืดหยุ่นที่สามารถปรับใช้ได้กับพื้นผิววัสดุอื่น

5.2 การวิเคราะห์โครงสร้างการเข้าไม้ด้วยวิธีการ เมทริกซ์การตัดสินใจ (Decision Making Matrix)

จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ด้วยการวิเคราะห์เมทริกซ์ เพื่อผลิตต้นแบบเป็นของเล่นม้าโยกที่มีโครงสร้างแข็งแรงและสามารถถอดประกอบได้ง่ายนำไปวิเคราะห์เชิงลึกด้วยวิธีเมทริกซ์การตัดสินใจ โดยพิจารณาจากโครงสร้าง การใช้งาน รูปปรากฏ และความยืดหยุ่น จำนวน 6 แบบ ดังนี้

Wood jointing toys													
		กล่องไม้ประดับ		กล่องไม้คั้น		รถเข็น		ม้าโยก		เบาะเด็ก		โต๊ะขนาดเล็ก	
													
		Weight of score		Weight of score		Weight of score		Weight of score		Weight of score		Weight of score	
1. โครงสร้าง		Height	Note	Height	Note	Height	Note	Height	Note	Height	Note	Height	Note
1.1 ความแข็งแรง	3x	3x2=6		3x1=3	ยึดแน่นไม่โยก	3x2=6		3x2=6		3x1=3	ยึดแน่นไม่โยก	3x2=6	
1.2 ความแข็งแรงดึง การบิด	2x	2x2=4		2x1=2	ยึดแน่นไม่โยก	2x2=4		2x2=4		2x1=2	ยึดแน่นไม่โยก	2x2=4	
1.3 ความแข็งแรง โน้ตของแรง	3x	3x2=6		3x2=6		3x2=6		3x2=6		3x1=3	ยึดแน่นไม่โยก	3x2=6	
รวมคะแนน		16		11		16		16		8		16	
2. การใช้งาน													
2.1 การประกอบง่าย	2x	2x1=2	ประกอบง่าย	2x2=4		2x1=2	ประกอบง่าย	2x1=2	ประกอบง่าย	2x2=4		2x2=4	
2.2 ความแข็งแรงการบิดได้ง่าย	2x	2x1=2	มีแรงกดการบิดจนสายรัดหลุด	2x2=4		2x1=2	มีแรงกดการบิดจนสายรัดหลุด	2x1=2		2x2=4		2x2=4	
2.3 การดูแลรักษาง่าย ซ่อมบำรุงง่าย	2x	2x1=2	พื้นผิวเรียบ	2x2=4		2x1=2	พื้นผิวเรียบ	2x2=4		2x2=4		2x2=4	
2.4 การทำความสะอาด	3x	3x2=6		3x2=6		3x2=6		3x2=6		3x1=3	ไม่เรียบ	3x2=6	
2.5 ความแข็งแรงทนทาน	3x	3x2=6		3x2=6		3x2=6		3x2=6		3x1=3	ดูไม่แข็งแรง	3x2=6	
2.6 ความแข็งแรงทนทานต่อแรงกด	2x	2x1=2	ยึดแน่นไม่โยก	2x2=4		2x2=4		2x2=4		2x1=2		2x2=4	
รวมคะแนน		20		28		22		26		20		28	
3. รูปปรากฏ													
3.1 ความแข็งแรงลักษณะการบิด	3x	3x1=3	ยึดแน่นไม่โยก	3x2=6		3x2=6		3x1=3		3x1=3	ยึดแน่นไม่โยก	3x1=3	
3.2 ความแข็งแรงการบิดได้ง่าย	2x	2x1=2		2x2=4		2x2=4		2x2=4		2x1=2		2x2=4	
3.3 ความแข็งแรงการบิดได้ง่าย	3x	3x1=3		3x2=6		3x2=6		3x2=6		3x1=3		3x2=6	
รวมคะแนน		8		16		16		13		8		13	
4. ความยืดหยุ่น													
4.1 จำนวนชิ้นส่วนประกอบ	2x	2x1=2		2x2=4		2x2=4		2x2=4		2x1=2		2x2=4	
4.2 การปรับใช้กับพื้นผิววัสดุอื่น	2x	2x1=2		2x2=4		2x2=4		2x2=4		2x2=4		2x2=4	
รวมคะแนน		4		8		8		8		6		8	
รวมคะแนนทั้งหมด		48 = 66.66%		63 = 87.50%		62 = 86.11%		63 = 87.50%		42 = 58.33%		65 = 90.27%	

รูปที่ 3 ตารางการวิเคราะห์โครงสร้างการเข้าไม้ด้วยเมทริกซ์การตัดสินใจ

ตารางเมทริกซ์การตัดสินใจจากรูปที่ 3 เป็นตารางเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะด้านโดยการให้น้ำหนักคะแนนเพื่อนำมากำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินใจหาข้อสรุปในการประยุกต์ใช้วิธีการในการออกแบบ

ผลการการวิเคราะห์โครงสร้างการเข้าไม้ 6 แบบ คือ กล่องใส่เครื่องประดับ กล่องใส่ผลไม้ รถเข็น ม้าโยก เพลเด็ก และโต๊ะขนาดใหญ่ ด้วยวิธีการ Decision Making Matrix

1. กล่องใส่เครื่องประดับมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในด้านโครงสร้างมากที่สุด 100% รองลงมา คือ ด้านการใช้งาน 71.43% ด้านรูปปรากฏ 50% และด้านความยืดหยุ่น 50% ดังนั้น ภาพรวมของผลิตภัณฑ์ คือ 66.66% (เกือบดี)
2. กล่องใส่ผลไม้ มีคุณสมบัติที่โดดเด่นมากที่สุดใน 3 ด้าน คือ ด้านการใช้งาน ด้านรูปปรากฏ และด้านความยืดหยุ่น 100% และด้านโครงสร้าง 68.75% ดังนั้น ภาพรวมของผลิตภัณฑ์ คือ 87.50% (ดี)
3. รถเข็น มีคุณสมบัติที่โดดเด่นมากที่สุดใน 3 ด้าน คือ ด้านโครงสร้าง ด้านรูปปรากฏ และด้านความยืดหยุ่น 100% และด้านการใช้งาน 78.57% ดังนั้น ภาพรวมของผลิตภัณฑ์ คือ 86.11% (ดี)
4. ม้าโยก มีคุณสมบัติที่โดดเด่นมากที่สุดใน 2 ด้าน คือ ด้านโครงสร้าง และด้านความยืดหยุ่น 100% รองลงมา คือ ด้านการใช้งาน 92.85% และด้านรูปปรากฏ 81.25% ดังนั้น ภาพรวมของผลิตภัณฑ์ คือ 87.50% (ดี)
5. เพลเด็ก มีคุณสมบัติที่โดดเด่นมากที่สุด คือ ด้านความยืดหยุ่น 75% รองลงมาคือ ด้านการใช้งาน 71.43% ด้านโครงสร้าง 50% และด้านรูปปรากฏ 50% ดังนั้น ภาพรวมของผลิตภัณฑ์ คือ 58.33% (พอใช้)
6. โต๊ะขนาดใหญ่ มีคุณสมบัติที่โดดเด่นมากที่สุดใน 3 ด้าน คือ ด้านโครงสร้าง การใช้งาน และด้านความยืดหยุ่น 100% และด้านรูปปรากฏ 81.25% ดังนั้น ภาพรวมของผลิตภัณฑ์ คือ 90.27% (ดีมาก)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์โครงสร้างการเข้าไม้เพื่อผลิตต้นแบบเป็นของเล่นม้าโยกระบบล็อกด้วย Decision Making Matrix

รูปแบบ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	ผลการวิเคราะห์
1. โครงสร้าง		โต๊ะขนาดใหญ่: ลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมเข้ามุมแบบ 90 องศา โครงสร้างไม้ด้านบนแบบปิด รองรับน้ำหนักได้มากที่สุด ล็อกแบบ Interlocking Joint มีคุณสมบัติเพิ่มความแข็งแรง ความต้านแรงดึงระหว่างชิ้นไม้ มีความเสถียร รับน้ำหนักโดยไม่โคลงเคลง
2. การใช้งาน		ม้าโยก: ลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมเข้ามุมแบบ 90 องศา โครงสร้างไม้ด้านบนแบบเปิดออกแบบให้รองรับน้ำหนักได้ ด้านด้านล่างโค้งรับการโยก ล็อกแบบ Wedge Joint มีคุณสมบัติ รับน้ำหนักและการเคลื่อนไหวได้มาก ทำความเข้าใจระบบล็อกและประกอบได้ง่าย ดูแลรักษาและซ่อมบำรุงง่าย รู้สึกลอดภัย และระบบล็อกเป็นอุปสรรคต่อการเล่น
3. รูปปรากฏ		รถเข็น: ลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงอิสระ โครงสร้างไม้ด้านบนแบบเปิดด้านล่างปิดให้รองรับน้ำหนักได้ซึ่งสามารถประกอบล้อและไม้ให้ลากได้ ล็อกแบบ Interlocking Joint และ Wedge Joint มีคุณสมบัติ การออกแบบมีเอกลักษณ์ ระบบการล็อกดูมีราคา มีมูลค่า และภาพรวมของผลิตภัณฑ์มีความงามโดดเด่น
4. ความยืดหยุ่น		กล่องใส่ผลไม้: ลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมเข้ามุมแบบ 90 องศา โครงสร้างไม้ด้านบนแบบเปิดด้านล่างปิดให้รองรับน้ำหนักได้ ล็อกแบบ Spring Joint มีคุณสมบัติในการปรับใช้ได้กับพื้นผิววัสดุอื่น มีจำนวนชิ้นส่วนที่เหมาะสม ทนทานต่อแรงกระแทก และน้ำหนักของที่บรรจุลงไป

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างการเข้าไม้เพื่อผลิตต้นแบบเป็นของเล่นน้ำโยกระบบล็อก 4 แบบ ดังเช่นตารางที่ 4 เรียงตามเกณฑ์และตามคุณสมบัติที่ต้องการ โดยโตะขนาดใหญ่มีภาพรวมของผลิตภัณฑ์ คือ 90.27% รองลงมาคือ ไม้โยกและกล่องใส่ผลไม้ 87.50% และรถเข็น 86.11% ตามลำดับ โครงสร้างการเข้าไม้มีคุณสมบัติและมีเอกลักษณ์ที่ชัดเจนทั้ง 4 เกณฑ์ ดังนี้ 1) โครงสร้าง: ความแข็งแรง ความต้านแรงดึงแรงบิด และความเสถียรไม่โคลงเคลง 2) การใช้งาน: การประกอบง่าย ทำความเข้าใจกับระบบล็อกได้ง่าย การดูแลรักษาง่าย ซ่อมบำรุงง่าย การรับน้ำหนัก ความรู้สึกปลอดภัย และระบบล็อกเป็นอุปสรรคต่อการเล่น 3) รูปร่าง: ความมีเอกลักษณ์ของการล็อก ความงามโดยภาพรวมของผลิตภัณฑ์ และระบบการล็อกดูมีราคา มีมูลค่า และ 4) ความยืดหยุ่น: จำนวนชิ้นส่วนที่เหมาะสม และการปรับใช้กับพื้นผิววัสดุอื่น

5.3 การวิเคราะห์ของเล่นน้ำโยกระบบเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการเข้าไม้แบบ Paired Comparison โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NAKAYA

จากการวิเคราะห์ระบบการล็อกด้วยวิธีการเข้าไม้แบบต่างๆ ด้วย Decision Making Matrix เพื่อนำผลไปประยุกต์ผลิตต้นแบบเป็นของเล่นน้ำโยกระบบเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการเข้าไม้จำนวน 4 แบบ ในการหาข้อสรุปด้วยแบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ ด้วยวิธี Paired Comparison โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NAKAYA บน โปรแกรมไมโครซอฟต์ เอ็กเซลและสรุปผลโดยแสดงค่า priority หรือ ค่าการจัดลำดับความสำคัญที่แสดงค่าคะแนนที่สูงสุด และลำดับรองลงมาเป็นคะแนนที่มีนัยสำคัญทางการวิจัยจากรูปที่ 4 (Yamanaka, 1997)

Pair Comparison		Design Point____ 3ความเสถียรไม่โคลงเคลง														
subjects	4															
samples	4															
pair/subjects	1	2	3	4	total											
A1 : A2	-2	-2	-2	-2	-8											
A1 : A3	-1	-1	0	-1	-3											
A1 : A4	-1	-1	-2	-1	-5											
A2 : A3	1	-1	0	-2	-2											
A2 : A4	1	1	-1	-1	0											
A3 : A4	-1	-1	0	-1	-3											
xi.1	0	0	0	0												
(xi.1)^2	34	22	26	30												
	-2	-1	0	1	2	xij	xij^2									
A1 - A2	4	0	0	0	0	0	-8	64								
A1 - A3	0	3	1	0	0	0	-3	9								
A1 - A4	1	3	0	0	0	0	-5	25								
A2 - A3	1	1	1	1	0	0	-2	4								
A2 - A4	0	2	0	2	0	0	0	0								
A4 - A3	0	3	1	0	0	0	-3	9								
24	6	12	3	3	0	0	-21									
	-12	-12	0	3	0	0	-21									
	xij				xij/N				ai-aj							
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
A1	####	####	####		####	####	####		####	####	####		0.00	####	0.38	0.25
A2	8.00	####	0.00		2.00	####	0.00		1.38		0.25	####	0.63	0.00	####	0.13
A3	3.00	2.00	####		0.75	0.50	####		1.13	####		####	####	0.75	0.00	####
A4	5.00	0.00	3.00		1.25	0.00	0.75		1.50	0.13	0.38		####	####	0.38	0.00
xi..	16	-6	-2	-8												
xi..^2	256	36	4	64												
average	1	-0.4	-0.1	-0.5												
pair comparison																

รูปที่ 4 ตัวอย่างตารางการวิเคราะห์ของเล่นน้ำโยกโครงสร้างการเข้าไม้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ Paired Comparison โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NAKAYA



รูปที่ 5 ของเล่นม้าโยกจำนวน 4 แบบ คือ Slot Taper Joint, Slot Halved Joint, Slot clip joint และ Slot Wedge Joint

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบแบบเป็นคู่ (paired comparison) โดยวิเคราะห์ของเล่นม้าโยกจากรูปที่ 5 และใช้ค่าลำดับความสำคัญ (priority) 4 หัวข้อ คือ โครงสร้างการเข้าไม้ การใช้งาน รูปปรากฏ และความยืดหยุ่น ดังนี้

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบแบบเป็นคู่ (paired comparison)

1. โครงสร้าง	ผลการวิเคราะห์	ค่าลำดับความสำคัญ
1.1 ความแข็งแรง	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.63
1.2 การต้านแรงดึง การบิด	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.88
1.3 ความเสถียร ไม่โคลงเคลง	แบบที่ 1 Slot taper joint	1.0
2. การใช้งาน	ผลการวิเคราะห์	ค่าลำดับความสำคัญ
2.1 การประกอบง่าย	แบบที่ 1 Slot taper joint	1.0
2.2 ทำความเข้าใจกับระบบล็อกได้ง่าย	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.25
	แบบที่ 3 Slot wedge joint	0.19
	แบบที่ 4 Slot clip joint	0.19
2.3 การดูแลรักษาง่าย ซ่อมบำรุงง่าย	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.88
	แบบที่ 2 Slot halved joint	0.19
2.4 การรับน้ำหนัก	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.19
	แบบที่ 3 Slot wedge joint	0.06
2.5 ความรู้สึกปลอดภัย	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.88
	แบบที่ 2 Slot halved joint	0.19
2.6 ระบบล็อกเป็นอุปสรรคต่อการเล่น	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.56
	แบบที่ 2 Slot halved joint	0.44
3. รูปปรากฏ	ผลการวิเคราะห์	ค่าลำดับความสำคัญ
3.1 ความมีเอกลักษณ์ของการล็อก	แบบที่ 4 Slot clip joint	0.44
	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.13
3.2 ความงามโดยภาพรวมของผลิตภัณฑ์	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.63
3.3 ระบบการล็อกดูมีราคา มีมูลค่า	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.50
	แบบที่ 4 Slot clip joint	0.25
4. ความยืดหยุ่น	ผลการวิเคราะห์	ค่าลำดับความสำคัญ
4.1 จำนวนชิ้นส่วนที่เหมาะสม	แบบที่ 2 Slot halved joint	0.75
	แบบที่ 1 Slot taper joint	0.38

หัวข้อโครงสร้างของการเข้าไม้ ดังเช่น ตารางที่ 5 พบว่า แบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 0.63 เป็นโครงสร้างการเข้าไม้ที่แข็งแรงที่สุด การต้านแรงดึง การบิด แบบที่ 1 Slot taper joint ค่าpriority 0.88 เป็นโครงสร้างที่รับแรงดึง การบิดที่ดีที่สุด และความเสถียร ไม่โคลงเคลง แบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 1.0 เป็นโครงสร้างที่แข็งแรงมั่นคง ไม่มีการโยกคลอน

หัวข้อการใช้งาน พบว่า การประกอบง่าย แบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 1.0 เป็นการใช้ระบบเสียบแผ่นล็อกที่ทำให้การประกอบรูปทรงทำได้ง่าย ซึ่งสัมพันธ์กับการทำความเข้าใจกับระบบล็อก แบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 0.25 แบบที่ 3 Slot wedge joint ค่า priority 0.19 แบบที่ 4 Slot clip joint ค่า priority 0.19 ทั้งสามแบบมีระบบวิธีการล็อกที่คล้ายกัน การดูแลรักษาง่ายซ่อมบำรุงง่าย แบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 0.88 และแบบที่ 2 Slot halved joint ค่า priority 0.19 ทั้งสองแบบเป็นชิ้นส่วนที่แบนเรียบและไม่มีชิ้นส่วนขนาดเล็กจึงดูแลรักษาความสะดวกได้ง่าย การรับน้ำหนัก แบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 0.19 และ แบบที่ 3 Slot wedge joint ค่า priority 0.06 แสดงว่าวิธีการล็อกที่ใช้วิธีการเปียดให้แน่นด้วยระบบเทเปอร์ สามารถทำให้แข็งแรงและรับน้ำหนักได้ ความรู้สึกลดภัย แบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 0.88 และ แบบที่ 2 Slot halved joint ค่า priority 0.19 แสดงว่าระบบการล็อก แบบที่ 1 Slot taper joint มีความปลอดภัย มันคงแข็งแรงมาก และการล็อกที่เป็นอุปสรรคต่อการเล่นน้อยสุด พบว่า แบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 0.56 และ แบบที่ 2 Slot halved joint ค่า priority 0.44 แสดงให้เห็นว่าลักษณะของแผ่นประกอบที่มีลักษณะแบนหรือราบไปกับพื้นผิวจะเป็นอุปสรรคต่อการเล่นน้อยที่สุด

หัวข้อรูปร่างหรือคุณค่าของรูปร่างรูปทรงโดยรวม พบว่า ความมีเอกลักษณ์ของการล็อก แบบที่ 4 Slot clip joint ค่า priority 0.44 และ แบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 0.13 แสดงว่าวิธีการล็อกแบบ Slot clip joint ซึ่งเป็นการล็อกแบบสปริง มีความยืดหยุ่นในตัวล็อกและความแปลกใหม่แปลกตา ซึ่งแบบที่ 1 Slot taper joint เป็นรูปร่างที่แสดงคุณค่าตามลำดับความสำคัญรองลงมา

หัวข้อความยืดหยุ่น พบว่า จำนวนชิ้นส่วนที่เหมาะสม แบบที่ 2 Slot halved joint ค่า priority 0.75 และแบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 0.38 เป็นเรื่องของจำนวนชิ้นส่วนที่มีจำนวนน้อย การปรับใช้กับพื้นผิววัสดุอื่น แบบที่ 1 Slot taper joint ค่า priority 0.25 และ แบบที่ 4 Slot clip joint ค่า priority 0.06 แสดงให้เห็นว่าเมื่อไปปรับใช้กับพื้นผิววัสดุอื่นแล้วทั้ง Slot taper joint และ Slot clip joint น่าจะมีการใช้งาน และการประกอบที่ยืดหยุ่นกว่าแบบอื่น

6. การอภิปรายผล สรุปผล และขอเสนอแนะ

ผลการออกแบบของเล่นระบบเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการเข้าไม้ในทัศนะของผู้เชี่ยวชาญ มีประเด็นในการอภิปรายผลและสรุปผล ดังนี้

6.1 การอภิปรายผล

การเข้าไม้แบบที่ 1 Slot taper joint และแบบที่ 2 Slot halved joint เป็นโครงสร้างที่ใช้ระบบ Halved joints แบบแผ่นเสียบเทเปอร์ล็อกและแบบเสียบด้วยโครงสร้างโดยตรง ที่ใช้ร่องบากเทเปอร์ และสอดเข้าหากันตามขวางข้อต่อประกอบด้วยองค์ประกอบรับน้ำหนักหลัก และร่องที่มีรอยบากและสอดเข้าหากันตามขวาง (Halved joints) มีความแข็งแรง การต้านแรงบิด แรงดึง ตลอดจนมีความเสถียร ไม่โคลงเคลง ซึ่งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Elemer & Tamas, 2002) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแบบ FEM 3 มิติ แสดงให้เห็นถึงข้อตกลงที่ดีระหว่างค่าที่คาดการณ์และค่าที่วัดได้ การวิเคราะห์ที่หมดความล้มเหลวพบว่า Tension ควบคุมประสิทธิภาพของข้อต่อ โครงแบบข้อต่อสามารถเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้าง และความมั่นคงในการใช้งานโครงสร้างที่ทำจากไม้ได้เป็นอย่างดี

ในหัวข้อของรูปร่าง (Appearance) ความมีเอกลักษณ์ของการล็อก ความงามโดยภาพรวมของผลิตภัณฑ์ ระบบการล็อกดูมีราคา มีมูลค่าแบบ Slot clip joint โดยใช้วิธีการยึดหยุ่นแบบสปริงมาออกแบบตัวล็อกด้วยวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง และแบบ Slot taper lock ซึ่งมีเอกลักษณ์ด้านความแน่นโดยใช้หลักการแบบ Halved joints บูรณาการกับการออกแบบชิ้นงานร่องกว้างและสอดเข้า เป็นการใช้งานที่ง่ายเป็นรูปแบบการล็อกที่มีโครงสร้างสวยงาม มีเอกลักษณ์เฉพาะ ซึ่งเอกลักษณ์นี้เป็นคุณลักษณะเฉพาะที่มีเอกภาพสามารถทำเป็นจุดเด่นในแบรนด์ผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Crilly, Moultrie, & Clarkson (2004) ได้กล่าวว่า ชิ้นส่วนมีเอกลักษณ์ในการล็อกแบบสร้างสรรค์การตอบสนองของผู้บริโภคต่อรูปแบบภาพผลิตภัณฑ์ภายในบริบทของกรอบแนวคิดแบบบูรณาการ เน้นความสวยงาม แฝงมุกเชิงความหมาย และสัญลักษณ์ของการตอบสนองทางปัญญาต่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบพื้นฐานสองประการของการออกแบบ: รูปแบบ รูปร่างรูปทรง style และฟังก์ชัน (Janell, Mitzi, & Roger, 2011) ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบ style และ คุณค่าด้านการใช้งาน แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบที่โดดเด่นของการออกแบบ การศึกษาจากอดีตชี้ให้เห็นว่ารูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถวางกลยุทธ์ได้ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้บริโภคผ่านสัญลักษณ์ความหมายและมูลค่าที่แนบมากับรูปแบบผลิตภัณฑ์ (Solomon, 1983) ซึ่งมีอิทธิพลต่อการรับรู้และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และสอดคล้องกับแนวคิดของ Post, Blijlevens, & Hekkert (2016) กล่าวถึงเอกภาพในการออกแบบที่ส่งผลต่อการรับรู้ด้านความงามที่แสดง

คุณลักษณะที่โดดเด่นของผลิตภัณฑ์ว่า Unity-in-variety ถือเป็นหนึ่งหลักการความงามสากล ความมีเอกภาพ และความหลากหลายร่วมกันส่งผลต่อความซาบซึ้งในสุนทรีภาพ การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่แสดงให้เห็นถึงความสมดุลที่เหมาะสมระหว่างความมีเอกภาพและความหลากหลายคือ ต้องการความสวยงาม นอกจากนี้การวิจัยยังเผยให้เห็นว่า เอกภาพเป็นปัจจัยสำคัญในความสัมพันธ์นี้

ในหัวข้อการใช้งาน รูปแบบการล็อกทั้ง 4 รูปแบบ แบบที่ 1 Slot taper joint แบบที่ 2 Slot halved joint แบบที่ 3 Slot wedge joint และแบบที่ 4 Slot clip joint เป็นการแสดงลักษณะการใช้งานรูปแบบของม้าโยก (rocking horse) ในทิศทางเดียวกัน แต่แตกต่างกันด้วยวิธีการล็อก ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจให้น้ำหนักคะแนนของผู้เชี่ยวชาญเป็นไปในทิศทางเดียวกันตามประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในเรื่องการเข้าใจวิธีประกอบด้วยการล็อกแบบต่างๆ การดูแลรักษา ความปลอดภัย การรับน้ำหนัก หรือรูปแบบการล็อกแต่ละแบบเป็นอุปสรรคต่อการเล่นเพียงไร ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product design principle) ของ Chakrabarti (1999) ที่ได้กล่าวว่าธรรมชาติหลักการออกแบบเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ในระดับต่าง ๆ ทั่วไปที่กลั่นกรองออกมาด้วยการสังเกตและประสบการณ์ในการออกแบบ อาจเป็นผลมาจากประสบการณ์ที่ใช้ผลิตภัณฑ์ ประสบการณ์ตามกระบวนการหรือทั้งสองอย่าง กระบวนการทางความคิดและอารมณ์สามารถใช้การวิเคราะห์ร่วมกันทั้งสองขั้นตอน การตัดสินใจความชอบเมื่อคำนึงถึงผลิตภัณฑ์ทั้งสอง รูปแบบ style และการใช้งาน (Sylcott, Cagan, & Tabibnia, 2011)

6.2 สรุปผล

ผลการออกแบบของเล่นระบบเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการแบบเข้าไม้ในทัศนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้ข้อสรุปของการวิจัยครั้งนี้ว่า การเชื่อมต่อโครงสร้างไม้ด้วยวิธีการล็อกแบบที่ 1 Slot taper joint เป็นวิธีการเชื่อมต่อโครงสร้างด้วยวิธีการเข้าไม้ที่ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุดในเรื่อง โครงสร้าง การใช้งาน รูปปรากฏ และความยืดหยุ่น ซึ่งมีเพียงหัวข้อของรูปปรากฏเท่านั้น ที่ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นให้แบบที่ 4 Slot clip joint ที่มีคุณลักษณะสำคัญเรื่องเอกลักษณ์ของการล็อกที่มีลักษณะโดดเด่น และดูมีราคาและมีคุณค่า ควบคู่กับแบบที่ 1 Slot taper joint ที่มีคุณค่าทางคุณลักษณะในทิศทางเดียวกัน ในหัวข้อของความยืดหยุ่นซึ่งมีเรื่องจำนวนชิ้นส่วนที่เหมาะสมกับ การปรับใช้ได้กับพื้นผิววัสดุอื่น ซึ่งจำนวนชิ้นส่วนของ แบบที่ 2 Slot halved joint จะเป็นโครงสร้างที่เป็นการล็อกด้วยตัวโครงสร้างหลัก ไม่ต้องใช้ชิ้นส่วนล็อกเหมือนแบบอื่น ๆ ดังนั้นแบบที่ 2 Slot halved joint จึงมีความเหมาะสมเรื่องจำนวนชิ้นส่วนมากกว่าแบบอื่น ๆ ส่วนการปรับใช้ได้กับวัสดุอื่น แบบที่ 4 Slot clip joint มีการล็อกที่มีความยืดหยุ่นคล้ายสปริง จึงสามารถปรับใช้กับวัสดุอื่น ๆ ได้มากกว่า

6.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในการประกอบโครงสร้างไม้ในเรื่องต่อไป ควรที่จะทำการวิเคราะห์โครงสร้างจากรูปทรงเปิดที่ไม่มี Slot ประกอบในระบบโครงสร้างการเข้าไม้ และทดสอบดูความแข็งแรง ประสิทธิภาพการใช้งาน และความสวยงามร่วมกับการใช้สอยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมเสริมการค้าระหว่างประเทศ. (2564). DITP แนะนำผู้ผลิต ผู้ส่งออก วางแผนขยายตลาดของเล่น-อุปกรณ์กีฬาในสหรัฐฯ.

เข้าถึงได้จาก: <https://gnews.apps.go.th/news?news=78348>.

พรเทพ เลิศเทวศิริ. (2533). องค์ประกอบในการออกแบบของเล่นเพื่อการศึกษาสำหรับเด็กปฐมวัยในทัศนะของ

ผู้เชี่ยวชาญ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาศิลปศึกษา ภาควิชาศิลปศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

พรเทพ เลิศเทวศิริ. (2545). Design education 1: รวบรวมบทความและรายงานการวิจัยศาสตร์แห่งการออกแบบ.

กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรเทพ เลิศเทวศิริ. (2560). สถิติการเปรียบเทียบแบบเป็นคู่ (Paired comparison). เอกสารประกอบการสอนวิชาการ

ออกแบบอุตสาหกรรมศิลป์.

อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์. (2548). อันตรายจากของเล่น. นิตยสารหมอชาวบ้าน. (311).

เอกกมล เอี่ยมศรี (ผู้รวบรวม). (2564). กลยุทธ์ข้อมูลองค์กร (Data Strategy). เข้าถึงได้จาก: <https://eiamsri.wordpress.com>.

Chakrabarti, A. (1999). A product design principle. International Conference on Engineering Design ICED 99, Munich, August 24 -26, 1999.

Crilly, N., Moultrie, J., and Clarkson, P. J. (2004). Seeing things: consumer response to the visual domain in product design. Design Studies, 25(6), 547-577.

- Elemer, M.L. and Tamas, F. (2002). Finite element analysis of cross halved joints for structural composites. **The Society of Wood Science and Technology**. 34(2), 2002, 251-265.
- Forestresearch (2011). **Trade-off analysis**. Retrieved from: https://www.forestresearch.gov.uk/documents/2405/Toolbox_May2011_Trade_off_analysis.pdf.
- Gary, R. (2020). **The complete illustrated guide to joinery**. Retrieved from: <https://www.woodworking-camp.com/2020/03/complete-illustrated-guide-to-joinery.html>
- Janell D.T., Mitzi M.M., and Roger J.C. (2011). Form and Function: A Matter. **Journal of Product Innovation Management**. 28(3), 374-377.
- Liedtka, J. and Ogilvie T. (2020). **Designing for Growth: A design thinking tool kit for managers**. Columbia business school publishing.
- Mario, R. (2019). **11 Mortise and Tenon Variations**. Retrieved from: <https://www.finewoodworking.com/2019/02/11/11-mortise-and-tenon-variations>.
- Mark, M. (2014). **CNC Cut Wood Joinery**. Retrieved from: <http://mkmra2.blogspot.com/2014/08/cnc-cut-wood-joinery.html>.
- Post, R.A.G., Blijlevens, J., and Hekkert, P. (2016). ‘To preserve unity while almost allowing for chaos’: Testing the aesthetic principle of unity-in-variety in product design. **Acta Psychologica**, 163, 142-152.
- Ride Toy Zone. (2021). **The Different Types Of Ride On Toy Cars For Kids**. Retrieved from: <https://ridetoyzone.com/types-of-ride-on-toy-cars>.
- Solomon, M. R. (1983). The role of products as social stimuli: A symbolic interactionism perspective. **Journal of Consumer Research** 10(3), 319–329.
- Sylcott, B., Cagan, J., and Tabibnia, G. (2011). Understanding of emotions and reasoning during consumer tradeoff between function and aesthetics in product design. **Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2011**, Washington, DC, USA, August 28-31.
- Ted, R. (2019). **Loose-Wedge Mortise & Tenon Joints**. Retrieved from: <https://www.woodsmith.com/article/loose-wedge-mortise-tenon-joints-basic-tusk-tenon>.
- Wazzadu. (2560). **ไม้ MDF BOARD (Medium Density FiberBoard) กับคุณสมบัติที่น่ารู้ก่อนจะนำไปใช้งาน**. เข้าถึงได้จาก: <https://www.wazzadu.com/article/1209>.
- Yamanaka, T. (1997). **Designing with left brain explore scientific design**. Kaibundo Publishing, Tokyo.