บทที่ 4

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

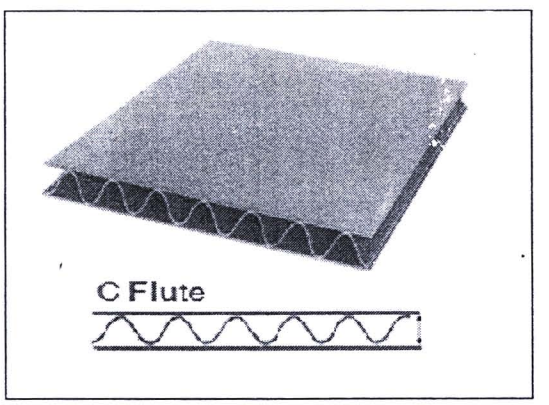
จากบทที่ 3 ซึ่งได้ทำการศึกษารายละเอียดของปัจจัยต่างๆที่มีแนวโน้มน่าจะมีอิทธิพลต่อค่าระยะห่างร่องกาวในกระบวนการขึ้นรูปกล่องกระดาษลูกฟูก และได้ทำการคัดเลือกปัจจัยที่จะนำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งในขั้นตอนต่อไปที่จะกล่าวถึงในบทนี้ เป็นการนำปัจจัยเหล่านี้มาทำการออกแบบการทดลอง เพื่อพิสูจน์สมมติฐานว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อค่าระยะห่างร่องกาวในการทดลองเบื้องต้น

4.1 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

จากการศึกษาปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องต่อการเกิดระยะห่างร่องกาวที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดนั้น สำหรับปัจจัยที่ควบคุมได้ที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้จะนำไปใช้ในการดำเนินทดลอง เพื่อคัดเลือกปัจจัย โดยใช้เทคนิคทากูชิ ส่วนปัจจัยที่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ จะต้องถูกควบคุมค่าของปัจจัยนั้นให้คงที่ไว้ที่ค่าใดค่าหนึ่ง ซึ่งการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง และกระบวนการผลิต มีดังต่อไปนี้

4.1.1 แผ่นกระดาษลูกฟูก

ที่ใช้ในการทดลองเป็นประเภท อาร์ เอส ซี เป็นกล่องกระดาษลูกฟูกที่มีความสูงของฝาเป็นครึ่งหนึ่งของด้านกว้าง และฝาทุกฝามีความสูงเท่ากันหมด แผ่นกระดาษลูกฟูกขนาดใหญ่และมีกระดาษลูกฟูกลอน C หนึ่งชั้นอยู่ตรงกลาง ประกบด้วยกระดาษผิวเรียบทั้งสองด้าน เรียกว่า Single Wall ตัวอย่างกล่องที่ใช้ในการทดลองจริง ดังรูปที่ 4.1



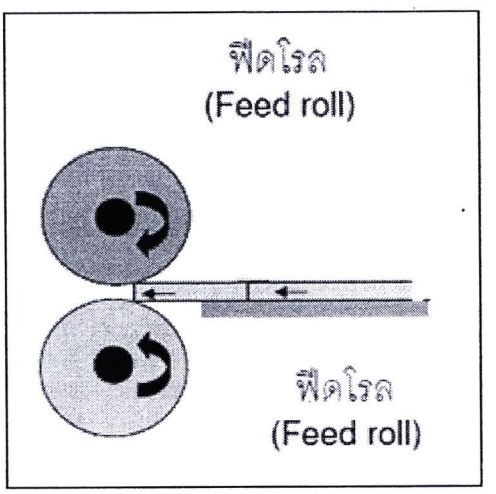
รูปที่ 4.1 แผ่นกระดาษลูกฟูกที่ใช้ในการทดลอง

4.1.2 **เครื่องจักร B ประเภท** Flexo Folder Gluler

ส่วนประกอบของเครื่องจักรในการทำงานต่างๆของเครื่องจักร ซึ่งมีอยู่ 5 ส่วนหลัก คือ ชุดป้อนกระดาษ ชุดพิมพ์ ชุดทับรอยและเซาะร่อง ชุดพับกล่อง และชุดนับ ดังนี้

1. ชุดป้อนกระดาษ (Feed Unit)

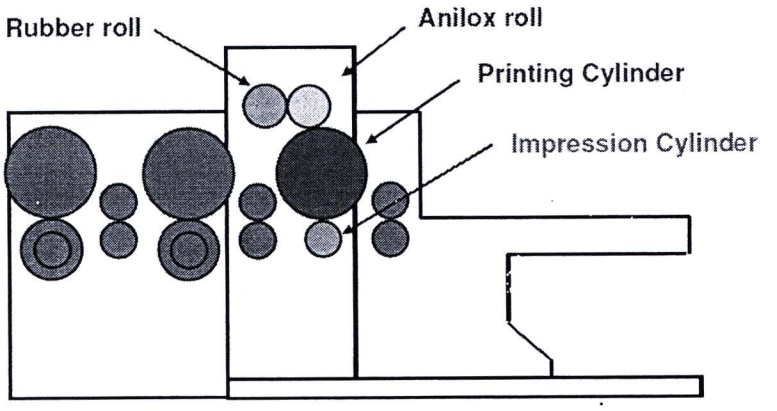
ทำหน้าที่นำแผ่นกระดาษลูกฟูกป้อนเข้าสู่เครื่องจักรทีละแผ่น โดยจะรับกระดาษลูกฟูกจาก พรีฟีดเดอร์ ที่ทำหน้าที่รับกองแผ่นกระดาษลูกฟูกที่ประกบลอบเรียบร้อยจากคอนเวเยอร์ส่งเข้าสู่ชุดป้อนกระดาษอย่างต่อเนื่อง สำหรับการปรับตั้งค่าเครื่องจักรในส่วนของชุดป้อนกระดาษทางซ้ายมือ ดังรูปที่ 4.2 ในชุดป้อนกระดาษจะมีลูกกลิ้งไซลินเดอร์ 2 ลูก บน-ล่างอยู่ในส่วนชุดป้อนแผ่น ทำหน้าที่หมุนดึงกระดาษให้ลำเลียงต่อไปยังชุดพิมพ์ โดยแรงลมดูดในชุดป้อนกระดาษทำหน้าที่ดูดกระดาษลูกฟูกให้แนบติดกับตัวเครื่องก่อนที่จะผ่านเข้าชุดป้อนกระดาษ ซึ่งส่งผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของกระดาษลูกฟูก



รูปที่ 4.2 การนำแผ่นกระดาษลูกฟูกป้อนเข้าเครื่องจักร

2. ชุดพิมพ์ (Print Unit)

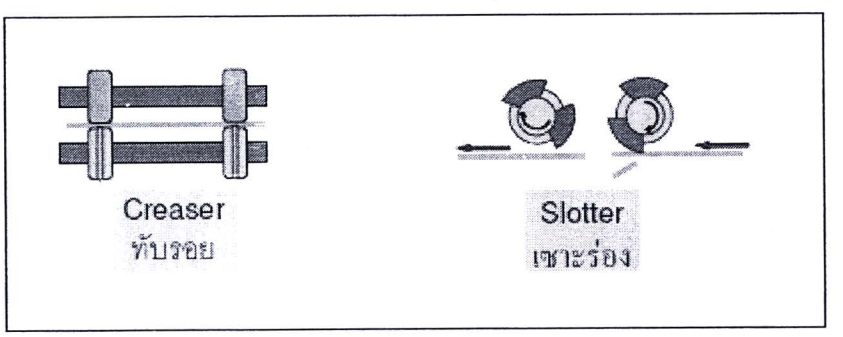
ซึ่งประกอบไปด้วยตู้พิมพ์ 3 ตู้ ในแต่ละตู้พิมพ์มีสีแตกต่างกัน โดยหมึกพิมพ์จะถูกรีดหรือปาดน้ำหมึกให้ได้ฟิล์มของหมึกบางที่สุด ถ่ายทอดจากอนิล็อกซ์โรลซึ่งเป็นลูกกลิ้งที่ถูกเจาะรูให้มีความลึก และรูปร่างตามคุณภาพการพิมพ์ที่ต้องการ อนิล็อกซ์โรลจะรับหมึกเข้าไปในเซลล์ จ่ายออกเมื่อสัมผัสกับหน้าแม่พิมพ์ และถ่ายทอดลงบนผ่านกระดาษลูกฟูกอีกครั้ง กระดาษถูกส่งจากชุดพิมพ์ไปยังชุดทำงานถัดไป โดยอาศัยการหมุนสวนทางของไซลินเดอร์ 2 ลูก ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 โครงสร้างของลูกกลิ้งในชุดพิมพ์

3. **ชุดทับรอยและเซาะร่อง** (Creaser and Slotter Unit)

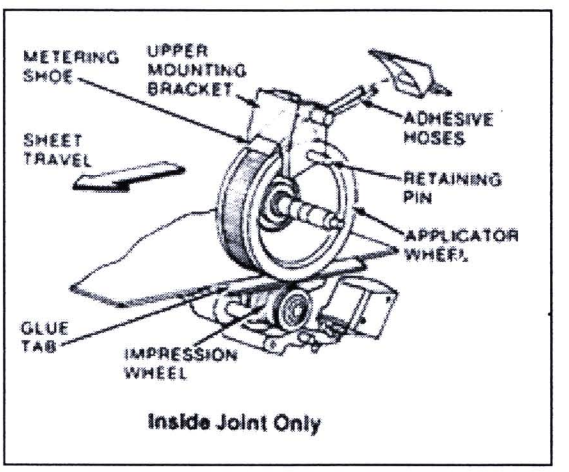
กระดาษถูกส่งมายังชุดทับรอย ซึ่งเป็นชุดลูกกลิ้งบน-ล่าง ที่ทำให้เกิดรอยทับด้านในของแผ่นกระดาษลูกฟูก ซึ่งทับรอยแบ่งรอยแผ่นกระดาษที่ผ่านการพิมพ์เป็นแนวทับรอยด้านยาวและกว้างของกล่อง โดยลูกทับรอยตัวผู้จะมีลักษณะเป็นวงแหวนที่มีสันนูน บีบอัดกับทับรอยตัวเมีย ซึ่งเป็นวงแหวนที่หุ้มด้วยยางยูริเทรนเป็นตัวรองกด ทำให้เกิดแนวเส้นทับรอยกระดาษถูกส่งมายังชุดเซาะร่อง เป็นชุดใบมีดเซาะให้เกิดร่องที่ด้านบนและล่างของเส้นทับรอยทั้ง 4 เส้น แบ่งส่วนของแผ่นกระดาษเป็นฝากล่องบน-ล่าง ทั้งยาวและด้านกว้างของกล่อง โดยที่ใบมีดชุดแรก จะมีใบมีดหัวโขกประกบอยู่ ซึ่งจะทำหน้าที่ตัดกระดาษให้เป็นส่วนของลิ้นกาวกล่อง



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งชุดลูกกลิ้งบน-ล่างของการทับรอยและชุดใบมีดการเซาะร่อง

4. **ชุดกาว** (Gluing Unit)

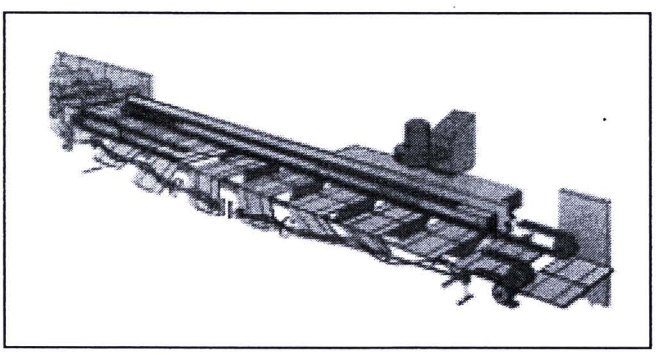
กระดาษถูกส่งมายังชุดกาว มีลักษณะเป็นลูกล้อบน-ล่างโดยมีลูกใดลูกหนึ่ง ทำหน้าที่ทากาวที่ตำแหน่งลิ้นของกล่อง อีกลูกหนึ่งประคองขณะที่กระดาษผ่านระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองลูก ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 โครงสร้างของลูกกลิ้งในชุดกาว

5. **ชุดรางพับ** (Folding Unit)

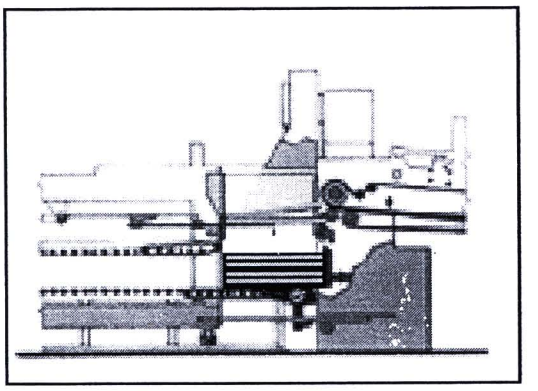
ทำหน้าที่ในการประคองและพับกล่องให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยอาศัยสายพานบน-ล่าง เป็นตัวพากล่องให้เคลื่อนที่ไปบนรางพับ และมีโฟลดิ้งรอดเป็นตัวประคองให้เกิดการพับที่องศาต่างๆกัน จนรอยต่อของด้านที่สี่กับด้านที่หนึ่งมาประกบชิดกันพอดีในตำแหน่งลิ้นกาว ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ชุดรางพับกล่องกระดาษลูกฟูก

6. **ชุดสแควร์ริ่ง** (Squaring Unit)

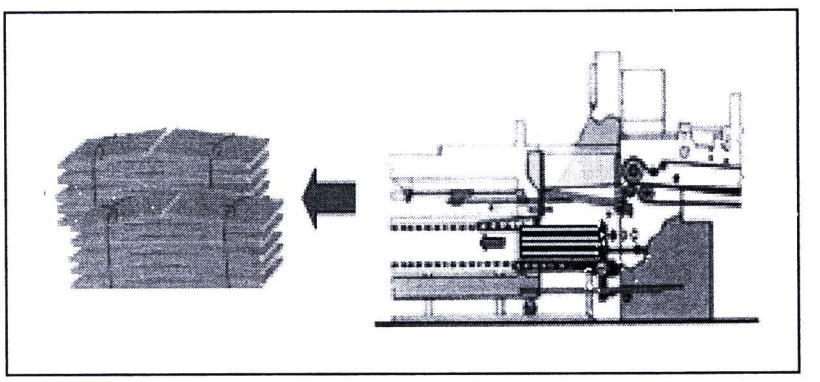
เป็นชุดตบกระแทกกล่องที่มีการพับขึ้นรูปแล้ว โดยมีหลักการที่จะต้องทำให้ด้านที่สี่ที่พับมาทับกับลิ้นกาวด้านที่หนึ่งมีแนวต่อเป็นเส้นตรงทั้งด้านบนและด้านล่างของตัวกล่อง ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ชุดสแควร์ริ่ง

7. **ชุดเคาน์เตอร์และอิเจคเตอร์** (Counter & Ejector Unit)

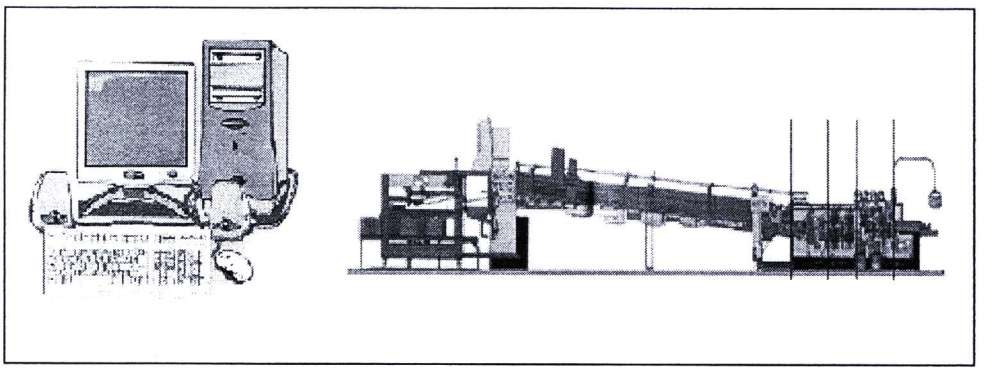
เป็นชุดที่ทำการนับกล่อง ซึ่งเมื่อครบตามจำนวนที่ตั้งไว้ กล่องนั้นก็จะถูกผลักออกมาและจะถูกส่งต่อไปยังชุดมัดถัดไป ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ชุดเคาน์เตอร์และอิเจคเตอร์

8. **เครื่องคอมพิวเตอร์**

ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการผลิตของเครื่องจักร ซึ่งต้องทำการทำการป้อนข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นหัวใจหลักในการปรับตั้งค่าสภาวะต่างๆของเครื่องจักร



รูปที่ 4.9 คอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

9. **การควบคุมคุณภาพ**

กล่องกระดาษลูกฟูกที่ได้จากการเดินเครื่อง พนักงานจะสุ่มหยิบกล่องขึ้นมา เพื่อวัดค่าว่าเป็นไปตามสเปกที่ลูกค้าต้องการหรือไม่ ถ้าหากไม่เป็นไปตามคุณสมบัติที่กำหนด พนักงานจะทำการปรับตั้งค่าเครื่องจักรใหม่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของพนักงานเป็นอย่างมาก

10. **การวัดค่าระยะห่างร่องกาว**

โดยคุณภาพของระยะร่องกาวในการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูกนั้น เป็นอีกหนึ่งคุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระดาษลูกฟูกที่ได้จากการทดลองจะต้องทำการวัดค่าระยะห่างร่องกาว โดยการใช้ตลับเมตร ที่มีความละเอียด 0.5 มิลลิเมตร ที่ได้มีการสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นประจำมาทำการวัดขนาดระยะห่างของร่องกาว โดยกำหนดตำแหน่งในการวัดที่บริเวณไม่เกิน 1 เซนติเมตร นับจากปลายฝาด้านบน

4.2 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

จากการตัดปัจจัยที่ได้จากการพิจารณาในบทที่ 3 สามารถนำปัจจัยที่เหลือทั้ง 13 ปัจจัย จากนั้นกำหนดระดับของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้ผลดังนี้

1) **ความเร็วของเครื่องจักร** (Running Speed)

การกำหนดความเร็วที่ใช้ในการเดินเครื่องจักรขึ้นอยู่กับลักษณะแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งการเดินเครื่องที่ความเร็วสูงเกินไป อาจส่งผลให้ลูกกลิ้ง สายพานเกิดการลื่นไถลและไม่สอดคล้องกันในระหว่างการลำเลียง ซึ่งส่งผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของกระดาษบิดเบี้ยวไป แต่หากเดินเครื่องที่ความร็วที่ต่ำเกินไป จะทำให้สูญเสียกำลังการผลิต และกาวเกิดการแห้งตัวก่อนถึงชุดนับได้ ซึ่งในการทดลองได้ปรับระดับของปัจจัยได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ความเร็วของเครื่องจักร 80 กล่อง/นาที

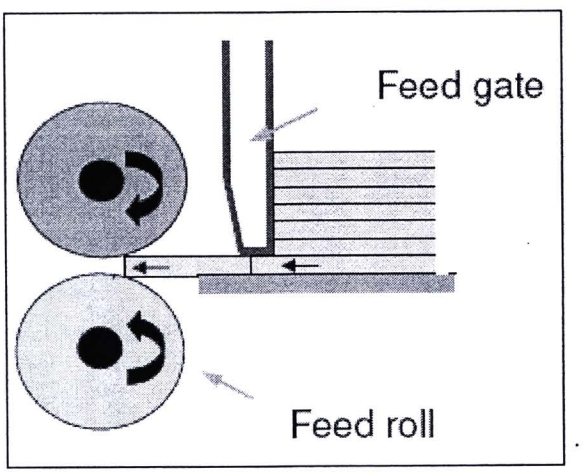
ระดับ 2 ความเร็วของเครื่องจักร 120 กล่อง/นาที

2) **ระยะกดของลูกกลิ้งป้อนกระดาษ** (Feed Roll Gap)

คือ ระยะห่างของลูกกลิ้งไซลินเดอร์ 2 ลูก บน-ล่างอยู่ในส่วนชุดป้อนกระดาษ ลูกกลิ้งจะทำหน้าที่หมุนดึงกระดาษให้ลำเลียงต่อไปยังชุดพิมพ์ การกำหนดระยะห่างของลูกกลิ้งป้อนกระดาษขึ้นอยู่กับลักษณะแต่ละผลิตภัณฑ์ หากกำหนดค่าดังกล่าวไม่เหมาะสม ทำให้แผ่นกระดาษเกิดการยุบตัว ซึ่งในการทดลองได้ปรับระดับของปัจจัยได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ระยะกดของลูกกลิ้งป้อนกระดาษ 1.80 มิลลิเมตร

ระดับ 2 ระยะกดของลูกกลิ้งป้อนกระดาษ 3.20 มิลลิเมตร



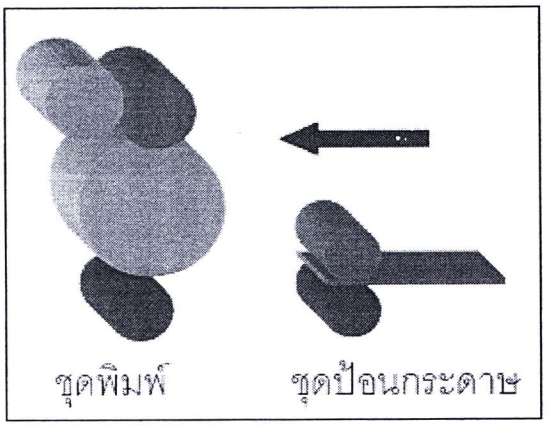
รูปที่ 4.10 โครงสร้างของลูกกลิ้งในชุดป้อนกระดาษ

3) **ระยะกดของลูกกลิ้งลำเลียงแผ่น** (Pull Roll Gap)

คือ ระยะห่างของลูกกลิ้งไซลินเดอร์ 2 ลูก บน-ล่าง ทำหน้าที่หมุนดึงจากชุดป้อนกระดาษให้ลำเลียงเข้ามายังชุดพิมพ์ ซึ่งหากกำหนดระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งไม่เหมาะสม อาจส่งผลต่อการทิศทางการเคลื่อนที่ของกระดาษบิดเบี้ยวไปได้ ซึ่งส่งผลต่อระยะห่างร่องกาวไม่เป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งในการทดลองได้ปรับระดับของปัจจัยได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ระยะกดของลูกกลิ้งลำเลียงแผ่น 1.50 มิลลิเมตร

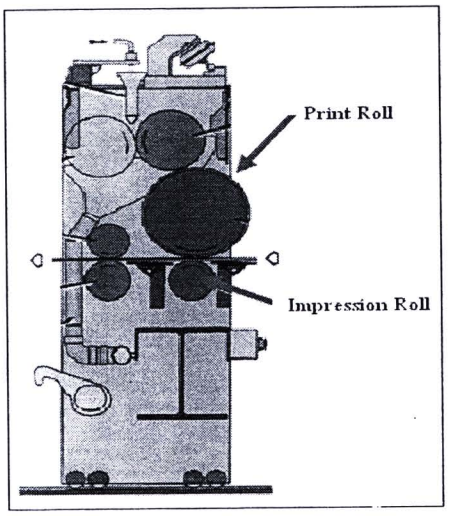
ระดับ 2 ระยะกดของลูกกลิ้งลำเลียงแผ่น 2.20 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.11 โครงสร้างของลูกกลิ้งลำเลียงแผ่น

4) **ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งพิมพ์ กับลูกกลิ้งกด** (Print Roll Gap) **ตู้ที่** 1, 2 **และ** 3

คือ ระยะห่างระหว่าง ลูกกลิ้งพิมพ์ เป็นลูกกลิ้งที่ทำด้วยโลหะใช้สำหรับติดตั้งบล็อกพิมพ์ ซึ่งบล็อกพิมพ์จะรับหมึกและถ่ายทอดลงกระดาษลูกฟูก กับ ลูกกลิ้งกดทับ ซึ่งทำหน้าที่กดกระดาษเพื่อให้บล็อกพิมพ์สัมผัสกระดาษขณะพิมพ์ ซึ่งเครื่องจักรประกอบไปด้วยตู้พิมพ์ 3 ตู้ ซึ่งการตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 3 ตู้มีค่าใกล้เคียงกัน หากระยะดังกล่าวไม่เหมาะสม อาจทำให้แผ่นกระดาษเกิดการยุบตัวและคุณสมบัติบางประการเสียไปได้ ซึ่งในการทดลองได้ปรับระดับของปัจจัยระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งได้ ดังนี้



รูปที่ 4.12 โครงสร้างของลูกกลิ้งลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งกดทับในชุดพิมพ์

ระดับปัจจัยระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งกดตู้ที่ 1 ได้เป็น 2 ระดับดังนี้

ระดับ 1 ระยะกดของลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งกดตู้ที่ 1 1.50 มิลลิเมตร

ระดับ 2 ระยะกดของลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งกดตู้ที่ 1 2.20 มิลลิเมตร

ระดับปัจจัยระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งกดตู้ที่ 2 ได้เป็น 2 ระดับดังนี้

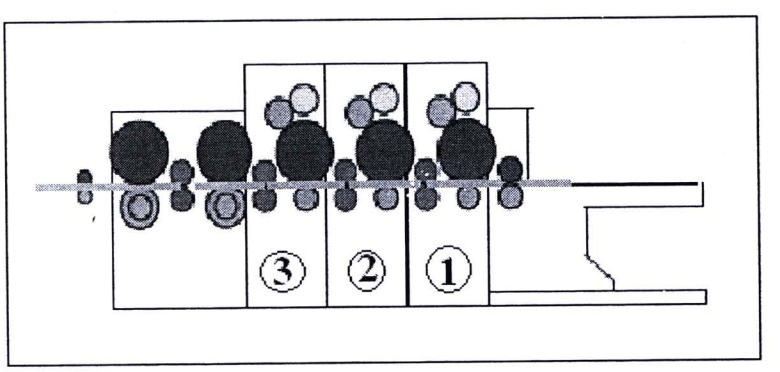
ระดับ 1 ระยะกดของลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งกดตู้ที่ 2 1.00 มิลลิเมตร

ระดับ 2 ระยะกดของลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งกดตู้ที่ 2 2.80 มิลลิเมตร

ระดับปัจจัยระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งกดตู้ที่ 3 ได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ระยะกดของลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งกดตู้ที่ 3 1.00 มิลลิเมตร

ระดับ 2 ระยะกดของลูกกลิ้งพิมพ์กับลูกกลิ้งกดตู้ที่ 3 2.00 มิลลิเมตร



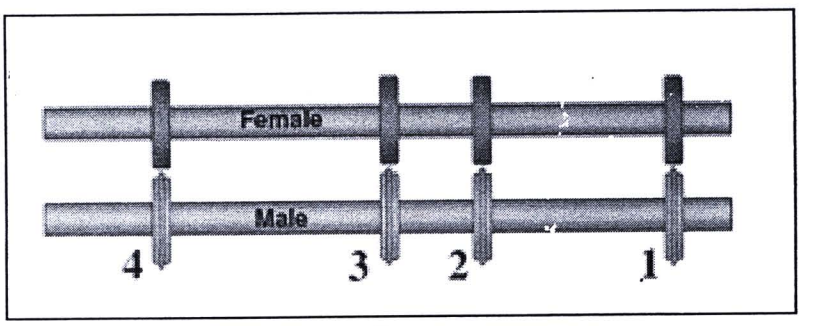
รูปที่ 4.13 โครงสร้างลูกกลิ้งในแต่ละตู้พิมพ์

5) **ระยะกดของชุดทับรอยชุดที่** 1 (precreaser)

คือ ชุดลูกกลิ้งบน-ล่าง ที่ทำให้เกิดรอยทับด้านในของแผ่นกระดาษลูกฟูก ทำหน้าที่กดลอนลูกฟูกให้ยุบตัวลงไประดับหนึ่งก่อนหากกำหนดระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งไม่เหมาะสม อาจทำให้มีปัญหาในการพับตัวของกล่องได้ ซึ่งในการทดลองได้ปรับระดับของปัจจัยได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ระยะกดของชุดทับรอยชุดที่ 1 1.50 มิลลิเมตร

ระดับ 2 ระยะกดของชุดทับรอยชุดที่ 1 2.50 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.14 ตำแหน่งชุดลูกกลิ้งบน-ล่างในชุดทับรอย

6) **ระยะกดของชุดทับรอยชุดที่** 2 (creaser)

คือ ชุดลูกกลิ้งบน-ล่างที่ทำให้เกิดรอยทับด้านในของแผ่นกระดาษลูกฟูก ทำหน้าที่กดลอนลูกฟูกย้ำให้เกิดรอยพับที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งลักษณะโครงสร้างตำแหน่งลูกกลิ้งบน-ล่างนั้นจะเหมือนกับระยะกดของชุดทับรอยชุดที่ 1 ต่างกันที่ชุดทับรอยที่หนึ่งจะทับรอยคมกว่า ส่วนชุดที่สองจะหุ้มด้วยยางเพื่อทับรอยซ้ำอีกครั้ง หากกำหนดระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งไม่เหมาะสม อาจทำให้มีปัญหาในการพับตัวของกล่องได้ ซึ่งในการทดลองได้ปรับระดับของปัจจัยได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ระยะกดของชุดทับรอยชุดที่ 2 1.70 มิลลิเมตร

ระดับ 2 ระยะกดของชุดทับรอยชุดที่ 2 3.00 มิลลิเมตร

7) **ระยะเบี่ยงรางพับด้านซ้ายและด้านขวา** (Folding Beam OP&DR Register)

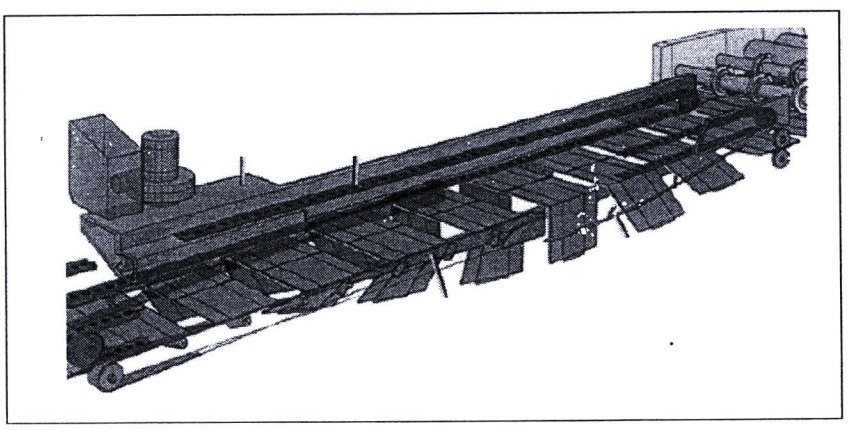
ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งในการประคองและพับกล่องให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ซึ่งหากกำหนดระยะเบี่ยงของรางพับไม่เหมาะสม อาจส่งผลต่อการเคลื่อนที่และการพับของกระดาษคลาดเคลื่อนไปได้ ซึ่งในการทดลองได้ปรับระดับของปัจจัยได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ระยะเบี่ยงของรางพับด้านซ้าย 323 มิลลิเมตร

ระดับ 2 ระยะเบี่ยงของรางพับด้านซ้าย 333 มิลลิเมตร

ระดับ 1 ระยะเบี่ยงของรางพับด้านขวา 387 มิลลิเมตร

ระดับ 2 ระยะเบี่ยงของรางพับด้านขวา 407 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.15 ชุดรางพับกล่อง

8) **ความเร็วรางพับด้านซ้าย** (Speed OP Register)

ความเร็วที่กล่องเคลื่อนที่บนรางพับ ซึ่งหากกำหนดความเร็วของรางพับด้านซ้ายไม่เหมาะสม อาจส่งผลต่อการเคลื่อนที่และการพับของกระดาษคลาดเคลื่อนไปได้ โดยทั่วไปจะค่าความเร็วของรางพับด้านซ้ายจะตั้งเป็นจำนวนเท่าของความเร็วของรางพับด้านขวา โดยการพับกล่องของด้านที่หนึ่ง และด้านที่สี่ ให้มาประกบกันได้ ความเร็วรางพับด้านซ้ายจะช้ากว่าด้านขวาเสมอซึ่งในการทดลองได้ปรับระดับของปัจจัยได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ความเร็วรางพับด้านซ้าย 0.0 เท่าของความเร็วรางพับด้านขวา

ระดับ 2 ความเร็วรางพับด้านซ้าย 0.5 เท่าของความเร็วรางพับด้านขวา

9) **ระยะกดสายพานป้อนเข้าชุดนับ** (Feed Belt Gap)

Feed Belt ทำหน้าที่ดึงกล่องต่อจาก Squaring Belt เพื่อป้อนข้าสู่ชุด Squaring ฉะนั้น หากการตั้งระยะการกดของสายพานชุดนี้ไม่เหมาะสม อาจทำให้การเคลื่อนที่เข้าสู่ชุดนับ ไม่เหมาะสมได้ ซึ่งในการทดลองได้ปรับระดับของปัจจัยได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ระยะกดสายพานป้อนเข้าชุดนับ 10 มิลลิเมตร

ระดับ 2 ระยะกดสายพานป้อนเข้าชุดนับ 17 มิลลิเมตร

10) **ระยะของตั้งกั้นท้าย** (Back Stop Register)

หากตั้งค่าตำแหน่งของ Back Stop ไม่เหมาะสม เช่นใกล้ตัวตบฉากเกินไปอาจทำให้เกิดปัญหากล่องติดในเครื่อง หรือ ห่างจากตัวตบฉากเกินไปอาจทำให้ตัวตบฉากตบไม่ถึง ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาร่องกาวเบี้ยวได้ ซึ่งในการทดลองได้ปรับระดับของปัจจัยได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ระยะของตั้งกั้นท้าย 696 มิลลิเมตร

ระดับ 2 ระยะของตั้งกั้นท้าย 714 มิลลิเมตร

จากการพิจารณาข้างต้น สรุประดับของแต่ละปัจจัย ทั้งหมด 13 ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ โดยระดับต่ำ แทนด้วยสัญลักษณ์ (-) และระดับสูง แทนด้วยสัญลักษณ์ (+) และการแทนแต่ละปัจจัยด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุประดับปัจจัยที่ต้องการทำการทดลอง

ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น	แทน	ระดับปัจจัย		หน่วย
		(-) ต่ำ	(+) สูง	
1. ความเร็วเครื่องจักร	A	80	120	กล่อง/นาที
2. ระยะกดลูกกลิ้งป้อนกระดาษ	B	1.8	3.2	มิลลิเมตร
3. ระยะกดลูกกลิ้งลำเลียงแผ่น	C	1.5	2.2	มิลลิเมตร
4. ระยะกดลูกกลิ้งพิมพ์ กับลูกกลิ้งกดชุดที่ 1	D	1.5	2.2	มิลลิเมตร
5. ระยะกดลูกกลิ้งพิมพ์ กับลูกกลิ้งกดชุดที่ 2	E	1.0	2.8	มิลลิเมตร
6. ระยะกดลูกกลิ้งพิมพ์ กับลูกกลิ้งกดชุดที่ 3	F	1.0	2.0	มิลลิเมตร
7. ระยะกดชุดทับรอยชุดที่1	G	1.5	2.5	มิลลิเมตร
8. ระยะกดชุดทับรอยชุดที่2	H	1.7	3.0	มิลลิเมตร
9. ระยะเบี่ยงรางพับด้านซ้าย	J	323	333	มิลลิเมตร
10. ระยะเบี่ยงรางพับด้านซ้าย	K	387	407	มิลลิเมตร
11. ความเร็วรางพับด้านซ้าย	L	0.0	0.5	เท่า
12. ระยะกดสายพานป้อนเข้าชุดนับ	M	10	17	มิลลิเมตร
13. ระยะตั้งกั้นท้าย	N	696	714	มิลลิเมตร

4.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables)

จากการคัดเลือกปัจจัยที่คาดว่ามีอิทธิพลสำหรับปัญหาที่สนใจนั้น นำมาใช้สำหรับการทดลอง เพื่อให้สามารถกำหนดค่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดระยะห่างร่องกาวไม่เป็นไปตามที่กำหนด โดยตัวแปรตอบสนอง คือ ค่าระยะห่างร่องกาวฝาบน และค่าระยะห่างร่องกาวฝาล่าง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ซึ่งตัวแปรตอบสนองจัดเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data)

4.4 แผนการออกแบบการทดลองเบื้องต้น

จากการพิจารณาหัวข้อที่ 4.2 ได้สรุปปัจจัยที่จะใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 13 ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ และระดับสูง ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและระยะเวลาในการทดลอง แผนการออกแบบการทดลองเบื้องต้นที่ใช้สำหรับคัดกรองปัจจัยคือ การออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีทากูชิ (Taguchi Method) ตารางการออกแบบการทดลอง ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งเทคนิคดังกล่าวสามารถทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อค่าระยะห่างร่องกาวของปัจจัยหลักได้ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติ ซึ่งจะทำให้ทราบว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ในงานวิจัยนี้ไม่ได้แยกปัจจัยรบกวนออกมาใช้ในการศึกษานี้ เนื่องจากปัจจัยรบกวนเหล่านี้ยากต่อการควบคุม จึงใช้วิธีการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ดังตารางที่ 4.4 เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เพื่อให้การทดลองมีโอกาสความน่าจะเป็นที่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยรบกวนเท่าๆกัน และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อให้ผลการทดลองมีความถูกต้องมากขึ้น สรุปแผนการออกแบบการทดลองเบื้องต้น ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แผนการออกแบบการทดลองเบื้องต้น

แผนการออกแบบการทดลองเบื้องต้น

1. วัตถุประสงค์

เพื่อตัดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าระยะห่างร่องกาวออกไป ซึ่งไม่สามารถทำการทดลองทุกค่าของแต่ละปัจจัยได้ เนื่องจากการในการทดลองมีเวลาและทรัพยากรที่ใช้อย่างจำกัด

2. ข้อมูลพื้นฐาน

พบว่าเกิดของเสียประเภทระยะห่างร่องกาวไม่เป็นไปตามที่กำหนด ในกระบวนการผลิตเป็นประจำ จึงทำให้มีปริมาณของเสียที่ต้องนำมาซ่อมแซมแก้ไขใหม่เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทั้งในแง่ เวลาสูญเปล่า ค่าใช้จ่ายแรงงาน ในปัจจุบันมีการปรับตั้งค่าตัวแปรต่างๆ แบบลองผิดลองถูก ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของพนักงานเสียส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องนำเทคนิคการออกแบบทำการทดลอง และการวิเคราะห์เชิงสถิติ มาประยุกต์ใช้เพื่อทราบว่าตัวแปรใดเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาดังกล่าวอย่างแท้จริง

3. ตัวแปรในการทดลอง

3.1 ตัวแปรตอบสนอง คือ ค่าระยะห่างร่องกาวฝาบน และค่าระยะห่างร่องกาวฝาล่าง

3.2 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง	**ระดับปัจจัย**	
	(-) ต่ำ	**(+) สูง**
3.2.1 ความเร็วเครื่องจักร (กล่อง/นาที)	80	120
3.2.2 ระยะกดลูกกลิ้งป้อนกระดาษ (มิลลิเมตร)	1.8	3.2
3.2.3 ระยะกดลูกกลิ้งลำเลียงแผ่น (มิลลิเมตร)	1.5	2.2
3.2.4 ระยะกดลูกกลิ้งพิมพ์ กับลูกกลิ้งกดชุดที่ 1 (มิลลิเมตร)	1.5	2.2
3.2.5 ระยะกดลูกกลิ้งพิมพ์ กับลูกกลิ้งกดชุดที่ 2 (มิลลิเมตร)	1.0	2.8
3.2.6 .ระยะกดลูกกลิ้งพิมพ์ กับลูกกลิ้งกดชุดที่ 3 (มิลลิเมตร)	1.0	2.0
3.2.7 ระยะกดชุดทับรอยชุดที่ 1 (มิลลิเมตร)	1.5	2.5
3.2.8 ระยะกดชุดทับรอยชุดที่ 2 (มิลลิเมตร)	1.7	3.0
3.2.9 ระยะเบี่ยงรางพับด้านซ้าย (มิลลิเมตร)	323	333
3.2.10 ระยะเบี่ยงรางพับด้านขวา (มิลลิเมตร)	387	407
3.2.11 ความเร็วรางพับด้านซ้าย (เท่า)	0.0	0.5
3.2.12 ระยะกดสายพานป้อนเข้าชุดนับ (มิลลิเมตร)	10	17
3.2.13 ระยะตั้งกั้นท้าย (มิลลิเมตร)	696	714

ตารางที่ 4.2 แผนการออกแบบการทดลองเบื้องต้น (ต่อ)

3.3 **ตัวแปรควบคุม**	**การควบคุม**
3.3.1 ตำแหน่งตัวตบข้าง (มิลลิเมตร)	963
3.3.2 สภาพล้อป้อนกระดาษ	สภาพดี ไม่สึก
3.3.3 แรงลมดูดในชุดป้อนกระดาษ (บาร์)	5
3.3.4 ความขนานของรางพับ	ขนาน
3.3.5 ระยะกดล้อกาว (มิลลิเมตร)	976.0
3.3.6 ความตึงสายพานพับกล่อง	ขนาน
3.3.7 ความตึงสายพานประคองข้าง	ขนาน
3.3.8 แรงลมดูดใต้สายพานพับกล่องเส้นล่าง	ขนาน
3.3.9 ความโค้งงอกระดาษลูกฟูก	กระดาษเรียบ/ไม่งอ
3.3.10 เกรดกระดาษลูกฟูก	A
3.3.11 ชนิดลอนลูกฟูก	ลอน C
3.3.12 ขนาดกล่องกระดาษลูกฟูก	ใหญ่

4. การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีการทากูชิ (Taguchi Method) โดยใช้ ตาราง Orthogonal Array $L_{16}(2^{13})$ การทดลอง 16 run จำนวน 13 ปัจจัย แต่ละปัจจัยแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จำนวนการทดลองทั้งหมด 32 การทดลอง

5. เมตริกการออกแบบการทดลอง

เมตริกการออกแบบการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.3

6. วิธีการสุ่ม

การสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomization) แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 Orthogonal Array $L_{16}(2^{13})$ ที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น

Taguchi Method Orthogonal Array L16 (2^{13})													
Run	Factors												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
3	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
4	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
5	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
6	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+
7	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+
8	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
9	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
10*	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-
11	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-
12	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+
13	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
14	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-
15	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-
16	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+

หมายเหตุ เครื่องหมาย (-) แทนระดับต่ำของปัจจัย

เครื่องหมาย (+) แทนระดับสูงของปัจจัย

ตารางที่ 4.4 การสุ่มอย่างสมบูรณ์ในการทดลองเบื้องต้น

Run	หมายเลขลำดับที่	Run	หมายเลขลำดับที่	Run	หมายเลขลำดับที่
1	14	12	9	23	26
2	12	13	24	24	32
3	11	14	27	25	2
4	15	15	3	26	21
5	1	16	4	27	25
6	16	17	10	28	6
7	5	18	23	29	30
8	20	19	7	30	28
9	31	20	17	31	19
*10	8	21	22	32	29
11	13	22	18		

ตัวอย่างคำอธิบายในตารางที่ 4.4 การทดลองที่ 10 มีหมายเลขลำดับที่ 8 หมายความว่า การปรับตั้งระดับปัจจัยก่อนเดินเครื่องจักร ดังนี้

ปัจจัย A คือ ความเร็วของเครื่องจักร ที่ระดับสูง

ปัจจัย B ระยะกดของลูกกลิ้งป้อนกระดาษ ที่ระดับต่ำ

ปัจจัย C ระยะกดของลูกกลิ้งลำเลียงแผ่น ที่ระดับสูง

ปัจจัย D ระยะกดของลูกกลิ้งพิมพ์ กับลูกกลิ้งกดชุดที่ 1 ที่ระดับต่ำ

ปัจจัย E ระยะกดของลูกกลิ้งพิมพ์ กับลูกกลิ้งกดชุดที่ 2 ที่ระดับสูง

ปัจจัย F ระยะกดของลูกกลิ้งพิมพ์ กับลูกกลิ้งกดชุดที่ 3 ที่ระดับต่ำ

ปัจจัย G ระยะกดของชุดทับรอยชุดที่ 1 ที่ระดับสูง

ปัจจัย H ระยะกดของชุดทับรอยชุดที่ 2 ที่ระดับสูง

ปัจจัย J ระยะเบี่ยงของรางพับด้านซ้าย ที่ระดับต่ำ

ปัจจัย K ระยะเบี่ยงของรางพับด้านขวา ที่ระดับสูง

ปัจจัย L ความเร็วรางพับด้านซ้าย ที่ระดับต่ำ

ปัจจัย M ระยะกดสายพานป้อนเข้าชุดนับ ที่ระดับสูง

ปัจจัย N ระยะของตั้งกั้นท้าย ที่ระดับต่ำ

ในบทที่ 4 ได้ทำการศึกษารายละเอียดขั้นตอนการผลิตเฉพาะส่วนกระบวนการขึ้นรูปกล่องกระดาษลูกฟูก และการกำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลองเบื้องต้นออกเป็น 2 ระดับของปัจจัยที่จะนำมาใช้ในการทดลอง รวมถึงแผนการออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อค่าระยะห่างร่องกาวในการทดลองเบื้องต้น ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองจะอยู่ในบทถัดไป