

การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบควบคุมการผลิตแบบผสมระหว่างแบบผลักและแบบดึงและระบบควบคุม
การผลิตแบบ Drum-Buffer-Rope ในกระบวนการผลิตตามสั่งของลูกค้าโดยใช้วิธีการจำลองสถานการณ์
Comparison Study between Push-Pull Hybrid Production Control System and Drum-Buffer-Rope
Production Control System for Make-to-Order Production Processes Using a Simulation Technique

เจษฎา คูนมี และสิทธิพร พิมพ์สกุล

Jadsada Koonmee and Sittiporn Pimsakul

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทรศัพท์ 02-329-8339 โทรสาร 02-329-8340 E-mail:

บทคัดย่อ

บทความนี้ แสดงการศึกษาเปรียบเทียบโดยวิธีการจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตตามสั่งของลูกค้าว่า ระบบควบคุมการผลิตแบบผสมระหว่างแบบผลักและแบบดึงที่โรงงานกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบัน กับระบบควบคุมการผลิตแบบ Drum-Buffer-Rope (DBR) ภายใต้ทฤษฎีข้อจำกัด มีความแตกต่างกันอย่างไร ผลการเปรียบเทียบพบว่าอัตราผลผลิตที่เท่ากัน ระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR มีค่าเฉลี่ยเวลานำน้อยกว่าระบบควบคุมการผลิตแบบผสมอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าเฉลี่ยเวลานำลดลงจาก 64 วันเหลือ 54 วัน หรือคิดเป็นเวลาที่ลดลง 15.63% ผลการศึกษายังได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของคงคลังกันชน ค่าเฉลี่ยเวลานำและอัตราผลผลิต

Abstract

This article describes the study of the comparison between push-pull hybrid production control system, which is currently used by the factory, and drum-buffer-rope production control system (DBR) from the theory of constraints for make-to-order production processes by using a simulation technique. This study finds that the DBR system gives significantly less average production lead time than the push-pull hybrid system for the same throughput rate. The average production lead time is reduced from 64 days to 54 days, which is a 15.63% reduction. This study

also shows the relationship among buffer, average production lead time and throughput rate.

1. บทนำ

ในสภาวะการแข่งขันของธุรกิจยุคปัจจุบันที่มีการแข่งขันกันอย่างมากทำให้ผู้ผลิตจำเป็นต้องมุ่งเน้นพัฒนาศักยภาพของตัวเองอยู่ตลอดเวลาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน โดยการจัดความสูญเสียต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ลดระยะเวลาในการส่งมอบผลิตภัณฑ์ และลดต้นทุนในการผลิต ระบบควบคุมการผลิตเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะช่วยให้บรรลุผลดังกล่าว ดังนั้นผู้ผลิตจึงพยายามเลือกสรรระบบควบคุมการผลิตให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตของตัวเองมากที่สุด โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตหม้อแปลงที่มีการผลิตตามสั่งของลูกค้า โดยหม้อแปลงแต่ละเครื่องจะมีความยากง่ายในการผลิตที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้าแต่ละราย ดังนั้นโรงงานกรณีศึกษาจึงต้องใช้เวลาในการผลิตหม้อแปลงแต่ละเครื่องแตกต่างกัน จากความไม่แน่นอนในการผลิตดังกล่าวจึงทำให้ค่าเฉลี่ยเวลานำ (Average Production Lead Time) ในการผลิตหม้อแปลงมากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตมากขึ้นตาม โรงงานกรณีศึกษาได้เล็งเห็นถึงความสูญเสียดังกล่าว จึงต้องการให้ผู้วิจัยศึกษาว่าระบบควบคุมการผลิตแบบผสมระหว่างแบบผลักและแบบดึงที่โรงงานกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบันมีความเหมาะสมกับกระบวนการผลิตของตัวเองหรือไม่ อย่างไร ผู้วิจัยได้ศึกษาว่าระบบควบคุมการผลิตแบบ Drum-Buffer-Rope (DBR) ภายใต้

ทฤษฎีข้อจำกัด สามารถช่วยให้ประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมดีขึ้นได้ [1] ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบโดยวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมอารีนา (Arena) ว่าระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR จะมีความเหมาะสมมากกว่าระบบควบคุมการผลิตที่โรงงานกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบัน หรือไม่ โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลานำ ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการผลิตหม้อแปลง 1 เครื่องโดยเริ่มนับจากกระบวนการผลิตแรกจนกระทั่งกระบวนการผลิตสุดท้ายก่อนการส่งมอบหม้อแปลงให้กับลูกค้า แล้วนำค่าเวลาดังกล่าวของหม้อแปลงแต่ละเครื่องที่ผลิตได้ในรอบ 1 ปีนั้นมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเวลานำ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเพิ่มเติมว่าในระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ปริมาณของคงคลังกันชน (Buffer) ค่าเฉลี่ยเวลานำ และอัตราผลผลิต (Throughput Rate) ซึ่งเป็นจำนวนหม้อแปลงที่ผลิตได้ต่อ 1 ปี มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

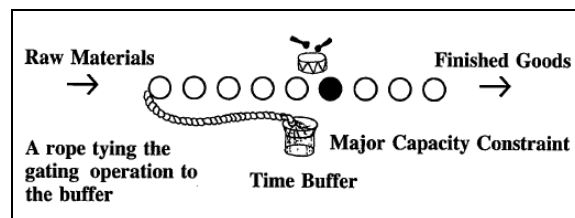
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR

Drum-Buffer-Rope เป็นระบบควบคุมการผลิตภายใต้หลักการของทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of Constraints, TOC) โดยทฤษฎีข้อจำกัดจะพิจารณาทั้งระบบที่แต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกัน ดังนั้นอัตราผลผลิตของระบบจะขึ้นอยู่กับการเชื่อมโยงดังกล่าว ทฤษฎีข้อจำกัดจะให้ความสำคัญกับจุดที่เป็นข้อจำกัด ถ้าต้องการเพิ่มอัตราผลผลิตของระบบก็ต้องจัดการหรือปรับปรุงจุดที่เป็นข้อจำกัด จุดที่เป็นข้อจำกัดจะเป็นตัวกำหนดอัตราผลผลิต ในทางปฏิบัติสามารถทำได้ดังนี้ ในขั้นแรกหาจุดที่เป็นข้อจำกัดของระบบ โดยพิจารณาจากกระบวนการผลิตที่มีอัตราผลผลิตต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตอื่นๆ ในขั้นต่อไปต้องพยายามใช้งานหรือใช้ประโยชน์จากจุดที่เป็นข้อจำกัดอย่างเต็มประสิทธิภาพ ต้องไม่ทำให้กระบวนการผลิตในส่วนนี้ว่าง เพราะถ้าใช้งานในส่วนนี้น้อยเท่าไรก็เท่ากับว่าอัตราผลผลิตของระบบจะน้อยลงเท่านั้น จึงจำเป็นต้องมีการจัดการการผลิตของจุดที่เป็นข้อจำกัดว่า ผลิตกันจะอะไรที่ต้องผลิต ปริมาณเท่าใด เริ่มผลิตและเสร็จเมื่อใด และใช้จุดนี้เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของ

ผลิตภัณฑ์ผ่านระบบ ในระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR จุดที่เป็นข้อจำกัดนี้ เรียกว่า กลอง (Drum) ดังแสดงในรูปที่ 1 ที่เรียกว่ากลองเพราะเป็นจุดที่ทำให้จังหวะเพื่อให้กระบวนการผลิตอื่นปฏิบัติตาม นอกจากนี้จำเป็นจะต้องกำหนดเวลากันชน (Time Buffer) ไว้ที่หน้าจุดที่เป็นข้อจำกัด เพื่อให้มั่นใจว่าจุดที่เป็นข้อจำกัดนี้จะมีงานทำอยู่ตลอดเวลา และเพื่อไม่ให้เกิดกระบวนการผลิตต้นน้ำผลิตมากเกินไปจนความจำเป็นซึ่งจะทำให้มีการรอคอยในกระบวนการผลิตมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการสื่อสารจากจุดที่เป็นข้อจำกัดกลับไปที่กระบวนการผลิตต้นน้ำ การสื่อสารดังกล่าว ในระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR เรียกว่าเชือก (Rope) สรุปหลักการของระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR คือ

1. จัดทำตารางการผลิตหลักโดยใช้จุดหรือกระบวนการผลิตที่เป็นข้อจำกัดเป็นตัวกำหนดจังหวะหรือควบคุมกระบวนการผลิตอื่นที่อยู่ต้นน้ำ
2. กำหนดและควบคุมปริมาณเวลากันชน ที่อยู่ด้านหน้ากระบวนการผลิตที่เป็นข้อจำกัด
3. ทำการสื่อสารกลับไปยังกระบวนการผลิตที่อยู่ต้นน้ำเพื่อควบคุมให้ผลิตในปริมาณที่พอเหมาะเท่านั้น



รูปที่ 1 ระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR [2]

2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับระบบควบคุมการผลิตแบบผสม

ระหว่างแบบผลึกและแบบดิ่ง

การศึกษาด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์โดยนักวิจัยหลายท่าน เช่น Hirakawa [3], Taylor [4], Takahashi et al. [5] ได้สรุปว่าระบบควบคุมการผลิตแบบผสมระหว่างแบบผลึกและแบบดิ่งเหมาะสมที่สุดและดีกว่าที่จะใช้แยกแหว่งแบบผลึกหรือแบบดิ่งเพียงอย่างเดียวเพราะมีปริมาณงานระหว่างผลิตน้อยที่สุด Simchi-Levi et al. [6] สรุปว่าในอุตสาหกรรมที่มีความ

ไม่แน่นอนในการผลิตสูงนั้นควรใช้ทั้งระบบควบคุมการผลิตแบบผลึกและแบบคิงผสมผสานกันจึงจะเหมาะสมที่สุด

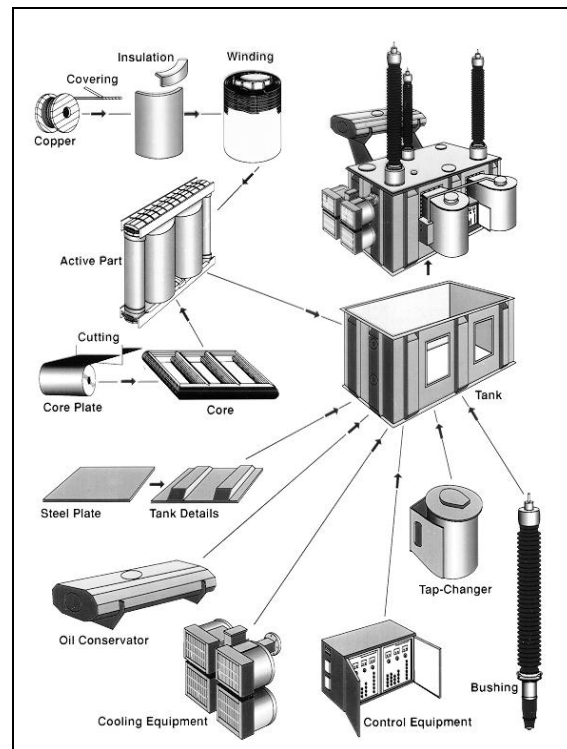
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบควบคุมการผลิตแบบ Drum-Buffer-Rope

Corbett และ Csillag [1] ได้ศึกษาถึงผลกระทบจากการที่บริษัท 7 แห่งนำระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ไปใช้จริง โดยสรุปผลว่าการนำระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ไปใช้ จะช่วยให้ประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมดีขึ้น คือ ค่าเฉลี่ยเวลานำและปริมาณสินค้าคงคลังลดลง Duclos และ Spencer [7] ได้ใช้วิธีการจำลองสถานการณ์โดยใช้ข้อมูลการผลิตจริงจากโรงงานที่มีกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องโดยศึกษาเปรียบเทียบระบบควบคุมการผลิตแบบ MRP (Material Requirements Planning) และระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ผลการศึกษาสรุปว่า ระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ช่วยให้มีอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นและมีปริมาณสินค้าคงคลังลดลง Umble et al. [8] นำระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ไปใช้กับโรงงานที่มีสภาพแวดล้อมแบบญี่ปุ่นดั้งเดิมสามารถปรับปรุงโรงงานให้ดีขึ้นเป็นอย่างมาก เพราะปริมาณงานระหว่างผลิตและค่าเฉลี่ยเวลานำลดลง Radovitsky [9] ได้สรุปว่าการใช้ประโยชน์สูงสุดจากจุดที่เป็นข้อจำกัดจะทำให้อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้น การกำหนดปริมาณเวลาสั้นๆ ให้เหมาะสมจะทำให้มีกำไรสูงสุดเพราะเป็นจุดที่สมดุลระหว่างอัตราผลผลิตและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานในการผลิต

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 โรงงานกรณีศึกษาและกระบวนการผลิต

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานที่ออกแบบ ผลิต และ ทดสอบหม้อแปลงขนาดตั้งแต่ 10 MVA ถึง 300 MVA ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 6.6 kV ถึง 275 kV โดยมีลักษณะของผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 2 กระบวนการผลิตจะเริ่มจากกระบวนการผลิตแกนเหล็ก (Core) และกระบวนการผลิตขดลวด (Winding) เสร็จแล้ว



รูปที่ 2 หม้อแปลงและชิ้นส่วนประกอบ

จะนำแกนเหล็กและขดลวดนี้มาประกอบเข้าด้วยกัน เรียกว่า กระบวนการประกอบไส้ในหม้อแปลง (Active Part Assembly) หลังจากนั้นไส้ในหม้อแปลงจะถูกนำไปอบไล่ความชื้น (Vapour Phase) ก่อนบรรจุลงในถัง (Tank) และประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปลอกกรองแกน (Bushings) ชุดระบายความร้อน (Cooling Equipment) ตู้ควบคุม (Control Equipment) และเติมน้ำมันหม้อแปลง ทั้งหมดในขั้นตอนนี้ เรียกว่ากระบวนการประกอบชิ้นสุดท้าย (Final Assembly) หลังจากนั้นก็นำหม้อแปลงเข้าสู่กระบวนการทดสอบ (Testing) และกระบวนการทดสอบตู้ควบคุม (Function Test) กระบวนการสุดท้ายคือกระบวนการบรรจุภัณฑ์ (Packing) ในระบบควบคุมการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาในปัจจุบันดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นระบบควบคุมการผลิตแบบผสมระหว่างแบบผลึกและแบบคิง โดยกระบวนการผลิตแกนเหล็กและกระบวนการผลิตขดลวดจะเริ่มปฏิบัติงานตามความต้องการของกระบวนการประกอบไส้ในหม้อแปลง กระบวนการประกอบไส้ในหม้อแปลงจะเริ่มปฏิบัติงานตามความต้องการของกระบวนการอบไล่ความชื้น

ส่วนกระบวนการประกอบชิ้นสุดท้ายและกระบวนการทดสอบจะมีการควบคุมปริมาณงานระหว่างผลิตไม่ให้มากเกินกว่าที่กำหนด (ระบบควบคุมการผลิตแบบดึง) หลังกระบวนการทดสอบคือกระบวนการทดสอบผู้ควบคุมและกระบวนการบรรจุภัณฑ์จะมีการผลิตที่เป็นอิสระไม่ขึ้นกับกระบวนการผลิตอื่นๆ (ระบบควบคุมการผลิตแบบผลัก)

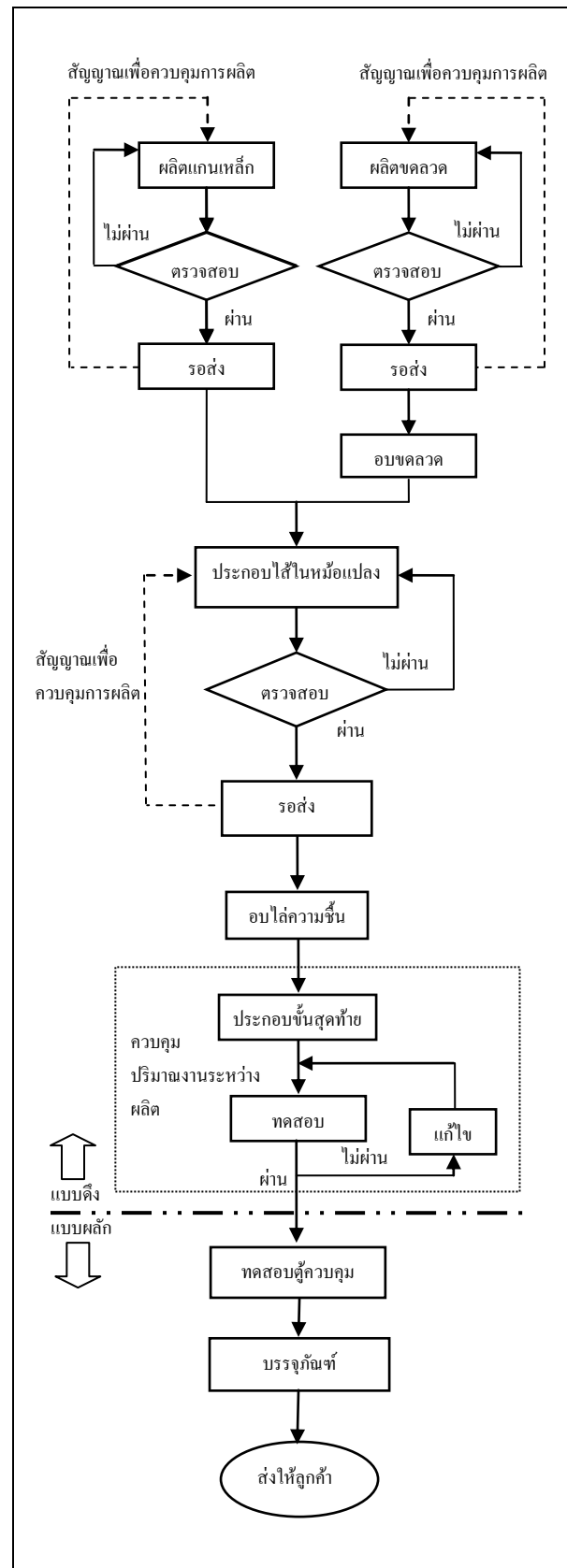
3.2 ข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิต

ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการควบคุมการผลิตที่โรงงานกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบัน ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลระหว่างปี 2552-2553 จากจำนวนการผลิตหม้อแปลง 196 เครื่อง โดยเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิตตั้งแต่กระบวนการผลิตแกนเหล็กและกระบวนการผลิตขดลวดจนกระทั่งเสร็จสิ้นกระบวนการบรรจุภัณฑ์ของหม้อแปลงทั้ง 196 เครื่อง และข้อมูลจำนวนสถานีผลิตที่สามารถทำงานพร้อมกันได้ในแต่ละกระบวนการผลิต ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยเวลาการผลิต (จาก 196 เครื่อง) จำนวนสถานีผลิต และค่าเฉลี่ยเวลาการผลิตต่อสถานีของแต่ละกระบวนการผลิต ในขณะที่เดียวกันผู้วิจัยได้นำข้อมูลเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิตของหม้อแปลง 196 เครื่องไปหารูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Analyzer) ในโปรแกรมอาร์น่า ตารางที่ 2 แสดงรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการผลิตในแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการจำลองสถานการณ์ของทั้งระบบควบคุมการผลิตแบบผสมที่โรงงานกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบัน และระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ต่อไป

3.3 กระบวนการผลิตและระบบควบคุมการผลิตแบบผสม

ระหว่างแบบผลักและแบบดึง

ผู้วิจัยศึกษากระบวนการผลิตและระบบควบคุมการผลิตที่โรงงานกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งเป็นการผสมระหว่างระบบควบคุมการผลิตแบบผลักและแบบดึง ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยที่โรงงานกรณีศึกษาได้มีการใช้ระบบควบคุมการผลิตแบบดึงคือ กำหนดจำนวนแกนเหล็กที่อยู่ระหว่างการ



รูปที่ 3 แผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตหม้อแปลงโดยใช้ระบบควบคุมการผลิตแบบผสม

ผลิตและจำนวนแกนเหล็กที่ผลิตเสร็จสมบูรณ์แล้วรอส่งให้กับกระบวนการประกอบไส้ในหม้อแปลงรวมแล้วจำนวนแกนเหล็กต้องมีไม่เกินจำนวนสำหรับผลิตหม้อแปลงได้ 4 เครื่อง ในกรณีที่จำนวนดังกล่าวครบ 4 เครื่องกระบวนการผลิตแกนเหล็กจะไม่เริ่มการผลิตงานใหม่จะรอจนกว่าจำนวนแกนเหล็กจะลดลง เช่นเดียวกันกับจำนวนขดลวดที่อยู่ระหว่างการผลิตและอยู่ระหว่างกระบวนการอบกับจำนวนขดลวดที่ผลิตเสร็จสมบูรณ์แล้วรวมแล้วจำนวนขดลวดต้องมีไม่เกินจำนวนสำหรับผลิตหม้อแปลงได้ 4 เครื่อง ในกรณีที่จำนวนดังกล่าวครบ 4 เครื่อง กระบวนการผลิตขดลวดจะไม่เริ่มการผลิตงานใหม่จะรอจนกว่าจำนวนขดลวดจะลดลง ในส่วนของจำนวนไส้ในหม้อแปลงที่อยู่ระหว่างการผลิต และจำนวนไส้ในหม้อแปลงที่ผลิตเสร็จสมบูรณ์แล้วรอส่งให้กับกระบวนการอบไล่ความชื้นรวมแล้วจำนวนไส้ในหม้อแปลงต้องมีไม่เกินจำนวนสำหรับผลิตหม้อแปลงได้ 4 เครื่อง ในกรณีที่จำนวนดังกล่าวครบ 4 เครื่อง กระบวนการผลิตไส้ในหม้อแปลงจะไม่เริ่มการผลิตงานใหม่จะรอจนกว่าจำนวนไส้ในหม้อแปลงจะลดลง สำหรับจำนวนหม้อแปลงที่อยู่ระหว่างกระบวนการประกอบชิ้นสุดท้ายและกระบวนการทดสอบรวมแล้วจะต้องมีไม่เกิน 5 เครื่อง ในกรณีที่จำนวนดังกล่าวมีครบ 5 เครื่อง กระบวนการประกอบชิ้นสุดท้ายจะหยุดรับงานจากกระบวนการอบไล่ความชื้นจะรอจนกว่าจำนวนดังกล่าวจะลดลง ส่วนกระบวนการทดสอบผู้ควบคุมและกระบวนการบรรจุภัณฑ์ โรงงานกรณีศึกษาได้ใช้ระบบควบคุมการผลิตแบบฟลัก คือทั้งสองกระบวนการผลิตนี้มีความเป็นอิสระในการผลิตโดยไม่มีข้อจำกัดของจำนวนงานระหว่างผลิตและจำนวนงานที่ผลิตเสร็จสมบูรณ์แล้ว จากข้อมูลดังกล่าวและแผนภูมิที่ได้ตามรูปที่ 3 นำไปสร้างแบบจำลองในโปรแกรมอารีนาเพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบจากอัตราผลผลิตจริงที่โรงงานกรณีศึกษาผลิตได้ใน 1 ปี (ปี 2552 จำนวน 100 เครื่อง/ปี และ ปี 2553 จำนวน 96 เครื่อง/ปี) และอัตราผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์จากแบบจำลองสถานการณ์จำนวน 30 ครั้ง (จำนวน 100.8 เครื่อง/ปี) ผลการ

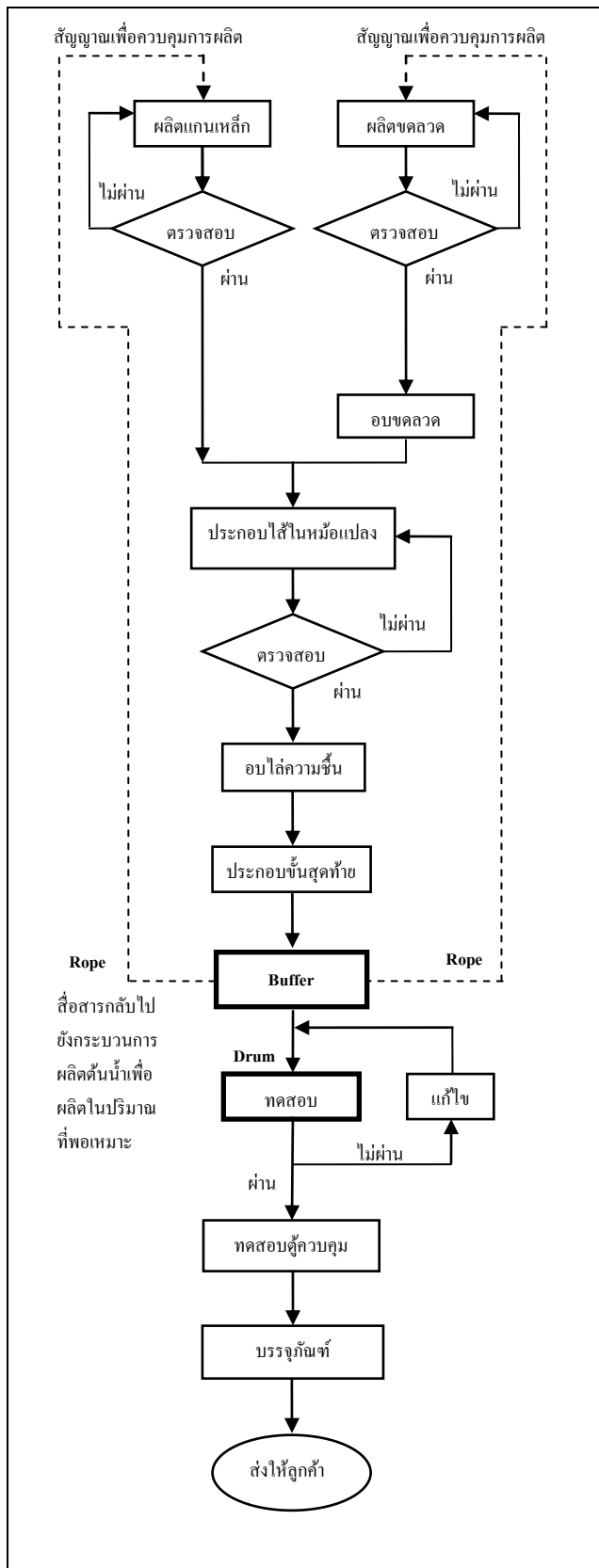
เปรียบเทียบจำนวนอัตราผลผลิตเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นนี้มีความถูกต้อง

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยเวลาการผลิตในแต่ละกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต	ค่าเฉลี่ยเวลาการผลิต (วัน)	จำนวนสถานีผลิต	ค่าเฉลี่ยเวลาการผลิต ต่อ สถานี (วัน)
ผลิตแกนเหล็ก	3.22	2	1.61
ผลิตขดลวด	5.30	2	2.65
อบขดลวด	1.00	1	1.00
ประกอบไส้ในหม้อแปลง	7.32	3	2.44
อบไล่ความชื้น	2.20	1	2.20
ประกอบชิ้นสุดท้าย	6.75	3	2.25
ทดสอบ	3.44	1	3.44
ทดสอบผู้ควบคุม	2.00	1	2.00
บรรจุภัณฑ์	5.20	2	2.60

ตารางที่ 2 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการผลิตในแต่ละกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต	รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการผลิต
ผลิตแกนเหล็ก	$1.5 + 3 * \text{BETA}(2.45, 1.88)$
ผลิตขดลวด	$3.5 + 4 * \text{BETA}(1.36, 1.65)$
อบขดลวด	CONSTANT = 1
ประกอบไส้ในหม้อแปลง	$4.5 + 6 * \text{BETA}(1.45, 1.63)$
อบไล่ความชื้น	$1.5 + \text{WEIB}(0.792, 1.93)$
ประกอบชิ้นสุดท้าย	$\text{TRIA}(4.5, 7.22, 8.5)$
ทดสอบ	$0.5 + \text{WEIB}(3.32, 2.11)$
ทดสอบผู้ควบคุม	CONSTANT = 2
บรรจุภัณฑ์	$3.5 + 3 * \text{BETA}(2.39, 1.85)$



รูปที่ 4 แผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตหม้อแปลงโดยใช้ระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR

3.4 กระบวนการผลิตและระบบควบคุมการผลิตแบบ Drum-Buffer-Rope (DBR)

จากหลักการระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ตามรายละเอียดในหัวข้อ 2.1 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ว่าจุดใดคือจุดที่เป็นข้อจำกัด จากข้อมูลตามตารางที่ 1 พบว่าจุดที่เป็นข้อจำกัดคือ กระบวนการทดสอบ เนื่องจากค่าเฉลี่ยเวลาการผลิตต่อสถานีมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตอื่นๆ (จำนวน 3.44 วัน) ซึ่งหมายถึงกระบวนการทดสอบมีอัตราผลผลิตที่ต่ำที่สุด จึงกำหนดให้กระบวนการทดสอบเป็นจุดที่ใช้ในการควบคุมจังหวะ (Drum) ให้กับกระบวนการผลิตอื่นๆ ในการกำหนดเวลาเกินชน (Time Buffer) ทำได้โดยการกำหนดปริมาณของคงคลังเกินชน (Buffer) ไว้ที่หน้ากระบวนการทดสอบ (จุดที่เป็นข้อจำกัด) และใช้ปริมาณของคงคลังเกินชนนี้เป็นตัวควบคุม (Rope) กระบวนการผลิตอื่นที่อยู่ต้นน้ำให้ผลิตในปริมาณที่เหมาะสมเท่านั้น ในที่นี้กระบวนการผลิตแกนเหล็กและผลิตขดลวดจะหยุดการผลิตงานใหม่เมื่อปริมาณของคงคลังเกินชนมีปริมาณเท่ากับปริมาณของคงคลังเกินชนที่ผู้วิจัยกำหนด และจะเริ่มผลิตต่อได้ก็ต่อเมื่อปริมาณของคงคลังเกินชนมีค่าน้อยกว่าปริมาณของคงคลังเกินชนที่กำหนดไว้ในการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้ปริมาณของคงคลังเกินชน (Buffer) มีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 7 เครื่องแผนภูมิในรูปที่ 4 แสดงกระบวนการผลิตและระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ที่มีจุดที่เป็นข้อจำกัดคือกระบวนการทดสอบ จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลและ แผนภูมิดังรูปที่ 4 ไปสร้างแบบจำลองในโปรแกรมอาร์น่าเพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลานำและอัตราผลผลิตเฉลี่ยระหว่างระบบควบคุมการผลิตแบบผสมที่โรงงานกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบัน และระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิจัยแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมอาร์น่าเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบควบคุมการผลิตแบบผสม และระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR โดยทำการจำลองสถานการณ์ซ้ำ (Replication) 30 ครั้งโดยที่

ในแต่ละครั้งผู้วิจัยได้จำลองโดยใช้ระยะเวลาการผลิต 425 วัน โดย 60 วันแรกจะไม่นำผลจากการจำลองสถานการณ์มาร่วมพิจารณา เพราะถือว่าเป็นช่วงที่กระบวนการผลิตยังไม่เสถียร หลังจาก 60 วันแรกทุกกระบวนการผลิตจะมีงานเข้ามาครบ ซึ่งถือว่าเป็นช่วงที่ระบบการผลิตมีความเสถียรแล้ว ดังนั้นผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์จะพิจารณาจากข้อมูลในช่วงวันที่ 61จนถึงวันที่ 425 คิดเป็นรอบเวลาการผลิต 365 วัน หรือ 1 ปี ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิตจะใช้ข้อมูลตามรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการผลิตในตารางที่ 2 รวมถึงจำนวนสถานีผลิตที่สามารถทำงานพร้อมกันได้ในแต่ละกระบวนการผลิตในตารางที่ 1 โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาใช้กับแบบจำลองทั้งระบบควบคุมการผลิตแบบผสมและแบบ DBR ผู้วิจัยรวบรวมผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์คือ ค่าเฉลี่ยเวลานำของหม้อแปลงที่ผลิตได้ใน 1 ปี อัตราผลผลิต และเปอร์เซ็นต์การใช้งานจุดที่เป็นข้อจำกัดในกรณีนี้คือกระบวนการทดสอบ นำผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 30 ครั้งมาคำนวณค่าเฉลี่ยและแสดงในตารางที่ 3 ในการจำลองสถานการณ์ระบบควบคุมการผลิตแบบผสม ผู้วิจัยใช้ข้อมูลและวิธีการควบคุมการผลิตตามที่โรงงานกรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบันตามรายละเอียดในหัวข้อ 3.3 ส่วนการจำลองสถานการณ์ระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ผู้วิจัยใช้ข้อมูลและวิธีการควบคุมการผลิตตามรายละเอียดในหัวข้อ 3.4 โดยผู้วิจัยได้กำหนดให้มีปริมาณของคงคลังกันชน (Buffer) ตั้งแต่ 0 ถึง 7 เครื่อง ทั้งนี้เพื่อต้องการศึกษาว่าที่ปริมาณของคงคลังกันชนเท่าไรจึงจะให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับอัตราผลผลิตเฉลี่ยของระบบควบคุมการผลิตแบบผสม แล้วจึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลานำของระบบทั้งสอง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณของคงคลังกันชน ค่าเฉลี่ยเวลานำ และอัตราผลผลิต จากผลของการจำลองสถานการณ์ดังแสดงในตารางที่ 3 จะพบว่า ระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR (Buffer เท่ากับ 5) มีอัตราผลผลิตเฉลี่ย (จำนวน 101.5 เครื่อง/ปี) ใกล้เคียงกับอัตราผลผลิตเฉลี่ยของระบบควบคุมการผลิตแบบผสม (จำนวน 100.8 เครื่อง/ปี) และเมื่อนำผลลัพธ์คือ อัตราผลผลิตและ

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์

ระบบควบคุมการผลิต		ค่าเฉลี่ย เวลานำ (วัน / เครื่อง)	อัตราผลผลิต เฉลี่ย (เครื่อง / ปี)	เปอร์เซ็นต์ การใช้งาน กระบวนการ ทดสอบ
แบบผสมระหว่างแบบหลัก และแบบคิง		64.0	100.8	99.9%
แบบ DBR	Buffer = 0	47.7	73.7	72.6%
	Buffer = 1	48.1	84.9	82.3%
	Buffer = 2	49.4	90.2	88.3%
	Buffer = 3	50.0	97.0	94.2%
	Buffer = 4	52.0	99.4	96.7%
	Buffer = 5	54.0	101.5	98.5%
	Buffer = 6	56.3	102.7	99.5%
	Buffer = 7	59.7	102.2	99.9%

ค่าเฉลี่ยเวลานำจากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 30 ครั้งมาเปรียบเทียบทางสถิติสามารถยืนยันได้ว่า อัตราผลผลิตของทั้งสองระบบมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนค่าเฉลี่ยเวลานำของระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR (Buffer เท่ากับ 5) (ค่าเฉลี่ยเวลานำ 54 วัน) มีค่าน้อยกว่าระบบควบคุมการผลิตแบบผสม (ค่าเฉลี่ยเวลานำ 64 วัน) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลจากการจำลองสถานการณ์ยังแสดงให้เห็นว่า อัตราผลผลิตเฉลี่ยของระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR (Buffer น้อยกว่า 5) จะมีอัตราผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่าระบบควบคุมการผลิตแบบผสม เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การใช้งานจุดที่เป็นข้อจำกัด (กระบวนการทดสอบ) ของระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ต่ำกว่าระบบควบคุมการผลิตแบบผสม สำหรับอัตราผลผลิตเฉลี่ยของระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR (Buffer ตั้งแต่ 5 ขึ้นไป) และอัตราผลผลิตเฉลี่ยของระบบควบคุมการผลิตแบบผสมจะมีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การใช้งานจุดที่เป็นข้อจำกัดมีค่าเกือบสูงสุดแล้ว (เข้าใกล้ 100%) เพราะเมื่อจุดที่เป็นข้อจำกัดถูกใช้ประโยชน์อย่างเต็มประสิทธิภาพแล้ว การเพิ่มปริมาณของคงคลังกันชนจะไม่ช่วยให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นได้อีก สำหรับทุกปริมาณของคงคลังกันชนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยเวลานำเพิ่มขึ้นตาม เนื่องจากการรอคอยหน้าจุดที่เป็นข้อจำกัดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาเปรียบเทียบโดยวิธีการจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตตามสั่งของลูกค้าระหว่างระบบควบคุมการผลิตแบบผสมระหว่างแบบผลักและแบบดึง และระบบควบคุมการผลิตแบบ Drum-Buffer-Rope (DBR) ภายใต้ทฤษฎีข้อจำกัด สามารถสรุปได้ว่าที่อัตราผลผลิตเฉลี่ยที่เท่ากัน ค่าเฉลี่ยเวลานำของระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยเวลานำของระบบควบคุมการผลิตแบบผสมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยลดลงจาก 64 วันเหลือเพียง 54 วันหรือคิดเป็นเวลาที่ลดลง 15.63% ค่าเฉลี่ยเวลานำและอัตราผลผลิตเฉลี่ยของระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR จะขึ้นกับการกำหนดปริมาณของคงคลังกันชน (Buffer) โดยถ้ากำหนดให้มีปริมาณของคงคลังกันชนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตาม เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การใช้งานจุดที่เป็นข้อจำกัดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อจุดที่เป็นข้อจำกัดถูกใช้งานเต็มประสิทธิภาพแล้วอัตราผลผลิตเฉลี่ยจะไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้อีกไม่ว่าจะเพิ่มปริมาณของคงคลังกันชนอีกเท่าใดก็ตาม ในแต่ละปริมาณของคงคลังกันชนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยเวลานำเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากการรอคอยหน้าจุดที่เป็นข้อจำกัดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น จากผลการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่าระบบควบคุมการผลิตแบบ DBR ภายใต้ทฤษฎีข้อจำกัดมีความเหมาะสมกว่าระบบควบคุมการผลิตแบบผสมสำหรับโรงงานที่มีการผลิตตามสั่งของลูกค้า เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยเวลานำน้อยกว่าที่อัตราผลผลิตเฉลี่ยที่เท่ากัน การกำหนดปริมาณของคงคลังกันชนจำเป็นจะต้องเลือกให้สอดคล้องกับอัตราผลผลิตเฉลี่ยที่ต้องการเพื่อที่จะทำให้มีประสิทธิภาพในการผลิตโดยรวมสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] T.Corbett and J.M.Csillag, "Analysis of the Effects of Seven Drum-Buffer-Rope Implementations" APICS-The Educational Society for Resource Management, 2001, pp. 17-23.
- [2] E.M.Goldratt and E.F.Robert, "The Race", North River Press, Inc., 1986, pp 99.

- [3] Y.Hirakawa, "Performance of a Multistage Hybrid Push/Pull Production Control System", International Journal of Production Economics, Vol. 44, 1996, pp. 129-135.
- [4] L.J.Taylor, "A Simulation Study of WIP Inventory Drive Systems and their Effects on Financial Measurements", Integrated Manufacturing Systems, Vol. 10, 1999, pp. 306-315.
- [5] K.Takahashi, S.Hiraki and M.Soshiroda, "Pull-Push Integration in Production Ordering System", International Journal of Production Economics, 1994, pp. 155-161.
- [6] D.Simchi-Levi, P.Kamisky and E.Simchi-Levi, "Managing the Supply Chain: Definitive Guide for the Business Professional", Irwin McGraw-Hill, Boston, 2003.
- [7] L.K.Duclos and M.S.Spencer, "The Impact of a Constraint Buffer in a Flow Shop", International Journal of Production Economics, Vol. 42, 1995, pp. 175-185.
- [8] M.Umble, E.Umble and S.Murakamiz, "Implementing Theory of Constraints in a Traditional Japanese Manufacturing Environment: the Case of Hitachi Tool Engineering", International Journal of Production Research, Vol. 44, 2006, pp. 1863-1880.
- [9] Z.D.Radovilsky, "A Quantitative Approach to Estimate the Size of the Time Buffer in the Theory of Constraints", International Journal of Production Economics, Vol. 55, 1998, pp. 113-119.