

การจำลองสถานการณ์ตามหลักการของ ทฤษฎีข้อจำกัดเพื่อการปรับปรุงสายการผลิต แผ่นวงจรชนิดอ่อน

บุษบา พุกษาพันธุ์รัตน์¹⁾ วุฒินันท์ นุ่นแก้ว²⁾ และ วรพล ธนารักษ์สกุล³⁾

¹⁾ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12121

²⁾ นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12121

³⁾ นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12121

Email: lbusaba@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

เป็นที่ทราบกันดีว่าในปัจจุบันอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นเป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการขยายตัวสูงและยังคงมีความต้องการในตลาดโลกสูงเช่นกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาสายการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้มีประสิทธิภาพสูงและสามารถทำการผลิตได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสายการผลิตแผ่นวงจรชนิดอ่อนซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จากการศึกษาพบว่าสายการผลิตมีประสิทธิภาพในการผลิตไม่สูงเท่าที่ควร มีงานระหว่างผลิตเกิดขึ้นมาก ซึ่งเป็นผลมาจากภาวะคอขวดที่เกิดขึ้น การสร้างแบบจำลองของสายการผลิต (Charles Harrel et al,2003) นั้นช่วยให้เห็นสภาพเป็นจริงที่เกิดระหว่างกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจนและการประยุกต์ใช้ทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of Constraints: TOC)(Dave Kayton, 1998) ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าสถานงานตรวจสอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนนั้นคือจุดที่เป็นข้อจำกัด และได้ทำการแก้ไขจุดที่เป็นข้อจำกัดในลำดับต่อมาได้ จนทำให้งานระหว่างผลิตมีจำนวนลดลงอยู่ในระดับที่น่าพอใจและมีอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 150% และเมื่อพัฒนากระบวนการผลิตโดยการปรับแก้แบบจำลองให้มีกำลังการผลิตในช่วงต้นของสายการผลิตสูงขึ้นด้วยการเพิ่มพรีนึ่งที่ตั้งฟีกเจอร์ ก็จะทำให้ชิ้นงานสามารถผ่านเข้าสู่สายการผลิตได้เร็วขึ้น ร่วมกับการใช้หลักการทฤษฎีข้อจำกัดในการแก้ไขจุดที่เป็นข้อจำกัดในลักษณะเดียวกันกับแบบจำลองแรกนั้นทำให้มีอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 200%

คำสำคัญ : การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์, แผ่นวงจรชนิดอ่อน, ทฤษฎีข้อจำกัด, สายการผลิต, การปรับปรุง

Simulation based on Theory of Constraints for Improvement Flex Print Circuit Assembly Line

Busaba Phruksaphanrat¹⁾ Wuttinan Nunkaew²⁾ and Worapon Thanaraksakul³⁾

¹⁾ Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University 12121

²⁾ Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University 12121

³⁾ Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University 12121

Email: lbusaba@engr.tu.ac.th

ABSTRACT

Hard disk drive (HDD) industry has a high growth rate and demand level in global market. Enhancement in HDD assembly line is necessary to increase efficiency and ability in production system. So in this research a flex print circuit assembly line was analyzed. It was found that there was a large number of works in process (WIP) from the bottleneck workstation. The model was created using simulation program (Charles Harrel et al,2003). It is a visual system which helps in monitoring this real complex system. The theory of constraints (Dave Kayton, 1998) was applied. It was shown in the simulation model that the inspection workstation is the first constraint station. So the first constraint was improved and then the second constraint station was found. The improvement was continued to the second constraint stations. As a result, the satisfied WIP level and the high productivity of 150% were reached. After increasing the production rate by adding the number of printing pallets at the beginning of the line of the model, the high amount of flex print circuit were released into the line. Then, by the same way TOC is applied to improve the model, which can increase the productivity up to 200%.

Keywords : Computer Simulation, Flex Print Circuit, Theory of Constraints, Production Line,Improvement

การจำลองสถานการณ์ตามหลักการของทฤษฎีข้อจำกัดเพื่อการปรับปรุงสายการผลิตแผ่นวงจรชนิดอ่อน 461

บทนำ

สายการผลิตแผ่นวงจรชนิดอ่อนที่ทำการศึกษานี้มีลักษณะเป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติที่มีหน้าที่ในการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นวงจรชนิดอ่อน และพนักงานที่มีหน้าที่ในการตรวจสอบแผ่นวงจรหลังการประกอบ รวมทั้งทำหน้าที่ในการควบคุมเครื่องจักรระหว่างกระบวนการผลิต โดยสายการผลิตจะแบ่งเป็น 9 สถานีงานดังนี้

สถานีงานที่ 1 พนักงานวางแผ่นวงจรชนิดอ่อนจำนวน 16 ชิ้นลงใน Printing Fixture จากนั้นจะทำการโหลด Printing Fixture เข้าเครื่อง Solder Printing เพื่อทำการปาดครีmtreeกั่วลงบนแผ่นวงจร พนักงานตรวจสอบความเรียบร้อยแล้วโหลด Printing Fixture ลงบนสายพานเพื่อลำเลียง

สถานีงานที่ 2 เครื่องจักรจะทำการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กลงบนแผ่นวงจรที่ผ่านการปาดครีmtreeกั่วทั้ง 16 ชิ้น

สถานีงานที่ 3 ทำงานเช่นเดียวกับสถานีงานที่ 2 แต่จะทำการวางชิ้นส่วนขนาดใหญ่

สถานีงานที่ 4 พนักงานตรวจสอบจำนวนและตำแหน่งของการวางชิ้นส่วนซึ่งหลังจากนั้นแผ่นวงจรจะผ่านเข้าสู่เครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพานพร้อมกับ Printing Fixture

สถานีงานที่ 5 เครื่องจักรหยอดสารเคมีรอบแผ่นกระຈกขนาดเล็กที่ประกอบกับแผ่นวงจร

หลังจากสถานีงานที่ 5 แผ่นวงจรทั้ง 16 ชิ้นจะถูกแยกออกจาก Printing Fixture และถูกนำไปวางลงในถาดจำนวน 32 ชิ้นต่อถาด ส่วน Printing Fixture จะถูกลดอุณหภูมิโดยการเป่าด้วยลมเย็นเป็นเวลา 10 นาที ก่อนที่จะถูกลำเลียงกลับไปยังสถานีงานที่ 1 เพื่อใช้ในการผลิตอีกครั้ง

สถานีงานที่ 6 พนักงานตรวจสอบ 2 คนทำการตรวจสอบแผ่นวงจรหลังจากผ่านสถานีงานที่ 5

สถานีงานที่ 7 แผ่นวงจรจะถูกอบด้วยเครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเดียวกับสถานีงานที่ 4

สถานีงานที่ 8 พนักงานตรวจสอบ 5 คนจะทำการตรวจสอบการหลอมติดของชิ้นส่วน

สถานีงานที่ 9 พนักงานจะทำการถ่ายแผ่นวงจรจากถาดลงสู่ตะแกรงสำหรับเครื่องล้าง

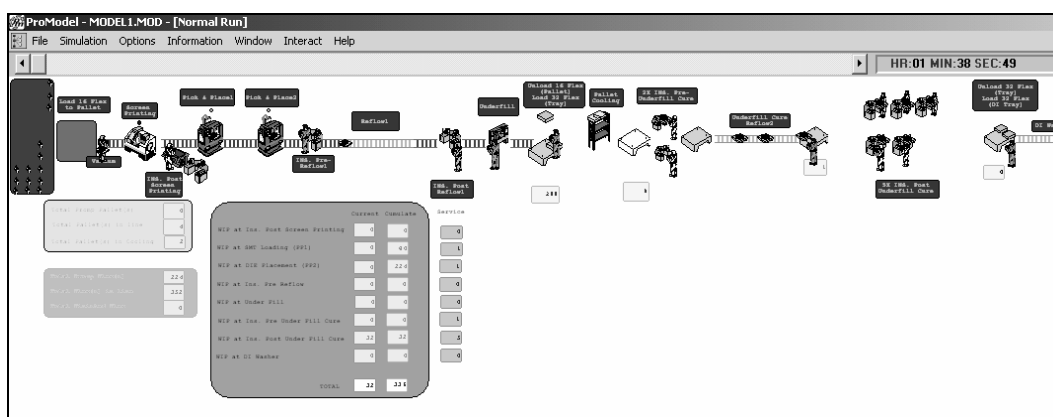
จากการศึกษาและวิเคราะห์สายการผลิตดังกล่าวนั้นพบว่าในระหว่างกระบวนการผลิตนั้นมีงานระหว่างผลิต (Work in Process; WIP) เกิดขึ้นมาก เนื่องจากเกิดภาวะคอขวด ทำให้สายการผลิตดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการผลิตลดลง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอแนวทางในการพัฒนาสายการผลิต โดยในการศึกษาสายการผลิตนั้นจะอาศัยการสร้างแบบจำลองของสายการผลิตเพื่อทำการวิเคราะห์หาปัญหาหรือจุดบกพร่องของสายการผลิต และหาวิธีการในการพัฒนาสายการผลิตดังกล่าวโดยอาศัยทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of constraints) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับสายการผลิต

วิธีการทดลอง

1. การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

เนื่องจากสายการผลิตแผ่นวงจรชนิดอ่อนที่ทำการศึกษานี้มีความซับซ้อนและมีเงื่อนไขเฉพาะของกระบวนการผลิต ดังนั้นในการวิเคราะห์สายการผลิตดังกล่าวจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้

“การจำลองสถานการณ์” เพื่อศึกษาสภาพปัญหาที่แท้จริงของกระบวนการ ซึ่งนอกจากการประมวลผลที่รวดเร็วและมีความแม่นยำสูงแล้ว ยังสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อศึกษาถึงผลกระทบในกรณีต่างๆ ได้ง่ายกว่าการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตจริง ซึ่งในกระบวนการสร้างแบบจำลองของสายการผลิตนั้นจะเริ่มด้วยการศึกษาสายการผลิตและการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตทุกอย่างที่เกี่ยวข้อง โดยแบบจำลองของสายการผลิตที่สร้างขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 1



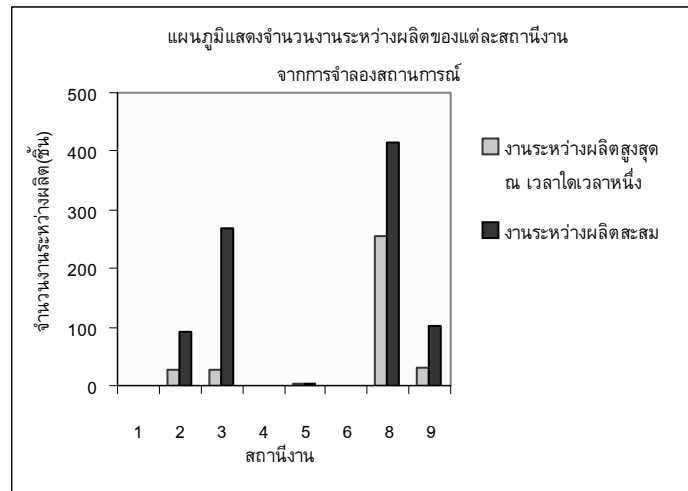
รูปที่ 1 แบบจำลองของสายการผลิตแผนวงจรชนิดอ่อนที่สร้างด้วยโปรแกรมโปรโมเดล

2. ทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of constraints)

ทฤษฎีข้อจำกัดเป็นทฤษฎีที่เสนอแนะแนวทางในการการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยการแก้ไขปัญหของระบบการผลิตนั้นจะทำการพิจารณาหาจุดที่เป็นข้อจำกัดของระบบ อาทิเช่น การพิจารณาหาสถานีงานที่เป็นสถานีคอขวดซึ่งมีงานรอระหว่างผลิตสูงสุด ซึ่งตามทฤษฎีข้อจำกัดนั้นจะแนะนำให้ทำการแก้ไขสถานีงานที่มีสภาพเป็นคอขวดออกไปเป็นอันดับแรก เนื่องจากการแก้ไขปัญหาในสถานีที่มีคอขวดนั้นมิได้ช่วยให้สายการผลิตมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและในบางครั้งการแก้ไขปัญหามิได้ถูกจุดนั้นอาจจะส่งผลให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมาได้ หลังจากการแก้ไขปัญหาในสถานีที่เป็นข้อจำกัดแรกออกไปแล้วนั้น หากยังคงมีจุดที่เป็นข้อจำกัดเกิดขึ้นตามมาภายหลังซึ่งมักจะเป็นการเกิดคอขวดขึ้น ณ สถานีงานอื่น ๆ ก็จะต้องทำการกำจัดจุดที่เป็นข้อจำกัดใหม่นั้นต่อไปอีก

ผลการทดลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นแสดงให้เห็นว่าสถานีงานตรวจสอบแผนวงจรชนิดอ่อนหลังการอบ (สถานีงานที่ 8) นั้นมีจำนวนงานระหว่างผลิตสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนั้นตามทฤษฎีข้อจำกัดถือว่าสถานีงานที่ 8 นั้นเป็นข้อจำกัดของระบบและจากการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานีงานที่ 8 พบว่าจำนวนพนักงานตรวจสอบที่มีอยู่เดิม 5 คนนั้นไม่เพียงพอกับภาระงานที่เกิดขึ้น จึงทำการแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวโดยสร้างแบบจำลองใหม่ให้มีจำนวนของพนักงานเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าจำนวนพนักงานตรวจสอบที่เหมาะสมกับภาระงานที่เกิดขึ้นในปัจจุบันนั้นคือ 9 คน

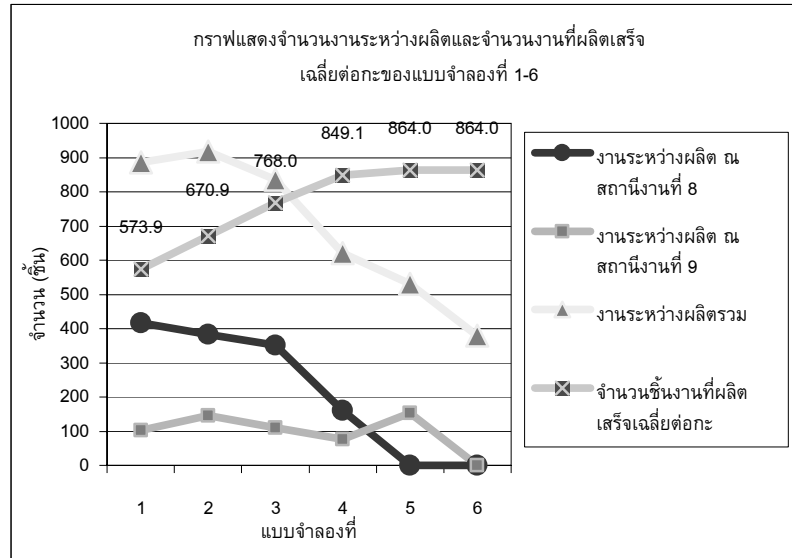


รูปที่ 2 แผนภูมิแสดงจำนวนงานระหว่างผลิตของแต่ละสถานีนงานที่ได้จากการจำลองสถานการณ์

แต่หลังจากแก้ไขจุดที่เป็นข้อจำกัดจุดแรกแล้วผลปรากฏว่าเกิดงานระหว่างผลิตขึ้นด้านหน้าของสถานีนงานล่างทำความสะอาดแผ่นวงจร (สถานีนงานที่ 9) ซึ่งอยู่ถัดจากสถานีนงานตรวจสอบ (สถานีนงานที่ 8) และเมื่อได้ทำการพิจารณาหาสาเหตุของการเกิดคอขวดพบว่ากรณีที่ชิ้นงานสามารถผ่านเข้าสู่สถานีนงานที่ 8 พร้อมกันได้มากขึ้นนั้นจะทำให้ชิ้นงานที่ตรวจสอบเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องผ่านออกจากสถานีนงานที่ 8 พร้อมกันมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งส่งผลให้ตะแกรงสำหรับเครื่องล้างที่มีอยู่เดิม 2 หน่วย (ซึ่งเป็นทรัพยากรหมุนเวียน) นั้นไม่เพียงพอต่อภาระงานที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดงานระหว่างผลิตด้านหน้าของสถานีนงานที่ 9 ดังนั้นจึงทำการสร้างแบบจำลองให้มีการเพิ่มจำนวนตะแกรงซึ่งพบว่าตะแกรงสำหรับเครื่องล้างจำนวน 3 หน่วยนั้นจะทำให้ไม่มีงานระหว่างผลิตเกิดขึ้น ณ สถานีนงานที่ 9

หลังจากการแก้ไขคอขวด ณ สถานีนงานที่ 9 นั้นปรากฏว่าสายการผลิตสามารถทำการผลิตได้อย่างต่อเนื่องมากขึ้น และเมื่อทำการหาอัตราผลผลิตได้ผลว่าแบบจำลองที่ 6 ซึ่งใช้พนักงานตรวจสอบจำนวน 9 คน และใช้ตะแกรงสำหรับเครื่องล้างจำนวน 3 หน่วยนั้นสามารถผลิตชิ้นงานได้เฉลี่ย 864 ชิ้น ซึ่งคิดเป็น 150.56% ของจำนวนชิ้นงานผลิตเสร็จที่สามารถผลิตได้ ณ ปัจจุบัน (574 ชิ้น) ดังรูปที่ 3

เมื่อทำการเพิ่มกำลังการผลิตโดยการเพิ่ม Printing Fixture ในสถานีนงานที่ 1 จำนวน 2 หน่วยพบว่าชิ้นงานจะสามารถเข้าสู่สายการผลิตได้เร็วขึ้น แต่จุดที่เป็นคอขวด (ข้อจำกัดของสายการผลิต) นั้นยังคงเป็นสถานีนงานตรวจสอบแผ่นวงจร จึงทำการแก้ไขโดยการเพิ่มจำนวนพนักงานตรวจสอบเป็น 12 คน และตะแกรงจำนวน 3 หน่วยนั้นยังคงเพียงพอสำหรับภาระงานที่เกิดขึ้น ณ สถานีนงานที่ 9 โดยสายการผลิตสามารถทำการผลิตชิ้นงานได้เฉลี่ย 1152 ชิ้น ซึ่งคิดเป็น 200.74 % ของจำนวนชิ้นงานผลิตเสร็จที่สายการผลิตสามารถผลิตได้ ณ ปัจจุบัน



รูปที่ 3 กราฟแสดงจำนวนงานระหว่างผลิตและจำนวนงานที่เสร็จเฉลี่ยต่อกะของแบบจำลองที่ 1-6

สรุปผล

การสร้างแบบจำลองของสายการผลิตแผนวงจรชนิดอ่อนนั้น จะช่วยให้สามารถศึกษาและทำการวิเคราะห์หาจุดที่เป็นปัญหาหรือจุดที่ลดประสิทธิภาพของสายการผลิตได้อย่างถูกต้อง และเมื่อนำทฤษฎีข้อจำกัดมาวิเคราะห์หาจุดที่เป็นข้อจำกัดของระบบที่ควรทำการแก้ไขนั้นปรากฏว่าสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตได้เป็น 150% และเมื่อทำการทดลองเพิ่มกำลังการผลิตโดยเพิ่มจำนวนทรัพยากรในการผลิตให้กับสถานีงานแรก (ซึ่งไม่ต้องอาศัยการเพิ่มจำนวนเครื่องจักร) ร่วมกับการกำจัดจุดที่เป็นข้อจำกัดของสายการผลิตในลักษณะเดียวกันกับการทดลองแรก ผลปรากฏว่าสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตสูงสุดได้เป็น 200% ซึ่งจะเห็นได้ว่าการศึกษายสายการผลิตโดยอาศัยการสร้างแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์นั้นสามารถทราบผลการเปลี่ยนแปลงของสายการผลิตอันเนื่องมาจากปัจจัยแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว และการศึกษายสายการผลิตด้วยวิธีดังกล่าวนี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อสายการผลิตจริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโครงการพัฒนาทรัพยากรบุคคลในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Charles Harrel et al, 2003. **Simulation Using ProModel**, 2nd edition, McGraw Hill, Singapore.
- Dave Kayton, 1998 **Using the Theory of Constraints' Production Application in a Semiconductor Fab with a Reentrant Bottleneck**, 1998 IEEE/CPMT International Electronics Manufacturing Technology Symposium, 352-357.