

การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบการผลิต

แบบลูกผสมชนิดผลัดกัน

ดร. พรเทพ ขอบฉายเกียรติ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้วิเคราะห์หา นโยบายควบคุมการผลิตที่ดีที่สุดสำหรับระบบการผลิตแบบ
อนุกรม-ขนานที่มีหลายขั้นตอนของการผลิตเครื่องเป่าลมโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น และ
ศึกษาผลกระทบของนโยบายการผลิตแบบผลัดกัน และลูกผสมชนิดผลัดกันแบบต่างๆ ที่มีต่อ
สมรรถนะการผลิตเช่น อัตราการผลิต พัดุดคงคลังของวัตถุดิบที่สั่งซื้อจากผู้จัดจำหน่ายและขึ้น
งานที่ผ่านการผลิตจากขั้นตอนต่างๆ และยอดขายที่สูญเสียของระบบการผลิต ผลการศึกษาชี้
ให้เห็นว่าระบบลูกผสมชนิดผลัดกันที่ใช้นโยบายการผลิตแบบผลัดกันในขั้นตอนการผลิตขั้นต้นๆ
และใช้นโยบายการผลิตแบบดิ่งในขั้นตอนสุดท้ายจะให้สมรรถนะการผลิตที่ดีที่สุด อีกทั้งยังพบ
ว่าขนาดรุ่นมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อยอดขายที่สูญเสียของระบบการผลิต นอกจากนี้ยัง
ได้หาจำนวนคัมบังสำหรับขั้นตอนการผลิตที่ใช้นโยบายการผลิตแบบดิ่งอีกด้วย

Performance Analysis of Hybrid Push/Pull Production Systems

Dr. Porntep Khokhajaikiat

Assistant Professor

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Abstract

In this paper, simulation modeling was employed to carry out the best operating control policy for the multistage series/parallel production system of hair dryer. The effects of different control policies representing push, pull, and hybrid push/pull policies on the system performances e.g. throughput rate, raw material and work-in-process (WIP) inventory, and lost sale of the production system are considered. The results indicate that the hybrid policy of push strategy at the upstream stages and pull strategy at the downstream stage has yielded the best performances. The batch size has significantly affected on the lost sale of production system. Moreover, the number of Kanbans for stages controlled by pull strategy is determined in the study.

บทนำ

ระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดผลักดัน (hybrid push/pull) จะเป็นวิธีการผลิตและการควบคุมวัสดุคงคลังโดยมุ่งเน้นการนำการวางแผนความต้องการวัสดุ (material requirements planning, MRP) ซึ่งเป็นระบบผลัก (push system) และการผลิตแบบทันเวลาพอดี (just-in-time) ซึ่งเป็นระบบดึง (pull system) มาใช้ร่วมกัน ทั้งสองระบบนี้มีความแตกต่างกันในแง่ของวิธีการควบคุมวัสดุคงคลัง การผลิต การจัดลำดับการผลิต และการจัดส่งผลิตภัณฑ์ Sarker and Fitzsimmons[1]; Deleersnyder, et al.[2] ; Spearman and

Zazanis[3] ได้ศึกษาถึงสมรรถนะของระบบลูกผสมชนิดผลัดกันว่ามีประสิทธิภาพมากกว่าระบบผลัดหรือระบบตั้ง อีกทั้งได้สรุปข้อดีข้อเสียของระบบการผลิตดังกล่าว Karmarkar[3] แนะนำว่าทุกๆ ขั้นตอนการผลิตในสายงานการผลิตที่มีเวลานำ (lead time) ที่ยาวและไม่แน่นอนควรใช้นโยบายการผลิตแบบผลัด ขณะที่ขั้นตอนการผลิตที่มีเวลานำที่สั้นและแน่นอนควรจะใช้นโยบายการผลิตแบบตั้ง สำหรับระบบการผลิตที่มีการพยากรณ์ความต้องการผลิตภัณฑ์ไม่ชัดเจน การนำหลักการของการควบคุมการผลิตแบบผลัดและการควบคุมการผลิตแบบตั้งมาใช้ร่วมกันจะให้ผลดีกว่า โดยทั่วไปแล้วระบบลูกผสมชนิดผลัดกันมักจะใช้ได้ผลดีกับการผลิตที่ทำซ้ำๆ แบบเดิม (repetitive batch production) โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านวิศวกรรมและกระบวนการผลิตเป็นระยะเวลานานๆ

จากการศึกษาวิเคราะห์โดย Hodgson and Wang[6,7] Deleersnyder, et al.[2]; Hirakawa, et al.[8] ได้สรุปว่าระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดผลัดกันมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบผลัดหรือระบบตั้ง ภายใต้เงื่อนไขที่รู้การแจกแจงเวลาการผลิต ความต้องการด้านวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และความต้องการของลูกค้า ดังนั้นข้อสรุปดังกล่าวอาจจะไม่สามารถใช้ได้กับสภาวะการณ์โดยทั่วไปที่มีความไม่แน่นอนในด้านการจัดเตรียมวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนต่างๆ เวลานำของผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบ เวลาการผลิต และความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้า การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพิสูจน์ว่าระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดผลัดกัน ยังคงให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าระบบผลัด หรือระบบตั้ง ภายใต้สภาวะการณ์ดังกล่าวข้างต้นหรือไม่ โดยสร้างแบบจำลองการผลิตและประเมินสมรรถนะของสายงานการประกอบแบบอนุกรม-ขนานที่มีหลายขั้นตอน (multistage series/parallel assembly line) นอกจากนี้ยังได้หาขนาดรุ่น (batch size) ที่เหมาะสมสำหรับระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดผลัดกันและจำนวนคัมบังที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนการผลิตที่ใช้นโยบายการผลิตแบบตั้ง

แบบจำลองกระบวนการผลิต

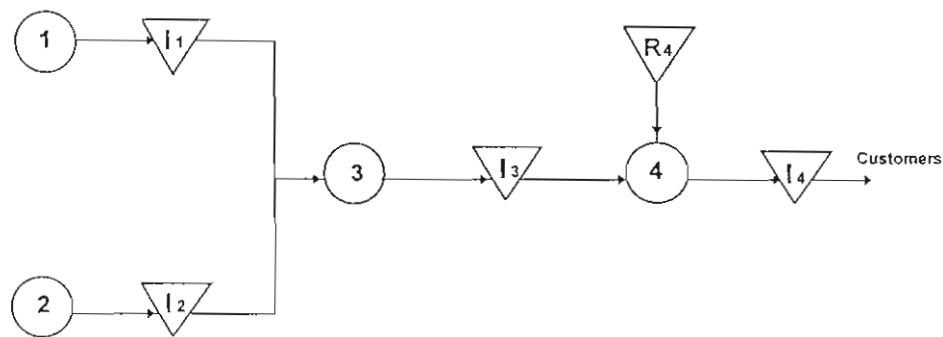
รูปที่ 1 แสดงถึงสายงานการประกอบแบบอนุกรม-ขนานที่มี 4 ขั้นตอนในการผลิตเครื่องเป่าผม (hair dryers) ของโรงงานตัวอย่าง ในทุกๆ ขั้นตอนการประกอบจะดำเนินงานโดยใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ขณะที่การขนส่งวัสดุหรือชิ้นส่วนจากขั้นตอนหนึ่งไปยังขั้นตอนอื่นๆ จะใช้สายพานลำเลียงซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ วัสดุหรือชิ้นงานระหว่างขั้นตอนการผลิต (interstage buffer) มีจำนวนไม่จำกัด ส่วนวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนที่สั่งซื้อจากผู้จัดจำหน่าย

เช่น กล่องบรรจุผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ณ ขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตจะมีความสำคัญมากกว่าวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนอื่นๆ เนื่องจากกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์ต้องการพื้นที่จัดเก็บมาก อีกทั้งเวลานำของผู้จัดจำหน่ายมีระยะเวลายาวและไม่แน่นอนมากกว่าวัตถุดิบอื่นๆ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องควบคุมปริมาณกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์ให้เพียงพอและไม่ต้องเก็บไว้มากจนเกินไป ส่วนวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต ณ ขั้นตอนการผลิตอื่นๆ ซึ่งอยู่ต้นทางของสายงานการประกอบจะมีเวลานำของผู้จัดจำหน่ายและความไม่แน่นอนน้อยกว่า ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องควบคุมพัสดุคงคลังของชิ้นส่วนเหล่านี้

จากการศึกษาสภาพการผลิตของโรงงานตัวอย่างพบว่าการผลิตผลิตภัณฑ์หลัก 4 แบบ (models) โดย 4 สายงานการประกอบ ดังนั้นการศึกษานี้จะกล่าวถึงผลิตภัณฑ์หลักเพียงแบบเดียว และสามารถสรุปรายละเอียดด้านการผลิตได้ดังนี้

- 1) ในแต่ละวันทำงานมีเวลาทำงาน 480 นาที ขณะที่แต่ละเดือนจะมีวันทำงานโดยเฉลี่ย 22 วัน
- 2) สายงานการประกอบหนึ่งๆ จะผลิตผลิตภัณฑ์หลักเพียงอย่างเดียว
- 3) สมมติให้ความต้องการของลูกค้าเกิดขึ้นทุกๆ ต้นเดือนและมีการแจกแจงแบบปกติที่รู้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 4) เวลาวัฏจักรการประกอบ (assembly cycle time) สำหรับแต่ละขั้นตอนเป็นอิสระต่อกันและมีการแจกแจงแบบปกติที่รู้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนคำนวณหาโดยรวมระยะเวลาการทำงานของแต่ละขั้นงานย่อยๆ ที่มีความเป็นอิสระต่อกัน
- 5) ปริมาณการสั่งซื้อกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญมากกว่าวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนอื่นๆ จะมีการแจกแจงแบบปกติที่รู้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 6) วัตถุดิบหรือชิ้นส่วนอื่นที่สั่งซื้อจากผู้จัดจำหน่ายเพื่อใช้ผลิตและหรือประกอบในขั้นตอนอื่นๆ จะมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการตลอดเวลาการผลิต
- 7) ชิ้นงานที่ประกอบขึ้นในแต่ละขั้นตอน 1 ชิ้น จะประกอบเป็นสินค้าสำเร็จรูปได้ 1 ชิ้น
- 8) ระยะเวลาการขนส่งชิ้นงานระหว่างขั้นตอนหนึ่งๆ น้อยมากจึงไม่มีผลกระทบต่อระยะเวลาการผลิตหรือการประกอบ ดังนั้นจึงไม่นำมาคิดรวมกับเวลาวัฏจักรโดยรวมของแต่ละขั้นตอนการผลิต

- 9) สมมติให้ระยะเวลาที่แต่ละขั้นตอนการผลิตไม่สามารถดำเนินการได้ (downtimes of production stages) เป็นอิสระต่อกัน และมีการแจกแจงแบบปกติที่รู้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 10) ขั้นตอนการผลิตที่ดำเนินการโดยนโยบายการผลิตแบบผลัก จะมีปริมาณพัสดุดังคลั่งทั้งประเภทชิ้นงานที่อยู่ระหว่างการผลิตและชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่สั่งซื้อจากผู้จัดจำหน่ายเท่ากับค่าสูงสุดที่ขั้นตอนการผลิตนั้นจะสามารถเก็บสะสมไว้ได้
- 11) ขั้นตอนการผลิตที่ดำเนินการโดยนโยบายการผลิตแบบดึง จะมีปริมาณพัสดุดังคลั่งทั้งประเภทชิ้นงานที่อยู่ระหว่างการผลิตและชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่สั่งซื้อจากผู้จัดจำหน่ายเท่ากับค่าต่ำสุดที่ขั้นตอนการผลิตนั้นควรจะเก็บสะสมไว้



รูปที่ 1 ระบบการผลิตที่ประกอบด้วยขั้นตอนการประกอบแบบอนุกรม-ขนาน 4 ขั้นตอน

รูปแบบนโยบายการผลิต

ระบบการผลิตดังแสดงไว้ในรูปที่ 1 ประกอบด้วยขั้นตอนการประกอบแบบอนุกรม-ขนาน 4 ขั้นตอน กรณีที่ใช้นโยบายการผลิตแบบผลัก (MRP) ในทุกขั้นตอนจะต้องกำหนดตารางการผลิตหลัก (master production schedule, MPS) ตามปริมาณความต้องการที่พยากรณ์ไว้สำหรับแต่ละช่วงเวลา อีกทั้งยังต้องกำหนดตารางการประกอบสินค้าสำเร็จรูปและการประกอบย่อยต่างๆ ตลอดจนจัดซื้อชิ้นส่วนที่ต้องการใช้ในการผลิต สำหรับระบบผลักดันชั้น

ตอนการผลิตขั้นที่ 1 จะผลิตชิ้นงานตามตารางการผลิตหลักที่ได้กำหนดไว้ ขณะที่การผลิต ณ ขั้นตอนลำดับต่อไป จะดำเนินตามรุ่น (lot) ของชิ้นงานที่ส่งมาจากขั้นตอนก่อนหน้า และบางขั้นตอนการผลิตอาจจะขาดแคลนชิ้นงานที่ส่งมาจากขั้นตอนก่อนหน้าและ/หรือวัตถุดิบที่สั่งซื้อจากผู้จัดจำหน่ายในช่วงเวลาระหว่างการดำเนินงาน จึงทำให้ขั้นตอนการผลิตนั้นๆ ต้องหยุดการผลิต ในทำนองเดียวกันขั้นตอนการผลิตอื่นๆ อาจจะต้องหยุดดำเนินการเนื่องจากชิ้นงานที่ผลิตเสร็จจากขั้นตอนนั้นๆ มีอยู่เต็มคลัง นอกจากนั้นการซ่อมเครื่องจักรของขั้นตอนการผลิตนั้นๆ ก็จะทำให้ขั้นตอนนั้นหยุดทำงานได้เช่นกัน

สำหรับกรณีที่ใช้นโยบายการผลิตแบบดึงควบคุมระบบการผลิต ปริมาณชิ้นงานที่ผลิตในขั้นตอนหนึ่งๆ จะถูกกำหนดโดยปริมาณความต้องการของขั้นตอนการผลิตที่อยู่ตามหลังทันที (immediately succeeding stage) นั่นคือพัสดุคงคลังของชิ้นงานที่ผ่านการผลิตจากขั้นตอนก่อนหน้าจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการของขั้นตอนนั้นๆ ถ้าปริมาณความต้องการของขั้นตอนนั้นๆ มีมากกว่าพัสดุคงคลังของชิ้นงานที่ผ่านการผลิตจากขั้นตอนก่อนหน้า ขั้นตอนนั้นจะผลิตชิ้นงานตามจำนวนพัสดุคงคลังของชิ้นงานที่ผ่านการผลิตจากขั้นตอนก่อนหน้า ส่วนปริมาณความต้องการที่ไม่ได้รับการตอบสนองก็ต้องรอผลิต ถ้าปริมาณพัสดุคงคลังของชิ้นงานที่ผ่านการผลิตจากขั้นตอนก่อนหน้ามีมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการของขั้นตอนนั้นๆ การผลิตในขั้นตอนนั้นก็ดำเนินการได้โดยไม่ต้องมีการรอคอยและจะได้จำนวนชิ้นงานตามความต้องการ ส่วนพัสดุคงคลังของชิ้นงานที่พร่องลดลงไปนี้จะเป็นสัญญาณสั่งให้ขั้นตอนการผลิตก่อนหน้าทำการผลิตชิ้นงานตามจำนวนขั้นที่ขั้นตอนการผลิตที่อยู่ตามหลังได้นำไปใช้ แต่ละขั้นตอนที่ใช้นโยบายการผลิตแบบดึง จะทำการผลิตชิ้นงานตามปริมาณชิ้นงานที่ขั้นตอนการผลิตที่อยู่ตามหลังนำไปใช้จริง ซึ่งจะดำเนินการเช่นนี้ในทุกขั้นตอนจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ถ้าขั้นตอนการผลิตขั้นใดๆ เกิดการหยุดผลิตเนื่องจากขาดแคลนวัตถุดิบและ/หรือขาดแคลนชิ้นงานจากขั้นตอนก่อนหน้าและ/หรือเกิดเครื่องจักรเสีย ดังนั้นในทุกขั้นตอนก่อนหน้าต้องหยุดดำเนินการผลิตทันที

ถ้าขั้นตอนใดๆ หยุดผลิต ดังนั้นในขั้นตอนที่อยู่ก่อนหน้าทันทีซึ่งดำเนินการด้วยระบบดึงจะต้องหยุดการผลิตด้วย เพราะปริมาณความต้องการชิ้นงานจากขั้นตอนก่อนหน้านี้อาจจะไม่เกิดขึ้น ในทางกลับกันถ้าขั้นตอนก่อนหน้าทันทีดำเนินการด้วยระบบผลัก ดังนั้นการผลิตจะยังคงดำเนินการอยู่จนกระทั่งขาดแคลนชิ้นงานที่ผลิตจากขั้นตอนก่อนหน้าและ/หรือขาดแคลนวัตถุดิบที่สั่งซื้อจากผู้จัดจำหน่าย จึงจำเป็นต้องหยุดผลิต ลักษณะนี้จะเป็นระบบลูกผสมชนิดผลักดันซึ่งบางขั้นตอนจะดำเนินงานโดยใช้นโยบายการผลิตแบบผลัก ขณะที่บางขั้นตอนดำเนินงานโดย

ใช้นโยบายการผลิตแบบดึง จากที่กล่าวไว้ข้างต้น ในการศึกษาระบบการผลิตที่ประกอบด้วยขั้นตอนการประกอบแบบอนุกรม-ขนาน 4 ขั้นตอน จะมีนโยบายการผลิตที่เป็นไปได้ทั้งหมด 16 นโยบาย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1
นโยบายควบคุมการผลิตสำหรับขั้นตอนการประกอบแบบอนุกรม-ขนาน 4 ขั้นตอน

นโยบาย	ผลึก	ดึง
1	1, 2, 3, 4	
2		1, 2, 3, 4
3	1, 2, 3	4
4	1, 2, 4	3
5	1, 3, 4	2
6	2, 3, 4	1
7	1, 2	3, 4
8	1, 3	2, 4
9	1, 4	2, 3
10	2, 3	1, 4
11	2, 4	1, 3
12	3, 4	1, 2
13	1	2, 3, 4
14	2	1, 3, 4
15	3	1, 2, 4
16	4	1, 2, 3

นโยบายที่ 1 จะใช้ระบบผลึกควบคุมการผลิตในทุกขั้นตอน ขณะที่นโยบายที่ 2 จะใช้ระบบดึงควบคุมการผลิตในทุกขั้นตอน ส่วนนโยบายที่ 3 ถึง 16 จะเป็นระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดผลึกดึง

ข้อมูลสำหรับแบบจำลองกระบวนการผลิต

ในสายงานการประกอบเครื่องเป่าผมจะดำเนินการโดยใช้แรงงานคนเป็นหลัก และมีเครื่องมือเครื่องจักรธรรมดาช่วยการผลิต เช่น ไขควง เครื่องบัดกรี และเครื่องปั๊มชิ้นงาน (Pressing Machines) ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองกระบวนการผลิตมีดังต่อไปนี้

- 1) เวลาติดตั้งการผลิต (setup time) เวลาวัฏจักร (cycle time) หรือเวลาการทำงานของทุกๆ ขั้นตอน
- 2) ระดับพัสดุคงคลังที่สูงสุดและต่ำสุดของชิ้นงานที่ผ่านการผลิตจากแต่ละขั้นตอน
- 3) ระดับพัสดุคงคลังที่สูงสุดและต่ำสุดของวัตถุดิบ (กล่องบรรจุผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป) ณ ขั้นตอนสุดท้าย และปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบจากผู้จัดจำหน่าย
- 4) ปริมาณความต้องการสินค้าสำเร็จรูป
- 5) ระยะเวลาหยุดดำเนินการหรือซ่อมบำรุงเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิต

จากข้อมูลในอดีตพบว่าการจัดส่งวัตถุดิบ (กล่องบรรจุผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป) จากผู้จัดจำหน่ายมาสู่โรงงานมีประมาณ 3 ครั้งต่อเดือน เนื่องจากการจัดเก็บกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์ต้องใช้พื้นที่มาก เพราะฉะนั้นจึงต้องลดพื้นที่จัดเก็บโดยการสั่งซื้อครั้งละไม่มาก ดังนั้นจึงสมมติว่าวัตถุดิบสำหรับขั้นตอนที่ 4 ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตจะมาถึงโรงงาน 3 ครั้งในแต่ละเดือนคือ เริ่มต้นการผลิตในแต่ละเดือน 5 วัน และ 15 วัน หลังจากวัตถุดิบรุ่นแรกได้มาถึงจากการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปพบว่าการแจกแจงแบบปกติ ขนาดพัสดุคงคลังที่ต่ำสุดของชิ้นงานที่ผ่านการผลิตในแต่ละขั้นตอนและขนาดพัสดุคงคลังที่ต่ำสุดของกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในขั้นตอนสุดท้ายสามารถประมาณโดยพิจารณาเวลานำสำหรับการผลิต (production lead time) และระดับพัสดุคงคลังที่ปลอดภัย (safety stock) ของสินค้าสำเร็จรูป เช่น เวลานำสำหรับการผลิตคือ 1 วัน ขณะที่กระบวนการผลิตสามารถผลิตสินค้าสำเร็จรูปได้วันละ 1,700 ชิ้น และระดับพัสดุคงคลังที่ปลอดภัยของสินค้าสำเร็จรูปคิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการโดยเฉลี่ยซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,300 ชิ้น ดังนั้นขนาดพัสดุคงคลังที่ต่ำสุดของชิ้นงานที่ผ่านการผลิตจากแต่ละขั้นตอนและขนาดพัสดุคงคลังที่ต่ำสุดของกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในขั้นตอนสุดท้ายจึงมีค่าเท่ากับ 3,000 ชิ้น ส่วนขนาดพัสดุคงคลังที่สูงสุดทั้งของชิ้นงานที่ผ่านการผลิตจากแต่ละขั้นตอนและกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในขั้นตอนสุดท้ายจะกำหนดจากค่าพัสดุคงคลังที่สูงสุดที่สามารถจัดเก็บไว้ในแต่ละขั้นตอน ข้อมูลต่างๆ ที่กล่าวไว้ในข้างต้นสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

ข้อมูลด้านการผลิตสำหรับการผลิตเครื่องเป่าผม

รายละเอียด	ขั้นตอนการผลิต			
	1	2	3	4
เวลาดิตตั้งการผลิต (วินาที)	1,800	1,800	1,800	1,800
เวลาวัฏจักร (วินาที)				
- ค่าเฉลี่ย	13.8	14.0	14.0	14.8
- ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.0	3.0	4.5	4.0
ขนาดพัสดุคงคลังของชิ้นงานที่ผ่านการผลิต (ชิ้น)				
- ค่าสูงสุด	10,000	15,000	5,000	45,000
- ค่าต่ำสุด	3,800	3800	3,800	3,800
ขนาดพัสดุคงคลังของกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์ (ชิ้น)				
- ค่าสูงสุด	-	-	-	50,000
- ค่าต่ำสุด	-	-	-	3,800
ปริมาณการสั่งซื้อกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์ (ชิ้น/ครั้ง การสั่งซื้อ)				
- ค่าเฉลี่ย		18,718		
- ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		8,084		
ปริมาณความต้องการสินค้าสำเร็จรูป (ชิ้น/เดือน)				
- ค่าเฉลี่ย		37,500		
- ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		5,000		
เวลาหยุดทำงาน (วินาที)				
- ค่าเฉลี่ย		126,720		
- ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		21,120		

การวัดสมรรถนะของระบบการผลิต

เกณฑ์ที่ใช้วัดสมรรถนะของนโยบายการผลิตแบบต่างๆ ที่ประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องเป่าผมมีดังต่อไปนี้

- 1) อัตราผลผลิตโดยเฉลี่ย (average throughput rate) หมายถึง จำนวนโดยเฉลี่ยของสินค้าสำเร็จรูปที่สามารถผลิตได้ในช่วงเวลาหนึ่งๆ
- 2) พัสตุงคลังโดยเฉลี่ย ณ แต่ละขั้นตอนการผลิต (average inventory at each production stage) หมายถึง จำนวนโดยเฉลี่ยของชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบจากแต่ละขั้นตอนในช่วงเวลาหนึ่งๆ
- 3) วัตถุดิบโดยเฉลี่ย ณ ขั้นตอนสุดท้ายของการผลิต (average raw material at the final stage) หมายถึง จำนวนกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปโดยเฉลี่ยที่คงเหลืออยู่ในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตในช่วงเวลาหนึ่งๆ
- 4) ยอดขายที่สูญเสียโดยเฉลี่ยของระบบการผลิต (average lost sale of the production system) หมายถึง จำนวนโดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ไม่สามารถผลิตเพื่อจำหน่ายแก่ลูกค้าทันตามกำหนด

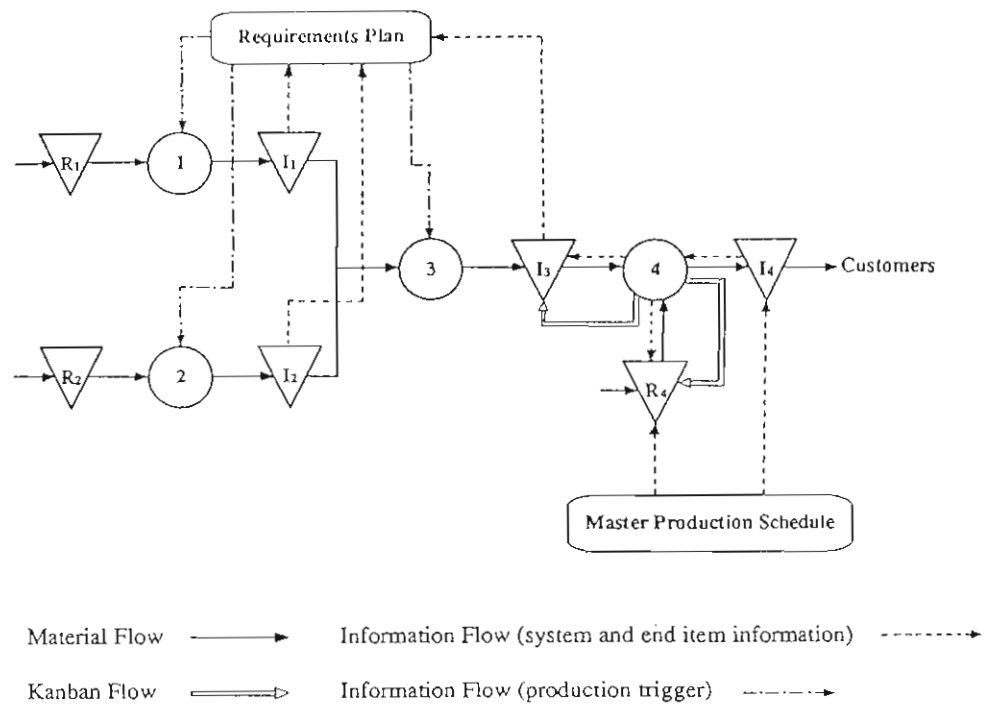
การสร้างแบบจำลองการผลิตในการศึกษานี้จะใช้ TAYLOR II Simulaton Software เวอร์ชัน 2.2 (copyright 1993 by F&H, The Netherlands-Germany-USA) ที่สามารถใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป (standard PC) ภายใต้ DOS และ/หรือ WINDOWS เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สภาวะคงตัว (steady state simulation result) จึงทดสอบหาจำนวนที่น้อยที่สุดของรอบการจำลอง (minimum number of simulation runs) ที่ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง จากการทดสอบพบว่าจำนวนรอบการจำลองที่เหมาะสมคือ 30 รอบ และดำเนินการซ้ำ 2 ครั้ง (replicated two times) แบบจำลองนี้จะใช้ระบบการเพิ่มเวลาแบบคงที่ (fixed increments time mechanism) เนื่องจากว่าระบบการผลิตสอดคล้องกับระยะเวลาที่เพิ่มและเหตุการณ์ของการผลิตจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ

ความถูกต้องของแบบจำลอง

ในการพิสูจน์ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถหาผลลัพธ์ได้ถูกต้องจะดำเนินการโดยใช้แบบจำลองนี้หาผลลัพธ์ของระบบการผลิตที่ประกอบด้วยสองขั้นตอนการผลิต แล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างจากกระบวนการมาร์คอฟแบบเวลาไม่ต่อเนื่อง (discrete time markov process) ซึ่งได้พัฒนาขึ้นโดย Hodgson และ Wang[6,7] ปรากฏว่าผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์หาผลลัพธ์ของกระบวนการผลิตที่ใช้นโยบายการผลิตแบบต่างๆ ได้

ผลการศึกษา

ผลลัพธ์จากการศึกษาการใช้นโยบายการดำเนินการผลิตที่ต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3 จะสามารถสรุปได้ว่านโยบายที่ 3 ซึ่งเป็นระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดหลักตั้งที่ใช้ นโยบายการผลิตแบบหลักในขั้นตอนการผลิตขั้นที่ 1, 2 และ 3 และใช้นโยบายการผลิตแบบตั้ง ในขั้นตอนที่ 4 ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายจะให้ระดับพัสดุคงคลังโดยเฉลี่ย ณ ขั้นตอนการผลิตต่างๆ และวัตถุดิบโดยเฉลี่ย ณ ขั้นตอนสุดท้าย ตลอดจนยอดขายที่สูญเสียโดยเฉลี่ยของระบบการผลิตมีค่าต่ำสุด ขณะที่อัตราผลผลิตโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุด ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดหลักตั้งที่กล่าวไว้ข้างต้นนี้เหมาะสมต่อสายงานการประกอบเครื่องเป่าผมรุ่นนี้เป็นอย่างยิ่ง ส่วนการไหลของวัสดุและข้อมูลข่าวสาร (information and material flow) สำหรับระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดหลักตั้ง ที่ใช้ในการผลิตเครื่องเป่าผมจะแสดงไว้ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ไดอะแกรมของระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดผลักดันสำหรับการผลิตเครื่องเป่าลม

จากผลลัพธ์ที่แสดงไว้ข้างต้นสามารถชี้ให้เห็นว่าระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดผลัดทิ้ง จะทำให้ระบบการผลิตดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบผลัดหรือระบบดึง ซึ่งกล่าวได้ว่านโยบายการควบคุมการดำเนินงานในขั้นตอนการผลิตจะมีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบการผลิต อย่างไรก็ตามขนาดรุ่นที่ผลิตก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการนำระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดผลัดทิ้งไปใช้ให้เกิดประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น เนื่องจากว่าขนาดรุ่นมีผลกระทบต่อการสมดุลภาระงาน (load balance) ในแต่ละขั้นตอนและแต่ละช่วงเวลา ขนาดรุ่นที่เหมาะสมสำหรับระบบการผลิตจะสามารถลดความแปรปรวนของเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอน ในการศึกษานี้ได้กำหนดขนาดรุ่นที่เหมาะสมภายใต้สภาพแวดล้อมการผลิตที่มีความไม่แน่นอนด้านความต้องการของลูกค้า เวลาการผลิต และเวลานำของวัตถุดิบที่จัดส่งมาจากผู้จัดจำหน่าย สำหรับระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดผลัดทิ้งที่ใช้ในนโยบายการผลิตแบบผลัดในขั้นตอนการผลิตที่ 1, 2 และ 3 และใช้นโยบายการผลิตแบบดึงในขั้นตอนการผลิตสุดท้าย เมื่อเปลี่ยนขนาดรุ่นเพื่อหาขนาดรุ่นที่เหมาะสมที่ทำให้สมรรถนะของระบบการผลิตสูงขึ้น พบว่าขนาดรุ่นที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 300 ชิ้น จะทำให้ยอดขายที่สูญเสียโดยเฉลี่ยของระบบการผลิตมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเกณฑ์อื่นๆ ที่ใช้วัดสมรรถนะของระบบการผลิตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อขนาดรุ่นเปลี่ยนไป ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้แสดงไว้ในตารางที่ 4 และ รูปที่ 3

ส่วนจำนวนคัมบังโดยเฉลี่ยที่ต้องใช้ในขั้นตอนการผลิตขั้นที่ 4 ซึ่งใช้นโยบายการผลิตแบบดึง สำหรับการผลิตเครื่องเป่าผมนี้สามารถหาได้โดยใช้สมการของ Monden[9] ดังข้างล่างนี้

$$\text{Number of Kanbans} \geq \frac{(\text{demand})(\text{lead time})(1 + \text{safety factor})}{\text{container capacity}}$$

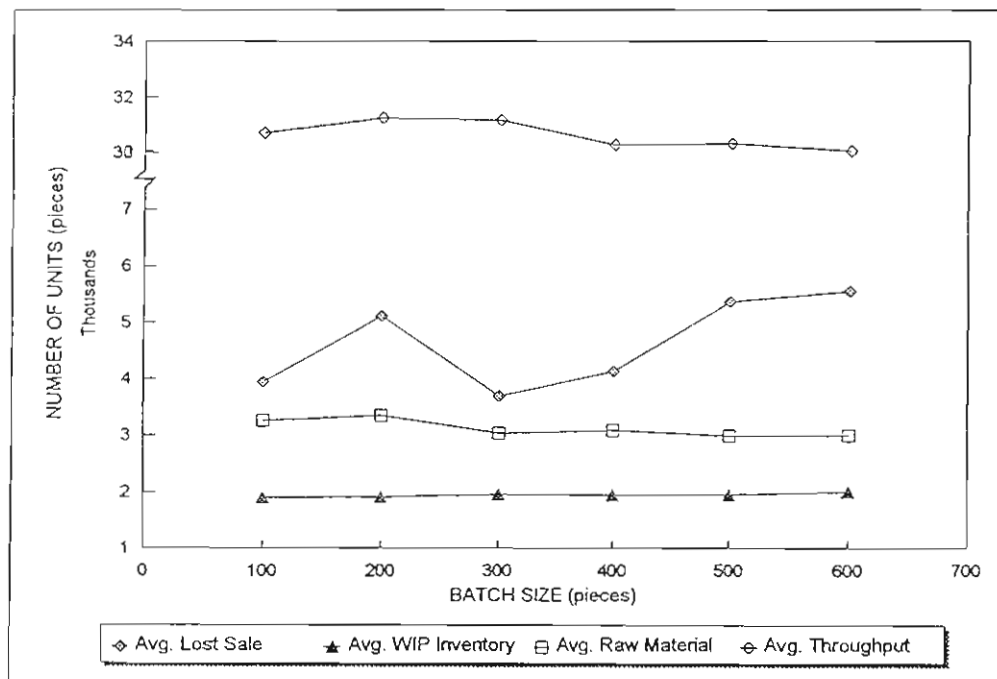
จากสมการข้างต้นจำนวนคัมบังโดยเฉลี่ยที่เหมาะสมต่อการผลิตในขั้นสุดท้ายที่ใช้ในนโยบายการผลิตแบบดึงมีค่าเท่ากับ 13 คัมบัง โดยที่แต่ละคัมบังจะมีชิ้นงานเท่ากับขนาดรุ่นที่เหมาะสมนั้นคือ 300 ชิ้น



ตารางที่ 4
สมรรถนะของระบบการผลิตเมื่อใช้ขนาดร่นต่างกัน

20 ส.ค. 2539

เกณฑ์วัดสมรรถนะ	ขนาดร่น (ชิ้น)					
	100	200	300	400	500	600
พัสดุกองคลังโดยเฉลี่ย ณ ขั้นตอนที่ 1	2178.1	2129.8	2424.2	2118.3	2476.0	2533.5
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพัสดุกองคลัง ณ ขั้นตอนที่ 1	1006.7	892.1	1051.7	927.1	1114.9	972.4
จำนวนรอบการจำลอง	30	30	30	30	30	30
พัสดุกองคลังโดยเฉลี่ย ณ ขั้นตอนที่ 2	2093.0	2198.5	2200.7	2261.3	2032.3	2118.3
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพัสดุกองคลัง ณ ขั้นตอนที่ 2	938.6	1127.9	789.7	1107.3	703.2	947.0
จำนวนรอบการจำลอง	30	30	30	30	30	30
พัสดุกองคลังโดยเฉลี่ย ณ ขั้นตอนที่ 3	1589.7	1609.9	1527.4	1651.1	1547.5	1641.1
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพัสดุกองคลัง ณ ขั้นตอนที่ 3	425.2	651.4	697.1	655.0	461.6	563.8
จำนวนรอบการจำลอง	30	30	30	30	30	30
พัสดุกองคลังโดยเฉลี่ย ณ ขั้นตอนที่ 4	1742.63	1715.53	1675.37	1762.67	1742.57	1746.5
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพัสดุกองคลัง ณ ขั้นตอนที่ 4	140.52	147.20	133.18	155.49	166.17	167.1
จำนวนรอบการจำลอง	30	30	30	30	30	30
วัตถุดิบโดยเฉลี่ย ณ ขั้นตอนที่ 4	3264.3	3349.8	3040.3	3088.4	2994.9	3002.7
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัตถุดิบ ณ ขั้นตอนที่ 4	485.5	308.4	150.4	185.2	171.7	174.9
จำนวนรอบการจำลอง	30	30	30	30	30	30
อัตราผลผลิตโดยเฉลี่ย	30713.3	31253.3	31180.0	30293.3	30333.3	30060.0
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราผลผลิต	2656.3	1773.3	2082.3	1864.2	1416.2	1906.2
จำนวนรอบการจำลอง	30	30	30	30	30	30
ยอดขายที่สูญเสียโดยเฉลี่ย	3941.5	5111.8	3700.0	4132.9	5370.6	5560.3
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของยอดขายที่สูญเสีย	4084.2	5022.4	4130.0	5055.5	4763.9	4459.1
จำนวนรอบการจำลอง	30	30	30	30	30	30



รูปที่ 3 ผลกระทบของขนาดรุ่นต่อสมรรถนะของระบบการผลิต

สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์แบบจำลองของสายงานการผลิตแบบอนุกรม-ขนาน ที่มีหลายขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนดำเนินงานใช้แรงงานคนเป็นหลัก เพื่อหาสมรรถนะของสายงานการผลิตเมื่อใช้ระบบผลัด ระบบดึง และระบบลูกผสมชนิดผลัดดึงแบบต่างๆ ในสายงานการประกอบเครื่องเป่าผมที่มีสภาวะการดำเนินงานไม่แน่นอนในด้านการจัดเตรียมวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนต่างๆ เวลารานำของผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบ เวลาการผลิต และความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้า พบว่าควรใช้ระบบควบคุมการผลิตแบบลูกผสมชนิดผลัดดึง ที่ใช้นโยบายการผลิตแบบผลัดในขั้นตอนการผลิตขั้นต้นๆ (upstream stages) นั่นคือขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 และใช้นโยบายการผลิตแบบดึงในขั้นตอนสุดท้าย (downstream stage) จะทำให้สมรรถนะของการผลิตดีขึ้นโดยที่ระดับพัสดุคงคลังโดยเฉลี่ยในขั้นตอนต่างๆ วัตถุดิบโดยเฉลี่ย ณ ขั้นตอนสุดท้าย และยอดขายที่สูญเสียโดยเฉลี่ยของระบบการผลิตมีค่าต่ำสุด ขณะที่อัตราผลผลิตโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุด นอกจากนั้นการศึกษาดังกล่าวข้างต้นยังชี้ให้เห็นว่าขนาดรุ่นมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อยอดขายที่สูญเสีย

โดยเฉลี่ยของระบบการผลิต และจำนวนคัมบังที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนสุดท้ายที่ใช้ระบบดึงควบคุมการผลิตควรมีเท่ากับ 13 คัมบัง โดยแต่ละคัมบังจะมีชิ้นงานเท่ากับขนาดรุ่นที่เหมาะสม

คำขอบคุณ

ผู้เขียนบทความนี้ขอขอบคุณ Prof. P.C. Pandey อาจารย์ประจำแผนกวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ที่ให้คำแนะนำในการศึกษาวิจัย และ ผศ. ดร. ไพศาล เย็นฤดี อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ TAYLOR II Simulation Software ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Sarker, B.R. and Fitzsimmons, J.A. (1989), **"The Performance of Push and Pull Systems: A Simulation and Comparative Study"**, International Journal of Production Research, Vol. 27, No. 10, pp. 1715-1731.
2. Deleersnyder, J.L., Hodgson, T.J., King, R.E., O' Grady, P.J. and Savva, A. (1992), **"Integrating Kanban Type Pull Systems and MRP Type Push Systems: Insights from a Markovian Model"**, IIE Transactions, Vol. 24, No. 3, pp. 43-56.
3. Spearman, M.L. and Zazanis, M.A. (1992), **"Push and Pull Production Systems: Issues and Comparisons"**, Operations Research, Vol. 40, No. 3, pp. 521-532.
4. Karmarkar, U.S. (1986a), **"Push, Pull and Hybrid Control Systems"**, Working Paper Series No. QM8614, Graduate School Of Business Administration, University of Rochester, June.
5. Karmarkar, U.S. (1986b), **"Integrating MRP with Kanban/Pull System"**, Working Paper Series No. QM8615, Graduate School Of Business Administration, University of Rochester, June.

6. Hodgson, T.J. and Wang, D. (1991a), "**Optimal Hybrid Push/Pull Control Strategies for a Parallel Multistage System: Part I**", International Journal of Production Research, Vol. 29, No. 6, pp. 1279-1287.
7. Hodgson, T.J. and Wang, D. (1991b), "**Optimal Hybrid Push/Pull Control Strategies for a Parallel Multistage System: Part II**", International Journal of Production Research, Vol. 29, No. 7, pp. 1453-1460.
8. Hirakawa, Y., Hoshino, K. and Katayama, H. (1992), "**A Hybrid Push/Pull Production Control System for Multistage Manufacturing Processes**", International Journal of Operations and Production Management, Vol. 12, No. 4, pp. 69-81.
9. Monden, Y. (1983), **Toyota Production System : Practical Approach to Production Manager**, Industrial Engineering and Management Press, Norcross, Georgia.