บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการงานวิจัยนี้ จะศึกษาการลดความสูญเปล่าผลิตฮาร์ดดิสก์แห่งหนึ่ง เฉพาะในส่วนของสายการผลิตที่ห้องส่วนท้าย (Back End) ซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในสายการผลิต โดยจะทำการศึกษาสภาพโรงงาน เส้นทางการขนย้ายงานระหว่างสถานีงานต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการลดความสูญเปล่าและปรับปรุงผังโรงงาน เพื่อลดระยะทางการเคลื่อนย้ายและขนถ่ายวัสดุ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการลดเวลาการทำงานและลดการจับถืองานโดยตรงที่สามารถควบคุมได้ โดยจะกล่าวเป็นหัวข้อตามลำดับเพื่อความสะดวกในการทำความเข้าใจ ดังนี้

2.1 การปรับปรุงผังโรงงานเพื่อลดความสูญเปล่า

โดยทั่วไปการปรับปรุงผังโรงงานมักจะเกิดขึ้นมากกว่า 1 ครั้งในช่วงอายุของโรงงานหนึ่งๆ การศึกษาผังโรงงานมีวัตถุประสงค์เพื่อหาที่ตั้งที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุดต่อทรัพยากรในการผลิตทั้งหมดในขณะเดียวกันการศึกษาก็มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้มั่นใจว่าโครงการที่เกิดขึ้นจะส่งผลดีต่อเศษฐกิจของบริษัทมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้สุดท้ายผังโรงงานใหม่จะต้องก่อให้เกิดความปลอดภัยและสร้างความพึงพอใจให้เกิดพนักงานมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ด้วย ด้วยข้อจำกัดที่กล่าวมาทั้งหมดดูเหมือนเป็นไปไม่ได้เลยที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุดในทุกๆ ด้านได้ ในความเป็นจริงผังโรงงานในอุดมคติจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมุมมองทุกด้านที่ได้กล่าวถึงไปก่อนหน้านี้ได้ถูกนำมาพิจารณาประกอบกันเท่านั้น

2.2 สัญญาณและเหตุผลที่แสดงถึงความจำเป็นในการเปลี่ยนผังโรงงาน

มีสัญญาณบอกเหตุและผลมากมายต่างกันที่นำไปสู่การเปลี่ยนผังโรงงานแต่มีเหตุผลบางข้อที่ได้เจอกันบ่อยๆ คือ

2.2.1 การย้ายที่ตั้ง

มีเหตุผลหลายข้อด้วยกันที่ทำให้เกิดการย้ายที่ตั้งของโรงงาน บริษัทบางแห่งก่อตั้งมานานแล้วในพื้นที่ซึ่งเล็กเกินไป หรือหมดความนิยม บางบริษัทก็ตั้งในพื้นที่ในเมืองซึ่งไม่เอื้ออำนวยต่อการขยายโรงงาน

จุดเริ่มต้นของการวางผังโรงงานใหม่มีความแตกต่างกันระหว่างบริษัทที่เลือกที่ตั้งใหม่ แล้วจึงก่อสร้างอาคารขึ้นมาใหม่กับการเลือกที่ตั้งแห่งใหม่ที่มีอาคารอยู่แล้ว ทุกวันนี้การสร้างอาคารใหม่เอื้ออำนวยต่อการวางผังโรงงานในอุดมคติ เพราะว่าประโยชน์ใช้สอยเป็นจุดมุ่งเน้นหลักการออกแบบอาคาร ผลก็คือ เราสามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่โรงงานได้มากยิ่งขึ้น

2.2.2 การซื้อเครื่องจักรใหม่

ความจำเป็นใหม่ๆ และการพัฒนาของเทคโนโลยีทำให้เกิดการซื้อเครื่องจักรใหม่ การหาตำแหน่งเหมาะๆ ให้กับเครื่องจักรที่ซื้อมา เป็นประเด็นวิกฤติต่อการทำให้"ระบบ"สามารถทำงานได้อย่างที่ควรจะเป็น

โดยทั่วไปเครื่องจักรที่ถูกซื้อเพิ่มเข้ามาใหม่ มักจะถูกวางในพื้นที่ที่ว่างอยู่ก่อนเป็นอันดับแรก ในบางกรณีที่โรงงานไม่มีที่วางเหลือแล้วจึงจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายเครื่องจักร เพื่อทำให้เกิดที่ว่างในกรณีอื่นๆ โครงการวางผังโรงงานที่ถูกกำหนดขอบเขตไว้ในระดับภาพใหญ่ทั้งโรงงาน เครื่องจักรใหม่จะถูกกำหนดให้วางในตำแหน่งที่ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพ การเคลื่อนย้ายเครื่องจักรเหล่านี้มีความสำคัญต่อประสิทธิผลในการผลิต และการพิจารณาจัดซื้อเครื่องจักรในอนาคต

2.2.3 ปัญหาที่เกิดกับการไหลของวัสดุ

โดยทั่วไปปัญหานี้เป็นผลต่อเนื่องที่เกิดจากปัญหาที่กล่าวถึงไปก่อนหน้านี้ การวางเครื่องจักรเครื่องใหม่ไว้ที่มุมของโรงงานที่ว่างอยู่ อาจทำให้ต้นทุนในการปรับตั้งเครื่องจักรในตอนเริ่มแรกต่ำ แต่ก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมาภายหลัง ขึ้นอยู่กับการปฏิบัติงานของเครื่องจักรใหม่และความสัมพันธ์กับเครื่องจักรที่อยู่กระบวนการก่อนหน้า และเครื่องจักรที่อยู่กระบวนการถัดไป (ในแง่ของการไหลของกระบวนการ) ผลกระทบในแง่ลบที่เกิดขึ้นกับการไหลของวัสดุอาจเกิดขึ้นมากหรือน้อยก็ได้

มีความสำคัญในการตระหนักว่าการปรับตั้งเครื่องจักรนั้นเสียเวลาทำแค่ครั้งเดียว แต่เราต้องอยู่กับกระบวนการการไหลของวัสดุนั้นไปเรื่อยๆ การวิเคราะห์การไหลของวัสดุจะคุ้มค่าต่อการลงทุนเวลาและเงินที่ใช้สำหรับการศึกษาเครื่องจักรใหม่ที่นำเข้ามา และโดยส่วนใหญ่แล้วค่าใช้จ่ายที่ใช้ก็ไม่มาก คำแนะนำของเราคือให้วิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับเครื่องจักรใหม่เพื่อปรับปรุงการไหลของวัสดุ ควรทำก่อนที่จะซื้อเครื่องจักร

2.2.4 ชิ้นงานระหว่างกระบวนการมีปริมาณมาก

สถานการณ์ของบริษัทส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ เมื่อเวลาเปลี่ยนไปดังนั้น นโยบายหรือผังโรงงานที่ถูกมองว่าดีในช่วงเวลาหนึ่ง อาจไม่ให้ผลลัพธ์ที่ดีไปตลอดการวัดผลหรือตัวชี้วัดที่ดีของบริษัท สำหรับความเปลี่ยนแปลงคือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเสร็จเพียงบางส่วน (ชิ้นงานระหว่างกระบวนการ) อย่าสับสนระหว่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราว ซึ่งเกิดจากความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันกับสถานการณ์ที่เป็นอย่างนั้นถาวรและไม่สามารถป้องกันได้

บริษัทอาจต้องทำการวิเคราะห์ผังโรงงานอย่างละเอียดในกรณีที่ส่วนประสมของผลิตภัณฑ์ (Product Mix) และขนาดชุดผลิต (Batch Size) มีการเปลี่ยนแปลงความผันแปรของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ทำให้ผลเสียของการมีชิ้นงานระหว่างกระบวนการที่มีมากเกินไปเห็นได้ไม่ชัดเจน ชิ้นงานระหว่างกระบวนการที่มีมากเกินเหล่านี้เกิดจากความเปลี่ยนแปลงทางด้านวิศวกรรมและความเปลี่ยนแปลงของความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

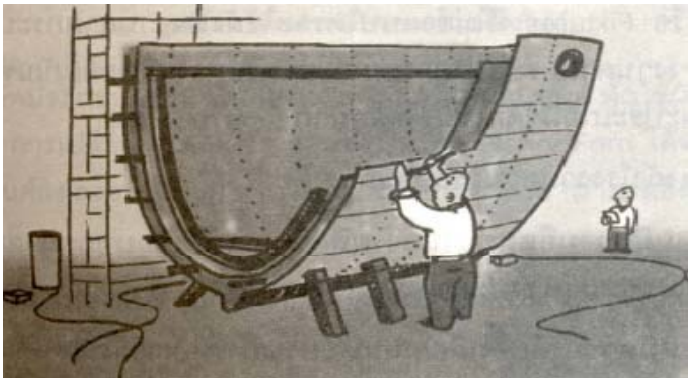
2.3 ประเภทของผังโรงงาน

มีการใช้ผังโรงงานเป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภทอุตสาหกรรมหลายอย่างด้วยกัน เราจะใช้การจัดการผังโรงงานเป็น 4 ประเภท โดยพิจารณาจากการไหลของวัสดุในโรงงานผลิต ดังนี้

- ผังโรงงานแบบอยู่กับที่
- ผังโรงงานตามกระบวนการ
- ผังโรงงานตามผลิตภัณฑ์
- ผังโรงงานแบบเซลลูล่าร์หรือแบบผสม

2.3.1 ผังโรงงานแบบอยู่กับที่

ผังโรงงานแบบอยู่กับที่ (Fixed-Position Layout) สำหรับผังโรงงานประเภทนี้ผลิตภัณฑ์จะไม่ไหลผ่านไปตามกระบวนการผลิต ในทางตรงข้าม ทรัพยากรการผลิตที่จำเป็นต่างๆ เป็นตัวเคลื่อนที่แทน (ภาพที่ 2.1) ผังโรงงานประเภทนี้ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ยากต่อการเคลื่อนย้าย (เช่น เรือ อาคาร รถไฟ เป็นต้น) หรือผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการอย่างทันทีทันใด หรือมีเวลาไม่มาก (เช่น โรงสี เครื่องพิมพ์ เป็นต้น)



ภาพที่ 2.1

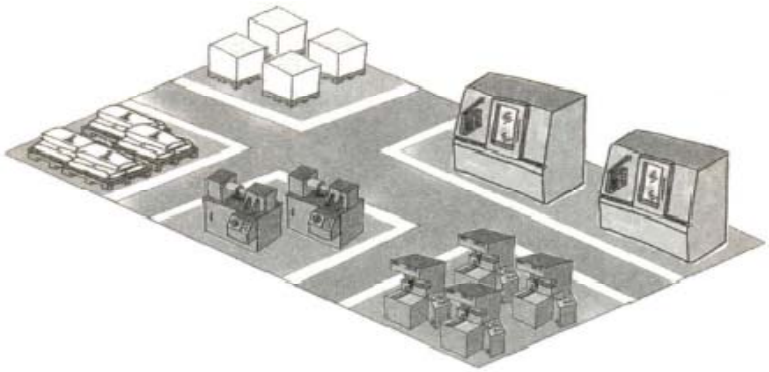
ผังโรงงานแบบอยู่กับที่

(ที่มา จากImproving production with lean thinking; Javier Santos)

ในอดีตการผลิตรถยนต์ก็ใช้ผังโรงงานประเภทนี้ด้วยเช่นกัน แม้ว่าทุกวันนี้ วิธีการผลิตรถยนต์ได้เปลี่ยนแปลงไปมากมายแล้วก็ตาม

2.3.2 ผังโรงงานตามกระบวนการ

ผังโรงงานตามกระบวนการ (Process Layout) สำหรับผังโรงงานประเภทนี้ เครื่องจักรถูกจัดกลุ่มเป็นแผนกหรือสถานีงานตามการปฏิบัติงานของมัน ยกตัวอย่างเช่น เครื่องพิมพ์จะถูกจัดกลุ่มเป็นแผนกพิมพ์ (ภาพที่ 2.2) และเครื่องกลึงก็ถูกรวมกันเป็นแผนกกลึง



ภาพที่ 2.2

ตัวอย่างผังโรงงานตามกระบวนการ

(ที่มา จากImproving production with lean thinking; Javier Santos)

ผังโรงงานประเภทนี้มักใช้ในบริษัทที่ผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้าที่ต้องการชิ้นส่วนที่เฉพาะเจาะจง (อาจมีด้วยกัน 1-3 แบบ) โดยทั่วไปแล้ว ผังโรงงานตามกระบวนการเหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทมีชุดการผลิตเล็กมาก (1 หรือ 2 ชิ้น)

ข้อดีของผังโรงงานตามกระบวนการ คือ

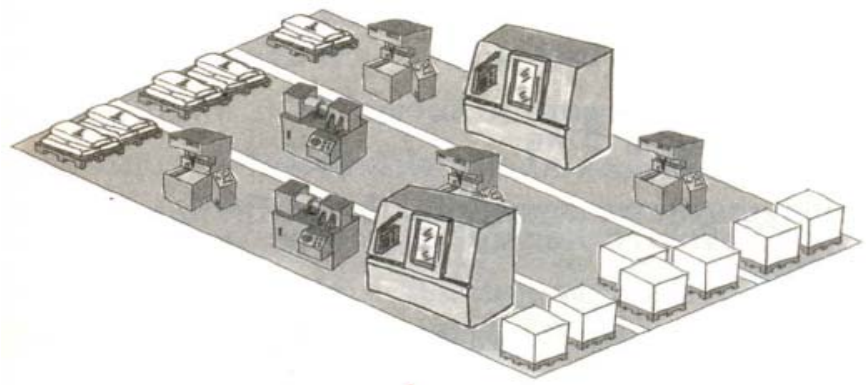
- ระบบมีความยืดหยุ่นในการผลิตชิ้นงานได้เกือบทุกขนาดตราบเท่าที่ยังอยู่ในขอบเขตเชิงปริมาณของเครื่องจักร
- ทำให้มีความรู้ลึกซึ้งเกี่ยวกับกระบวนการที่เจาะจงนั้นๆ
- สามารถใช้งาน Tooling และ Fixtures บางประเภทร่วมกันได้

ข้อเสียของผังโรงงานตามกระบวนการ คือ

- การไหลเป็นเหมือนเส้นโค้งสปาเกตตี ซึ่งยากต่อการจัดการและควบคุม
- มักมีชิ้นงานคงคลังจำนวนมากข้างหน้าเครื่องจักรแต่ละเครื่อง
- การปรับตั้งเครื่องจักรมักมีค่าใช้จ่ายสูง
- ต้องลำเลียงวัสดุบ่อยครั้ง
- เป็นการยากในการทำให้ระบบประเภทนี้ทำงานโดยอัตโนมัติ

2.3.3 ผังโรงงานตามผลิตภัณฑ์

ผังโรงงานตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) สำหรับผังโรงงานประเภทนี้ เครื่องจักรถูกจัดกลุ่มตามลำดับการผลิตผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3

ตัวอย่างผังโรงงานตามผลิตภัณฑ์

(ที่มา จากImproving production with lean thinking; Javier Santos)

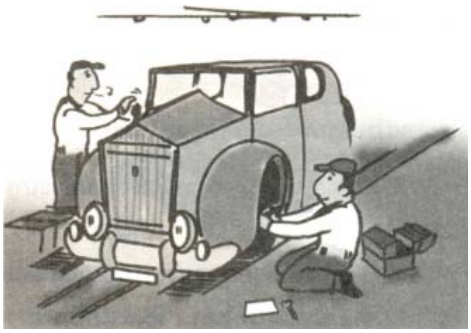
เราเรียกผังโรงงาน เหล่านี้ว่า สายการผลิต (Manufacturing Lines) หรือสายการประกอบ (Assembly Lines) ขึ้นกับว่ากิจกรรมหลักของสายการผลิตเป็นประเภทไหน ชิ้นส่วนที่มีปริมาณความต้องการมากๆ มักถูกผลิตด้วยผังโรงงานตามผลิตภัณฑ์ บริษัทประกอบโดยทั่วไป โดยเฉพาะในกลุ่มยานยนต์ มักใช้ผังโรงงานประเภทนี้ (ภาพที่ 2.4) การเปลี่ยนแปลงผังโรงงาน ที่ริเริ่มโดย Henry Ford ได้ทำให้เวลานำของการผลิตรถยนต์ลดลงอย่างมาก ทุกวันนี้บริษัทบางแห่ง สามารถผลิตรถยนต์ 1 คัน ได้ทุกๆ 40 วินาที

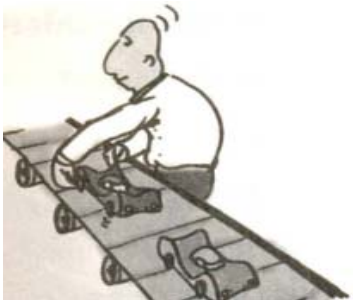
ระบบผังโรงงานตามภัณฑ์มีประสิทธิผลมากสำหรับการผลิตสินค้าที่มีปริมาณความต้องการมากๆ ข้อดีของระบบเหล่านี้ คือ

- สามารถผลิตชุดการผลิตขนาดใหญ่ได้โดยมีต้นทุนไม่สูง
- การลำเลียงวัสดุเกิดขึ้นน้อยมาก
- ชิ้นงานระหว่างกระบวนการมีอยู่น้อยที่สุด
- การควบคุมระบบทำได้ง่าย
- การใช้เครื่องจักรทำงานแทนคน มีความเป็นไปได้มากขึ้นและมีเหตุผลสมควร

ข้อเสียของระบบเหล่านี้ คือ

- ไม่ยืดหยุ่น เพราะว่าสายการผลิตผลิตภัณฑ์ได้เพียง 1 หรือ 2-3 ประเภทเท่านั้น
- เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรสำหรับระบบประเภทนี้มักกินเวลานานมาก
- ต้องมี Tooling สำรองไว้สำหรับเปลี่ยนกับ Tooling ที่สึกหรอ เพื่อทำให้เกิดความสูญเสียจากการซ่อมบำรุงน้อยที่สุด





ภาพที่ 2.4

บริษัทประกอบ

(ที่มา จากImproving production with lean thinking; Javier Santos)

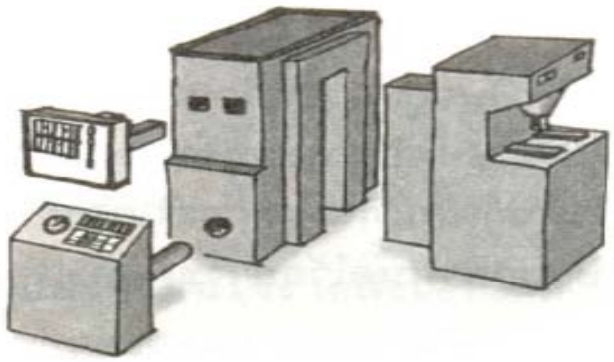
2.3.4 ผังโรงงานแบบเซลลูล่าร์หรือแบบผสมผสาน

ผังโรงงานแบบเซลลูล่าร์หรือแบบผสมผสาน (Cellular or Combination Layout) บางบริษัทก็ไม่สามรถถูกระบุเจาะจงได้ว่ามีผังโรงงานประเภทใดตามที่ได้กล่าวถึงไปก่อนหน้านี้

อุตสาหกรรมที่ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น เครื่องบินและเครื่องพิมพ์ มักเลือกใช้การทำให้เป็นหน่วยย่อยหรือโมดูลแล้วจึงนำมาประกอบกัน (Modularization) เพราะเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการทำให้งานประกอบผลิตภัณฑ์มีความง่าย ผลก็คือ การประกอบเครื่อง CNC ขนาดใหญ่จะเกิดจากการนำหน่วยย่อย (Module) ที่ต่างกันซึ่งถูกประกอบจากสายการผลิตอื่นๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน (ภาพที่ 2.5)

บริษัทจำนวนมาก เช่น ผู้ผลิตสลักเกลียวชนิดพิเศษตามความต้องการของลูกค้า มักถูกบังคับให้เปลี่ยนผังโรงงาน ยุบแผนกต่างๆ ลง และจัดทำให้เป็นเซลล์การผลิต ผังโรงงานแบบเซลลูล่าร์ ถือว่าเป็นผังโรงงานแบบใหม่ จึงควรถูกพิจารณาแยกจากผังโรงงานแบบดั้งเดิมทั้งหลาย

ในบางบริษัทที่ต้องการจะจัดทำเซลล์การผลิต การจัดซื้อหรือจัดหาเครื่องจักรที่จำเป็นทั้งหมดอาจเป็นไปไม่ได้เพราะมีต้นทุนสูง กรณีเช่นนี้บริษัทอาจต้องปรับผังโรงงานเพื่อให้เซลล์ทั้งหมดสามารถใช้ทรัพยากรที่มีความสำคัญร่วมกันได้ นี่เป็นผังโรงงานแบบผสมผสานระหว่างผังโรงงานตามกระบวนการและผังโรงงานตามผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 2.5

การทำให้เป็นหน่วยย่อยแล้วจึงนำมาประกอบกัน (Modularization) สำหรับการผลิตเครื่องจักร

(ที่มา จากImproving production with lean thinking; Javier Santos)

2.4 ทฤษฎีที่รองรับ

2.4.1 การไหลแบบทีละชิ้น (One-Piece Flow)

ก่อนที่เราจะเริ่มอธิบายถึงเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ผังโรงงานมีความสำคัญที่จะต้องทำความเข้าใจคำจำกัดความ ของชุดการผลิตและชุดการส่งผ่านให้ชัดเจนถึงแม้ว่าโดยปกติแล้วขนาดของชุดทั้งสองจะมีขนาดเท่ากัน

- ชุดการผลิต (Production Batch) หมายถึง ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ถูกรวมเข้าเป็นปริมาณตามคำสั่งซื้อของลูกค้า
- ชุดการส่งผ่าน (Transfer Batch) หมายถึง ปริมาณชิ้นงานที่ไหลจากเครื่องจักรเครื่องหนึ่งไปยังเครื่องจักรเครื่องถัดไปหรือเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า หน่วยบรรทุก (Unit Load)

ภาพที่ 2.6

ความแตกต่างระหว่างชุดการผลิตและชุดการส่งผ่าน

(ที่มาจาก Improving production with lean thinking; Javier Santos)

จะเห็นว่าปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการลดลงเมื่อขนาดของชุดการส่งผ่านเล็กลงดังที่แสดงในภาพที่ 2.6

ในกรณีแรก ชุดการส่งผ่านมีขนาดเท่ากับชุดการผลิต ส่วนกรณีที่ 2 ปริมาณชิ้นงานที่ไหลผ่านเป็นเพียง 1 ใน 3 ขนาดชุดการผลิต ข้อดีที่ได้จากการลดขนาดของชุดการส่งผ่าน คือ

- การป้อนกลับข้อมูลการผลิตเป็นไปได้เร็วขึ้น ผลที่เกิดขึ้นคือข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้รับเร็วขึ้นและปฏิกิริยาโต้ตอบในการป้องกันไม่ให้ชุดการผลิตทั้งหมดต้องถูกปฏิเสธเป็นไปได้เร็วขึ้นด้วย
- เวลานำสั้นลง ดังแสดงในภาพที่ 2.6

อย่างไรก็ตาม การลดขนาดชุดการส่งผ่านลงทำให้การลำเลียงวัสดุระหว่างส่วนต่างๆ เพิ่มมากขึ้น

การไหลแบบทีละชิ้น บางครั้งอาจเรียกว่าระบบการผลิตแบบการไหลอย่างต่อเนื่อง เป็นเทคนิคที่ใช้ในการผลิตส่วนประกอบในสภาวะเซลลูลาร์ ซึ่งการไหลจะเป็นการเคลื่อนที่ไปอย่างต่อเนื่องของวัสดุโดยไม่มีรอคอยและการสะสมของปริมาณวัสดุบนพื้น ทำให้การผลิตแบบการไหลทีละชิ้นสามารถที่จะมีความคล่องตัวของวัตถุดิบผ่านไปยังสถานีการทำงานต่อไปจนถึงสถานีการทำงานสุดท้ายจนเสร็จเป็นผลิตภัณฑ์ ข้อดีของการไหลแบบทีละชิ้นคือ การลดลงของภาระงาน ลดโอกาสของการเกิดความผิดพลาดในการทำงาน ลดการใช้พนักงาน พลังงาน และความต้องการพื้นที่ในการจัดเก็บและการขนส่งผลิตภัณฑ์ ลดโอกาสในการเกิดความเสียหาย ชำรุดหรือแตกหักในผลิตภัณฑ์ ลดความเสี่ยงในการเกิดความล้าสมัย การไหลเวียนของสินค้าเร็ว ยกตัวอย่างสิ่งแรกที่โตโยต้าทำเป็นเบื้องต้นในการลดเวลานำคือ การปรับปรุงระบบการเคลื่อนย้ายในระหว่างกระบวนการประกอบ โดยอาศัยหลักการของระบบฟอร์ด ระบบการเคลื่อนย้ายแบบฟอร์ดอาศัยการเคลื่อนที่โดยใช้สายพานและให้สายพานหยุดเพื่อทำการประกอบด้วยช่วงเวลาที่เท่าๆ กัน ดังนั้นเวลาในการทำงานของแต่ละสถานีในสายการประกอบจะต้องเท่ากัน ในสายการประกอบจึงต้องแบ่งงานของแต่ละสถานีการทำงานให้ใช้เวลาเท่ากัน เวลาในการเคลื่อนย้ายระหว่างสถานีทำงานก็จะเท่ากันด้วย หรืออีกนัยหนึ่งคือ เวลาเริ่มต้นสำหรับการเคลื่อนย้ายรถที่อยู่ในระหว่างการประกอบจากสถานีการผลิตหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่งจะเท่ากันเสมอ ช่วงเวลาที่ใช้นี้คือรอบระยะเวลาการผลิต ซึ่งเราเรียกว่า การผลิตและเคลื่อนย้ายทีละชิ้น (Ikko Nagare) แม้ว่าแนวคิดนี้จะเป็นที่ยอมรับในวงการอุตสาหกรรม แต่ยังนิยมใช้เพียงในสายการประกอบ ส่วนการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ยังคงผลิตทีละจำนวนมากๆ

ข้อดีของการไหลแบบทีละชิ้น

1. ไม่มีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการ

2. รอบการผลิตเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

ข้อเสียของการไหลแบบทีละชิ้น

1. ไม่สามารถใช้ได้กับการผลิตที่มีรอบเวลาต่างกันมากๆ

2. เหมาะสำหรับสายการประกอบเท่านั้น

2.4.2 การลดการเคลื่อนย้ายวัสดุ (Material Handling Reduction)

การเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บวัตถุดิบชิ้นส่วนอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์อย่างมีประสิทธิภาพ จะทำให้การไหลของงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่เกิดความล่าช้าหรืองานเป็นกระจุกเป็นคอขวด การจัดเก็บและการเคลื่อนย้ายเป็นงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่ม (ความสูญเปล่า) และยังต้องเสียเวลาและพลังงานเสมอ ยกตัวอย่างเช่น ขั้นตอนก่อนหน้าทำงานเสร็จแล้วส่งต่อไปให้ขั้นตอนถัดไปซึ่งอยู่ห่างออกไปเล็กน้อย ผังโรงงานเช่นนี้ มีความจำเป็นต้องขนย้ายชิ้นงานจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง แต่ถ้าเราปรับผังโรงงานใหม่ให้ขั้นตอนทั้งสองมาอยู่ติดกัน หรือเชื่อมกระบวนการทั้งสองด้วยสายพานลำเลียง การขนย้ายที่ทำอยู่ก็จะกลายเป็นความสูญเปล่าไปทันที

2.4.3 ผังโรงงานที่มีความคล่องตัว (Flexibility Facility Layout)

การออกแบบผังโรงงานที่ดีจะทำให้การเคลื่อนย้ายของวัสดุเกิดขึ้นเท่าที่จำเป็นและมีความรวดเร็ว ทำให้ลดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรทางด้านคน เครื่องจักร วัสดุ เนื้อที่ และเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความสูญเปล่าน้อยที่สุด การออกแบบผังโรงงานที่ดีจึงเป็นการเพิ่มผลผลิต โดยการลดต้นทุนเพราะผังโรงงานที่ดีจะเป็นตัวขับเคลื่อนให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างเต็มที่ การจัดวางผังนั้นประกอบด้วย การไหลของสินค้า การไหลของคน และการไหลของข้อมูลสารสนเทศ และสิ่งที่สำคัญที่สุดที่จะต้องพิจารณาก็คือ ผังโรงงานนั้นจะต้องส่งเสริมระบบให้ผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ไปอย่างเป็นระเบียบโดยไม่ควรให้มีผังโรงงานมีลักษณะที่แยกส่วนออกจากกัน ผังโรงงานที่มีความคล่องตัวมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้ที่ตั้งของเครื่องจักรและจำนวนของเครื่องจักรมีความเหมาะสมและสะดวกกับการผลิตดังนี้

1. ต้องการให้การไหลของวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอ

2. ปริมาณสินค้าคงคลังรวมถึงชิ้นงานระหว่างกระบวนการลดลง

3. ต้องการให้มีลำดับการผลิตที่ดี

4. ต้องการใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ต้องการลดคอขวดหรือจุดที่ความสามารถในการผลิตไม่เท่ากับจุดอื่น

6. ลดต้นทุนการจัดการด้านวัตถุดิบ

แนวโน้มการจัดผังโรงงานที่มีความคล่องตัว

1.เปิดที่กั้นระหว่างกระบวนการออกทำให้สื่อสารกันได้ง่ายขึ้นและเห็นว่ากระบวนการอื่นๆ ยังทำงานอยู่

2. รวมสถานีงานให้ใกล้ชิดกันมากขึ้น

3. ลดขนาดของสถานที่จัดเก็บให้เล็กลง

4. ต้องการเครื่องจักรขนาดเล็กลงจำนวนหลายเครื่อง เพื่อใช้ทดแทนกันได้ หากเครื่องใดเครื่องหนึ่งเสีย

5. รูปแบบการผลิตแบบยู ทำให้คนควบคุมการทำงานได้ง่ายขึ้น

6. ใช้การเคลื่อนย้ายแบบอัตโนมัติ

ข้อดีของผังโรงงานที่มีความคล่องตัว

1. สามารถปรับผังโรงงานได้ทันทีที่มีความต้องการ

2. เครื่องจักรมีขนาดเหมาะสมกับการผลิต

ข้อเสียของผังโรงงานที่มีความคล่องตัว

1. อาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนย้ายสูงสำหรับเครื่องจักรขนาดใหญ่

2.4.4 การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)

การจัดสมดุลสายการผลิตจะพิจารณาถึงปัจจัย 2 ตัวคือ ปริมาณและภาระงานของสถานี โดยมุ่งที่จะทำให้การทำงานมีอัตราการทำงานหรือใช้เวลาในการผลิตแต่ละชิ้นเท่าๆ กัน โดยเริ่มต้นด้วยการกำหนดรอบเวลาการผลิต ลำดับขั้นงาน และเวลาการทำงาน ของแต่ละสถานีงาน ในกรณีที่จำนวนสถานีงานมีมากหรือน้อยไปก็อาจจัดใหม่โดยให้มีรอบเวลาการผลิตมากขึ้นหรือน้อยลง

ระบบการผลิตแบบโตโยต้าจะเริ่มต้นด้วยการปรับปรุงจากกระบวนการสุดท้ายด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1. กระบวนการสุดท้ายจะใกล้ชิดกับลูกค้ามากที่สุด

2. ความผันผวนของกระบวนการสุดท้ายจะก่อผลกระทบอย่างมากให้กับกระบวนการก่อนหน้า

สายการประกอบ ที่เป็นกระบวนการสุดท้าย มักมีแนวโน้มที่จะเก็บสต๊อกของมากๆ เพื่อป้องกันปัญหาจากการขาดแคลนจากกระบวนการก่อนหน้า หลังสงครามบริษัทโตโยต้าใช้วิธีการผลิตที่มีคลังสินค้าระหว่างกลาง 2 แห่ง ก่อนที่จะไปสิ้นสุดที่สายการประกอบสุดท้ายที่เป็น

เช่นนี้เพราะโตโยต้ามีโรงงานเชื่อมและโรงงานแม่พิมพ์ของตนเอง วิธีนี้เกิดขึ้นเพราะแนวโน้มการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นรุ่นเดียวตามขนาดลอตของโรงงานเชื่อม อย่างไรก็ตามสายการประกอบจะยังไม่สามารถเริ่มประกอบได้หากว่าชิ้นส่วนยังมาไม่ครบชุด การประกอบมุ่งเน้นไปที่การลดจำนวนสินค้าคงคลังของสินค้าระหว่างกลางลงทำให้ปัญหาชัดเจนขึ้น เกิดการป้อนกลับไหลไปยังกระบวนการก่อนหน้าและสามารถติดตามผลได้ เป็นผลให้กระบวนการก่อนหน้าต้องปรับปรุงให้ดีขึ้นตามด้วย

สิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนที่จะเริ่มกิจกรรมปรับปรุงสายการประกอบ

1. สายการประกอบจะต้องใช้เวลาแต่ละขั้นเท่ากัน แต่ก็มีความไม่สม่ำเสมอจากทักษะที่แตกต่างกันของผู้ปฏิบัติงาน

2. การที่ผู้ปฏิบัติงานมีเวลาว่างอยู่ในบ้างครั้งนั้น เราต้องพิจารณาถึงปริมาณงานเพราะอาจจะได้น้อยลง

3. การเปลี่ยนรุ่นต้องหยุดไลน์

4. วิธีการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น

5. มีชิ้นงานระหว่างกระบวนการในสายการประกอบ

6. จัดการอบรมให้กับผู้ปฏิบัติงาน (พนักงานหลายขั้นตอน)

7. จัดคนเตรียมการเพื่อเปลี่ยนรุ่น

8. ให้หัวหน้างานเป็นผู้เตรียมการเปลี่ยนรุ่น

ข้อควรระวังเมื่อต้องทำสมดุลสายการผลิต

1. การผลิตแบบสม่ำเมอมีความสำคัญเป็นลำดับสูงสุดและต้องบรรจุลงไปในแผนการผลิต

2. ทำให้มีการจัดแบ่งงานง่ายขึ้น ต้องกำจัดการทำงานอย่างโดดเดี่ยวโดยให้ช่วยงานคนข้างเคียงได้

3. ฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานให้ทำงานได้หลายขั้นตอนสอดคล้องตามรอบเวลาการผลิตและการกระจายงาน

4. ยอมให้มีชั้นวางของเล็กๆ ในสายการประกอบเพื่อให้เรามองว่าเป็นเวลารองานจากภายนอก

แนวคิดพื้นฐานของการกระจายงาน

1. จัดงานส่วนต้นๆ ของสายการประกอบให้มากที่สุดและจับตาดูเวลาว่างงานของส่วนสุดท้ายของสายการประกอบ

2. เตรียมงานบางอย่างไว้

3. เฉลี่ยระดับของผู้ปฏิบัติโดยพิจารณาดึงระดับความยากง่ายของงาน

บริเวณสำหรับการปรับปรุง

1. เมื่อพบว่าเวลาปฏิบัติงานไม่สม่ำเสมอ ให้เน้นไปที่รายละเอียดของชิ้นส่วน
2. ถ้ามีเวลาเริ่มงาน ให้กระจายงานใหม่
3. ให้เน้นไปที่บริเวณที่มีปริมาณงานมากเกินไป

2.4.5 **การได้ขนาดอุปกรณ์ที่มีความถูกต้อง** (Right-Sized Equipment)

การได้ขนาดที่ถูกต้องของอุปกรณ์นั้นจะต้องมีการออกแบบ การวางแผน หรือการผลิตอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสม มีคุณลักษณะและความสามารถสอดคล้องกับการไหลของผลิตภัณฑ์ หรือภายในกลุ่มผลิตภัณฑ์ โดยที่ผลิตภัณฑ์นั้นควรจะไม่มีการรอคอยที่ยาวนานโดยที่ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีการขนย้ายและการรอคอย ซึ่งอุปกรณ์ในแต่ละส่วนต้องมีความสัมพันธ์กันและมีความเหมาะสมสำหรับมุมมองสำหรับสายธารคุณค่าของการผลิตซึ่งประกอบไปด้วยการพิจารณาถึงเกณฑ์ของการได้ขนาดที่ถูกต้องของอุปกรณ์

2.4.6 **มาตรฐานการปฏิบัติงาน** (Standard Operations)

กระบวนการทำงานมาตรฐานสามารถทำให้การผลิตเกิดความสมดุล โดยใช้แรงงานคนน้อยที่สุดได้ มีจุดมุ่งหมายหลักของการผลิตแบบโตโยต้า คือ การลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องการผลิต โดยกำจัดการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ เช่น การมีระดับคงคลังหรือคนงานที่มากเกินความจำเป็น การรอคอยของชิ้นงานระหว่างกระบวนการ เป็นต้น

การปฏิบัติงานมาตรฐานมุ่งในการผลิตที่ใช้จำนวนคนงานน้อยที่สุดและมีเป้าหมายให้ได้ ผลผลิตสูงสุดโดยการทำงานเต็มกำลัง ไม่ได้หมายความว่าให้คนทำงานหนัก แต่หมายถึงให้คนทำงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยปราศจากการเคลื่อนไหวที่สูญเปล่า นอกจากนั้นยังทำเพื่อให้เกิดความสมดุลในสายการผลิตระหว่างกระบวนการทุกชนิด โดยวัดเวลาของการผลิต

การกำหนดองค์ประกอบของการปฏิบัติงานมาตรฐานส่วนใหญ่จะกำหนดโดยผู้ควบคุมงานและอาศัยความรู้เกี่ยวกับการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหว

(1) กำหนดรอบเวลา

(2) กำหนดเวลาที่จะทำเสร็จ 1 ชิ้น

(3) กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน

(4) กำหนดชิ้นงานระหว่างกระบวนการมาตรฐาน

(5) จัดเตรียมตารางการปฏิบัติงานมาตรฐาน

<u>รอบเวลา</u>

(1) กำหนดรอบเวลา หรือ Tact คือ ช่วงเวลาที่ต้องใช้ในการทำงาน 1 ชิ้น รอบเวลานี้กำหนดโดยจำนวนชิ้นงานที่ต้องการภายใน 1 วัน และเวลาปฏิบัติงานที่มีประสิทธิผลใน 1 วันดังสมการ

$$\text{รอบเวลา} = \frac{\text{เวลาปฏิบัติงานที่มีประสิทธิผลใน 1 วัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ต้องการภายใน 1 วัน}} \quad (1)$$

เวลาปฏิบัติงานที่มีประสิทธิผลใน 1 วัน จะต้องไม่หักเวลาเผื่ออื่นๆ ที่เพิ่มมาจากเครื่องจักรขัดข้อง ช่วงเวลารอวัสดุ เวลาทำชิ้นงานซ้ำ หรือเวลาล้าและเวลาพัก ในทำนองเดียวกันจำนวนชิ้นงานที่จำเป็นจะต้องไม่เพิ่มโดยรวมจำนวนชิ้นงานที่เผื่อเสียเอาไว้ด้วย โดยการพิจารณาเวลาที่ให้ในการผลิตของเสียเป็นเวลาที่ไม่จำเป็นในลักษณะนี้จะทำให้เวลาที่เสียไปแบบนี้เห็นเด่นชัดเมื่อเกิดขึ้นในกระบวนการและสามารถที่จะปฏิบัติการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการได้ทันที

(2) การกำหนดเวลาที่จะทำชิ้นงานเสร็จ 1 ชิ้น จะต้องมีการกำหนดที่แต่ละกระบวนการและแต่ละชิ้นส่วน เวลาหน่วยนี้มักจะมีการบันทึกผลบนแผ่นกระดาษแสดงกำลังในการผลิตชิ้นส่วน (Part Production Capacity Sheet)

(3) กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน ขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน คือ ลำดับของการทำงานที่คนงานแต่ละคนจะต้องทำภายในรอบเวลาที่กำหนดให้ ขั้นตอนดังกล่าวนี้จะสนองวัตถุประสงค์ 2 ประการ ประการแรกจะช่วยกำหนดขั้นตอนหรือแนวปฏิบัติให้คนงาน ในการหยิบจับชิ้นงานขึ้น เอาชิ้นงานออกหลังจากทำงานเสร็จ อีกประการหนึ่งจะช่วยกำหนดลำดับกระบวนการที่คนงานซึ่งทำหน้าที่หลายๆ อย่างจะต้องทำที่เครื่องจักรภายในรอบเวลาหนึ่ง

(4) การกำหนดจำนวนชิ้นงานระหว่างผลิตมาตรฐาน จำนวนชิ้นงานระหว่างผลิตมาตรฐานคือ จำนวนต่ำที่สุดที่จำเป็นของชิ้นงานระหว่างผลิตภายในสายการผลิตซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย ชิ้นงานที่วางไว้และเก็บไว้ระหว่างเครื่องจักรและยังรวมเอาชิ้นงานที่อยู่ที่เครื่องจักรแต่ละเครื่องด้วย

(5) จัดเตรียมตารางการปฏิบัติงานมาตรฐาน หลังจากที่ได้ดำเนินการในขั้นตอนข้างต้นแล้ว ก็จะนำมาสร้างเป็นตารางการปฏิบัติงานมาตรฐาน

ข้อดีของงานมาตรฐาน

1. พนักงานมีมาตรฐานในการปฏิบัติงานที่ชัดเจน

2. สามารถควบคุมการทำงานได้ดี

ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ (กรณีศึกษาการปรับปรุงผังโรงงานทำแม่พิมพ์สำหรับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์: วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย; มปป.) กล่าวว่าวิธีแก้ปัญหาการจัดผัง

โรงงานแบ่งออกเป็นสองวิธีใหญ่ๆ ตามลักษณะของข้อมูลที่ใช้ คือ การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ และการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาร หมายถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมารการไหลและค่าใช้จ่ายการไหลของวัสดุระหว่างสถานีงาน ส่วนข้อมูลเชิคุณภาพหมายถึงข้อมูลที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานีงานหนึ่งกับสถานีงานอื่นๆ ตามความต้องการของผู้ออกแบบผังโรงงาน

2.4.7 การลดความสูญเปล่า ด้วยหลักการ ECRS

ผศ. ประเสริฐ อัครประถมพงศ์(การลดความสูญเปล่า ด้วยหลักการ ECRS; มปป) ได้ให้ความหมาย ความสูญเปล่า หรือ MUDA หรือ WASTE ล้วนแต่มีความหมายเดียวกัน หมายถึงสิ่งที่เกิดขึ้นแต่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่สินค้า ซึ่งความสูญเปล่ามีอยู่ 7 ประการด้วยกันคือ

1) การผลิตมากเกินไป (Overproduction)

2) การรอคอย (Waiting)

3) การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Transporting)

4) การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ (Inappropriate Processing)

5) การเก็บสินค้าที่มากเกินไป (Unnecessary Inventory)

6) การเคลื่อนที่/เคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motions)

7) ของเสีย (Defect)

ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการนี้เป็นสิ่งที่ไม่มีความจำเป็นและไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์แก่บริษัท การลดความสูญเปล่านอกจากจะเป็นการปรับปรุงการผลิตและสามารถเพิ่มผลผลิตแล้วยังเป็นการลดต้นทุนที่เกิดในบริษัทอีกด้วย หลักการ ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วย

- การกำจัด (Eliminate) หมายถึง การพิจารณาการทำงานปัจจุบันและทำการกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ที่พบในการผลิตออกไป คือการผลิตมากเกินไป การรอคอย การเคลื่อนที่/เคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ การเก็บสินค้าที่มากเกินไป การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น และของเสีย

- การรวมกัน (Combine) สามารถลดการทำงานที่ไม่จำเป็นลงได้ โดยการพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้หรือไม่ เช่น จากเดิมเคยทำ 5 ขั้นตอนก็รวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน ทำให้ขั้นตอนที่ต้องทำลดลงจากเดิม การผลิตก็จะสามารถทำได้เร็วขึ้นและลดการเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนลงอีกด้วย เพราะถ้ามีการรวมขั้นตอนกัน การเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนก็ลดลง

- การจัดใหม่ (Rearrange) คือ การจัดขั้นตอนการผลิตใหม่เพื่อให้ลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น หรือ การรอคอย เช่นในกระบวนการผลิต หากทำการสลับขั้นตอนที่ 2 กับ 3 โดยทำขั้นตอนที่ 3 ก่อน 2 จะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ลดลง เป็นต้น

- การทำให้ง่าย (Simplify) หมายถึง การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยอาจจะออกแบบจิ๊ก (Jig) หรือ Fixture เข้าช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวกและแม่นยำมากขึ้น ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ จึงเป็นการลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นและลดการทำงานที่ไม่จำเป็น

2.5 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ผังโรงงานและการทำงานของคน-เครื่องจักร

2.5.1 การวางผังโรงงานตามวิธี SLP (Systematic Layout Planning)

การจัดผังโรงงานตามวิธีการ SLP โดย Muther (1973) ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่

1. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ผลิตภัณฑ์ ปริมาณการผลิต กระบวนการผลิตและเส้นทางการเดินงาน สิ่งสนับสนุนการผลิต และเวลาสำหรับการผลิต

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์การไหลของงาน เป็นการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการผลิต (Process Chart) แผนภูมิแสดงการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart) เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพการไหลของวัสดุ

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นการวิเคราะห์แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ (Relation ship Chart)

4. ขั้นตอนของการทำแผนแสดงความสัมพันธ์ เพื่อจัดผังโรงงานระหว่างแผนกต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์

5. ขั้นตอนการพิจารณาถึงความต้องการพื้นที่ เป็นการหาความต้องการของพื้นที่ ที่ต้องการใช้ของเครื่องจักรต่างๆ

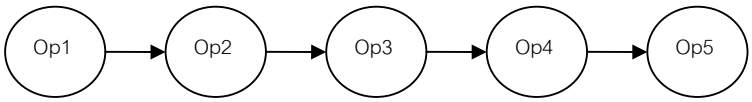
6. ขั้นตอนการพิจารณาแผนภาพแสดงความสัมพันธ์พื้นที่ เป็นการพิจารณาถึงพื้นที่ที่มีอยู่และพื้นที่ ที่ต้องการใช้

7. ขั้นตอนการพิจารณาข้อกำหนดและข้อจำกัดต่างๆ เพื่อปรับปรุงผังโรงงานให้เข้ากับข้อกำหนดต่างๆ

8. ขั้นตอนประเมินผลและเลือกผังโรงงาน

การนำวิธีการ SLP มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงการวางผังโรงงาน อาจเลือกขั้นตอนที่สำคัญมาใช้ในการปรับปรุงผังโรงงาน โดยจะต้องทราบว่ารายละเอียดผลิตภัณฑ์ มีผลิตภัณฑ์และวัสดุ ปริมาณเท่าไร เมื่อได้ข้อมูลพื้นฐานแล้วจึงนำมาวิเคราะห์การไหลของวัสดุ การไหลของวัสดุเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยทั่วไปแล้วการไหลของวัสดุในโรงงานมีด้วยกัน 5 ลักษณะดังนี้

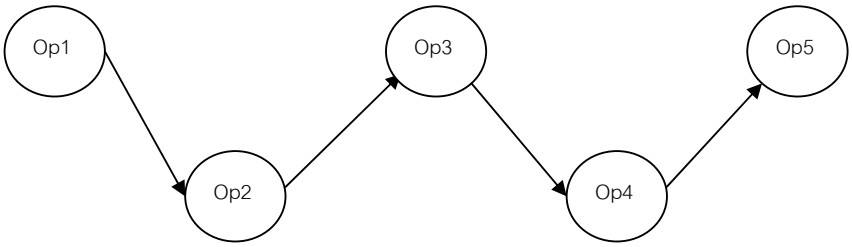
1. การไหลแบบเส้นตรง



ภาพที่ 2.7
การไหลแบบเส้นตรง
(ที่มา จาก การออกแบบและวางผังโรงงาน; สมศักดิ์ ตรีศักดิ์)

การไหลประเภทนี้เหมาะสำหรับขบวนการผลิตสั้นๆ และเป็นแบบง่ายๆ หน่วยประกอบมีชิ้นส่วนน้อยๆ หรือมีเครื่องจักรที่ผลิตชิ้นส่วนได้มาก

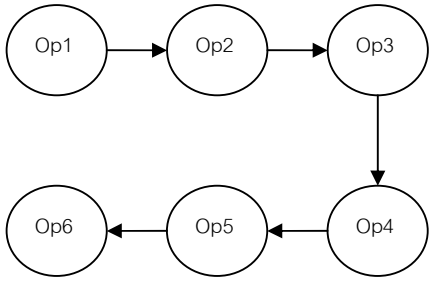
2. การไหลแบบซิกแซ็ก



ภาพที่ 2.8
การไหลแบบซิกแซ็ก
(ที่มา จาก การออกแบบและวางผังโรงงาน; สมศักดิ์ ตรีศักดิ์)

การไหลประเภทนี้เหมาะกับสายงานผลิตที่ยาวกว่าแบบแรก และเหมาะสำหรับโรงงานที่พื้นที่จำกัด

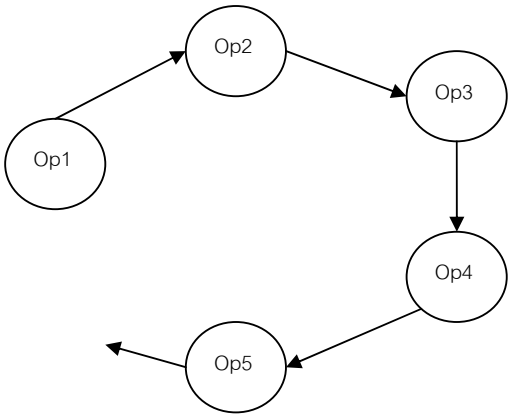
3. การไหลแบบตัวยู



ภาพที่ 2.9
การไหลแบบตัวยู
(ที่มา จาก การออกแบบและวางผังโรงงาน; สมศักดิ์ ตรีศักดิ์)

เหมาะสำหรับขบวนการผลิตที่ป้อนกลับวัสดุตั้งแต่จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายอยู่ด้านเดียวกันเหมาะสำหรับโรงงานที่มีขนาดเนื้อที่รูปทรงจำกัด

4. การไหลแบบวงกลม



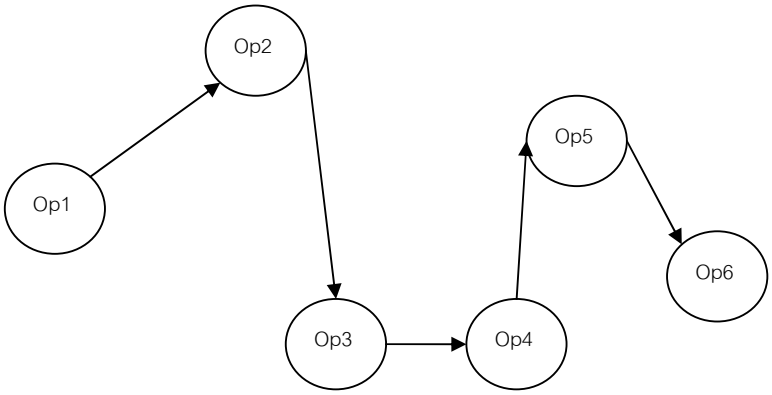
ภาพที่ 2.10

การไหลแบบวงกลม

(ที่มา จาก การออกแบบและวางผังโรงงาน; สมศักดิ์ ตรีศักดิ์)

การไหลประเภทนี้เหมาะสำหรับวัสดุที่เข้าและออกจุดเดียวกับจุดเริ่มต้น หรือต้องการให้วัสดุนั้นเข้าเครื่องจักรเป็นรอบที่สอง

5. การไหลแบบไร้รูปแบบ หรือการไหลแบบมุมไม่เท่ากัน



ภาพที่ 2.11

การไหลแบบไร้รูปแบบ

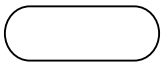
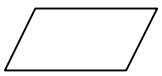
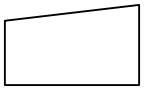
(ที่มา จาก การออกแบบและวางผังโรงงาน; สมศักดิ์ ตรีศักดิ์)

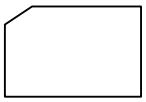
จากรูปเป็นการไหลที่มีรูปแบบไม่แน่นอน เหมาะสำหรับกรณีเช่น การไหลขั้นแรกเป็นแบบสั้นๆ อยู่ระหว่างกลุ่มพื้นที่ ที่สัมพันธ์กัน การไหลในที่ซึ่งระบบขนถ่ายเป็นระบบอัตโนมัติ พื้นที่ที่มีข้อจำกัด ด้านพื้นที่ไม่สามารถจัดระบบการไหลเป็นแบบอื่นได้ และในกรณีทีมีสิ่งอำนวยความสะดวกติดอยู่ก่อนแล้ว

การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี โดยอาศัยข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยอาศัยแผนภูมิกระบวนการผลิต (Operation Process Chart) แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow process Chart) และแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ (Relationship Chart) ช่วยในการวิเคราะห์จัดผังโรงงาน ในบางครั้ง การวิเคราะห์การไหล จำเป็นต้องอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อรูปแบบของผังโรงงานที่เหมาะสม แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจัดผังโรงงานสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพที่คำนึงค่าใช้จ่ายโดยรวมให้มีค่าต่ำที่สุดและระยะระหว่างแผนกให้มีค่าน้อยที่สุด

2.5.2 **ผังลำดับงาน** (Flow Chart)

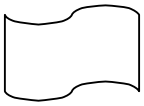
อำไพ พรประเสริฐสกุล (การวิเคราะห์และออกแบบระบบ; 2544) ได้กล่าวไว้ว่า การเขียนผังงานจะต้องใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ มาเรียงกัน เพื่อแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน โดยมีลูกศรเชื่อมระหว่างภาพต่าง ๆ สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนผังงานที่นิยมใช้โดยทั่วไปนั้น มีหน่วยงานที่มีชื่อว่า American National Standard Institute (ANSI) และ International Standard Organization (ISO) รวบรวมและกำหนดให้เป็นสัญลักษณ์มาตรฐานที่จะใช้ในการเขียนผังงานและผังระบบดังแสดงในภาพที่ 2.12

สัญลักษณ์	ความหมาย
	จุดเทอร์มินัล(Terminal) แสดงการเริ่มต้นและการสิ้นสุด
	การรับงาน/การแสดง (Input/output Media) เป็นสัญลักษณ์ในการรับข้อมูลหรือแสดงข้อมูลผลลัพธ์
	(Manual Input) การใช้คนป้อนข้อมูลหรือทำการประมวลผลโดยทางแป้นพิมพ์หรือปุ่มควบคุม



(Punched Card)

การรับข้อมูลหรือการแสดงข้อมูล โดยใช้บัตรเจาะรูเป็นสื่อ

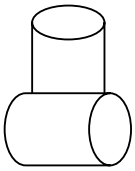


(Punched Tape)

การรับข้อมูลหรือแสดงข้อมูล โดยใช้เทปกระดาษ

(Magnetic Tape)

การรับข้อมูลหรือแสดงข้อมูล โดยใช้เทปแม่เหล็กเป็นสื่อ



(Magnetic Disk)

การรับข้อมูลหรือแสดงข้อมูล โดยใช้จานแม่เหล็กเป็นสื่อ
(Magnetic Drum)

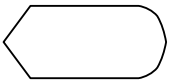
การรับข้อมูลหรือแสดงข้อมูล โดยใช้ดรัมแม่เหล็กเป็นสื่อ

การประมวลผล (Process)

แสดงการประมวลผล เช่น การคำนวณหรือการกำหนดค่า

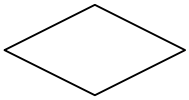
การแสดงผล (Continue Paper)

การแสดงข้อมูลหรือผลลัพธ์ทางเครื่องพิมพ์ลงบนกระดาษต่อเนื่อง



(Display)

การแสดงผลลัพธ์ทางจอภาพ

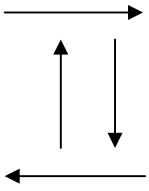


การตัดสินใจ (Decision)

แสดงการเปรียบเทียบหรือการตัดสินใจ

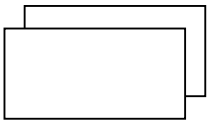
แสดงจุดต่อ (Connector)

หมายถึง จุดต่อเนื่องที่อยู่หน้าเดียวกัน



แสดงทิศทางลำดับการทำงานตามปลายลูกศร โดยใช้เชื่อมสัญลักษณ์ต่าง ๆ ให้เดินทางต่อเนื่องกัน

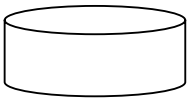
การจัดเก็บข้อมูล



รายงาน/เอกสารที่มีการจัดเก็บด้วยมือ

รายงาน/เอกสารที่มีจำนวนมาก

แสดงในส่วนโปรแกรมย่อย



แสดงในส่วนฐานข้อมูล

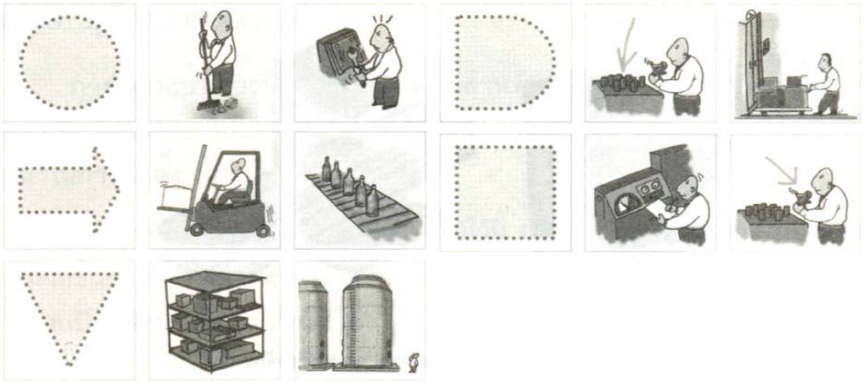
ภาพที่ 2.12

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนผังงาน

(ที่มาจาก การวิเคราะห์และออกแบบระบบ; อำไพ พรประเสริฐสกุล)

2.5.3 **แผนภูมิการไหลและกระบวนการ** (Flow-process Chart)

เป็นวิธีการในการแสดงเส้นทางและการกระทำที่เกิดบนตัวผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 2.15) มีความเป็นไปได้เหมือนกันในการรวมการกระทำ 2 อย่างหรือมากกว่าเข้าไว้ด้วยกัน แล้วสร้างสัญลักษณ์ใหม่ขึ้นมาอีกสัก 2 แบบ หรือมากกว่า



ภาพที่ 2.13

สัญลักษณ์มาตรฐานที่ใช้ในแผนภูมิการไหลและกระบวนการ

(ที่มา จากImproving production with lean thinking; Javier Santos)

สัญลักษณ์	อาการกระทำ	ผลที่สำคัญ
	ทำ	การผลิต
	ขนส่ง	การเคลื่อนที่
	ตรวจ	ตรวจสอบ
	เก็บ	การเก็บ
	คอย	เกิดการขัดข้องต้องรอคอย

ภาพที่ 2.14

สัญญลักษณ์ในการแบ่งกิจกรรม

(ที่มา จากImproving production with lean thinking; Javier Santos)

เมื่อใช้สัญลักษณ์เหล่านี้เป็นเครื่องมือ การปรับปรุงการเคลื่อนย้ายสามารถมองเห็นภาพได้ และได้เปรียบเมื่อเห็นภาพที่ดัดแปลงไป

สัญลักษณ์ที่เป็นวงกลมแสดงถึงการปฏิบัติการ สัญลักษณ์ที่เป็นลูกศรแสดงถึงการขนส่ง สัญลักษณ์ที่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสแสดงถึงการตรวจสอบ สัญลักษณ์ที่เป็นสามเหลี่ยมคว่ำหัวแสดงถึงการจัดเก็บ และสัญลักษณ์ที่เป็นตัวอักษร D แสดงถึงการรอคอย หรือการทำให้ช้า ความแตกต่างระหว่างสัญลักษณ์ 2 แบบสุดท้าย (การจัดเก็บและการรอคอย) คือ ในแบบแรกนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ออกจากคลังสินค้าหรือจุดจัดเก็บสินค้าคงคลังหลังจากการจัดเก็บแล้ว การบันทึกขั้นตอนย่อยของงานต่างๆ ที่เป็นอยู่ อาจบันทึกได้หลายรูปแบบเช่น Flow Diagram, Flow Process Chart,Man-machine Chart,Multiple Chart การแบ่งงานออกเป็นขั้นตอนเป็นขั้นตอนย่อย จะทำให้สามารถตั้งคำถามถึงเหตุผลความเป็นไปของสิ่งที่เป็นอยู่ว่าเหมาะสมหรือไม่ พร้อมทั้งมีแนวทางหรือวิธีการอื่นที่ดีกว่าอีกหรือไม่ แนวคิดนี้คือ การตั้งคำถามตามหลัก 5W1H และปรับปรุงโดยหลัก ECRS ดังสรุปในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1

การตั้งคำถามตามหลัก 5W1H และปรับปรุงโดยหลัก ECRS

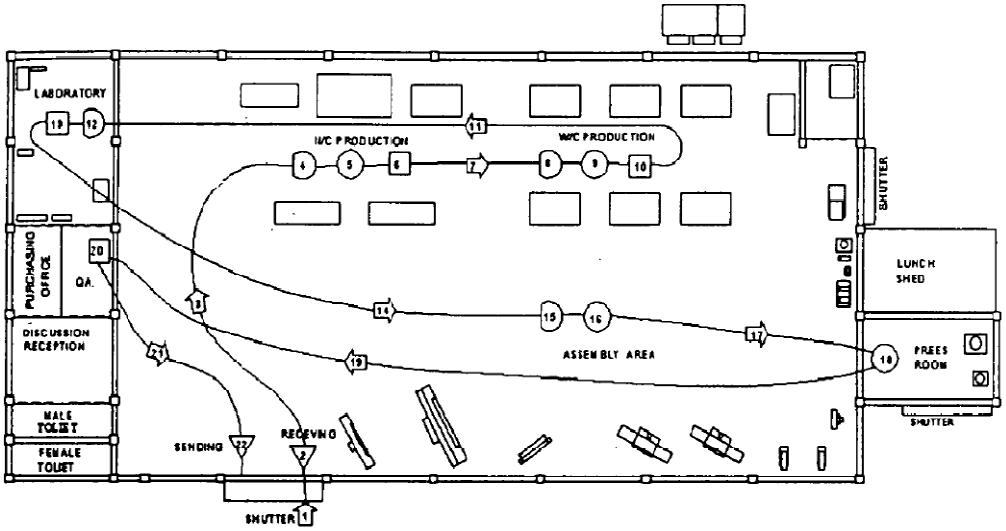
<table>
<tr><th>คำถาม</th><th>สิ่งที่ต้องการศึกษา</th><th>การปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>What-Why
ทำอะไร-ทำไมต้องทำ</td><td>วัตถุประสงค์</td><td>Eliminate - ขจัดส่วนเกินที่ไม่จำเป็นหรือไม่สร้างมูลค่าเพิ่มออก</td></tr>
<tr><td>Where - Why
ทำที่ไหน - ทำไมต้องทำที่นั่น</td><td>สถานที่</td><td rowspan="3">Combine - รวมกิจกรรมเข้ามาทำที่สถานที่เดียวกัน
เวลาเดียวกันหรือบุคคลดีกัน

Rearrange - จัดสลับลำดับงานใหม่</td></tr>
<tr><td>When - Why
ทำเมื่อไหร่ - ทำไมต้องทำเวลานั้น</td><td>เวลา ลำดับขั้นตอน</td></tr>
<tr><td>Who - Why
ใครเป็นผู้ทำ - ทำไมต้องเป็นคนนั้น</td><td>บุคคล</td></tr>
</table>

How - Why ทำอย่างไร - ทำไมต้องทำด้วยวิธีการนั้น	วิธีการ	Simplify - ทำให้ง่ายขึ้นด้วยวิธีการใหม่หรือใช้เครื่องมือช่วยอื่นๆ

2.5.4 แผนภาพการไหล (Flow Diagram)

เป็นแบบเปลนเกี่ยวที่เกี่ยวข้องกับการทำงานที่ได้แสดงอยู่ในแผนภูมิการไหลของขบวนการผลิต โดยปกติแล้ว แผนภูมิทั้งสองชนิดนี้จะต้องใช้ควบคู่กันไปเสมอ เป็นแบบแปลนที่ย่อส่วนของสภาพการทำงานจริงลงบนแผ่นกระดาษ ตามมาตราส่วนที่เหมาะสม โดยมีที่ตั้งเครื่องจักร สถานที่ทำงาน ตลอดจนบริเวณที่มีการทำงานกำกับไว้อย่างถูกต้องพร้อมทั้งแสดงจุดที่ตั้งของกิจกรรมต่างๆ โดยสอดคล้องกับที่ได้บันทึกไว้ในแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) ทุกประการ และจะต้องระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของพนักงาน หรือวัสดุกำหนดไว้อย่างละเอียดและชัดเจนด้วย



ภาพที่ 2.15

ตัวอย่างแผนภาพการไหลของงาน

(ที่มา จากกรณีศึกษาการปรับปรุงผังโรงงานทำแม่พิมพ์สำหรับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์: ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์)

วิธีสร้างแผนภาพการไหล

1. หาแบบแปลนของตึก หรือเฉพาะแผนกที่ต้องการจะศึกษาและบันทึกการทำงานเพื่อจัดทำแผนผังต่อไป ถ้าหาไม่ได้ก็ให้เขียนขึ้นมาเอง โดยใช้มาตราส่วนที่เหมาะสมกับหน้ากระดาษ ในแบบแปลนดังกล่าวควรมีรายละเอียดที่ตั้งของเครื่องจักร และบริเวณที่มีการทำงานลักษณะต่างๆ ตามที่ปรากฏอยู่ในแผนภูมิการไหลของขบวนการผลิต

2. เขียนตำแหน่งที่มีการทำกิจกรรมต่างๆ ลงในแบบแปลน โดยใช้สัญลักษณ์และหมายเลขให้ตรงกันกับที่ได้กำหนดไว้ในแผนภูมิการไหลของขบวนการผลิต

3. เขียนเส้นแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของพนักงาน หรือวัสดุในแบบแปลน เส้นทางการเคลื่อนที่จะต่อโยงระหว่างสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ได้เขียนลงในแบบแปลนแล้ว และจะแสดงทิศทางการเคลื่อนที่โดยใช้หัวลูกศร

4. ถ้ามีการเคลื่อนที่กลับซ้ำเส้นทางเดิมให้แสดงด้วยเส้นแยกกันอีกเส้นหนึ่งให้เห็นอย่างชัดเจน

2.5.5 **การวิเคราะห์การทำงาน คน-เครื่องจักร** Man-Machine Analysis

รศ.คมสัน จิระภัทรศิลป (Industrial Work Study; มปป.) การวิเคราะห์การทำงานคน-เครื่องจักร เป็นการวิเคราะห์การทำงานของคน ที่สัมพันธ์กับการทำงานของเครื่องจักร เพื่อดูสัดส่วนการทำงานของคนกับเครื่อง และช่วยวิเคราะห์ศึกษาเพื่อลดหรือเพิ่ม คน เครื่องจักรให้ทำงานสมดุลกัน ลดเวลาว่างให้น้อยลง มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้แผนภูมิการทำงาน คน-เครื่องจักร เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์

1. การทำงานของคน-เครื่องจักร

การทำงานของคน ร่วมกับเครื่องจักรได้แก่

• เวลาทำงาน Productive Time เช่น เวลาพนักงานทำงาน และเวลาเครื่องทำงาน Run ที่ทำให้เกิดผลผลิต

• เวลาว่าง Idle Time คือ เวลาที่หยุดทำงาน ทั้งเครื่องจักรและคน เป็นเวลาที่ไม่เกิดงาน

• เวลาการนำงานเข้า/ออก จากเครื่อง Loading/Unloading Time

• เวลาการเดินของคนไปแต่ละเครื่องต่างๆ (Walking Time)

2. แผนภูมิการทำงาน คน-เครื่องจักร

วิธีการเขียนแผนภูมิ

1. แบ่งแผนภูมิ เป็น สดมภ์ ตามจำนวน คน และเครื่องจักร

2. แต่ละสดมภ์ แบ่ง ช่องเวลาและสัญลักษณ์

3. ให้สดมภ์ของคนอยู่ทางซ้ายมือและสดมภ์ของเครื่องอยู่ทางขวามือ

4. การให้สัญลักษณ์ เป็นแถบสี โดย

– เวลาทำงาน Productive Time => แถบทึบ/ดำ

– เวลาว่าง Idle Time => แถบ ขาว

– เวลาการนำงานเข้า/ออก จากเครื่อง => ให้สีเป็นเทา

– เวลาการเดินของคนไปแต่ละเครื่อง => แถบทึบ/ดำ

ตัวอย่าง

คน	เวลา	นาที	เครื่องเลื่อย	เวลา	นาที
เปิดเครื่อง		0.2	ว่าง		0.2
ว่าง		3	ตัดชิ้นงาน		
ปิดเครื่อง			ว่าง		0.6
ถอดชิ้นงานเก็บ					
รวม		3.8	รวม		3.8

คน	เวลา	นาที	เครื่องเลื่อย	เวลา	นาที
เปิดเครื่อง		0.2	ว่าง		0.2
ว่าง		3	ตัดชิ้นงาน		3
ปิดเครื่อง		0.3	ว่าง		0.6
ถอดชิ้นงานเก็บ					
รวม		3.8	รวม		3.8

คน	เวลา	นาที	เครื่องเสื่อย	เวลา	นาที
เปิดเครื่อง		0.2	ว่าง		0.2
ว่าง		3	ตัดชิ้นงาน		3
ปิดเครื่อง		0.3	ว่าง		0.6
ถอดชิ้นงานเก็บ		0.3			
รวม		3.8	รวม		3.8

3. การหาประสิทธิภาพการทำงาน Utilization

Utilization = เวลาทำงานจริงในรอบการทำงาน x 100%

เวลารอบการทำงาน

ตัวอย่าง

1. เวลารอบการทำงาน (Cycle Time) = 3.8 นาที

2. การทำงานของคน = 21.05%

3. การทำงานของเครื่อง = 78.95%

4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง คน-เครื่องจักร

แบ่งได้เป็น 3 ชนิด

1. การวิเคราะห์การทำงานพร้อมกันของคน-เครื่องจักร Synchronous Servicing
2. การวิเคราห์การทำงานของคน-เครื่องจักร แบบสุ่ม Random Servicing
3. การวิเคราะห์แบบผสม 1, 2

2.6 วรรณกรรมปริทัศน์ที่เกี่ยวข้อง

สมบัติ ศรีตุลานนท์ ได้ทำการศึกษาโรงงานผลิตโคมไฟรถยนต์โรงงานหนึ่งซึ่งได้ทำการศึกษาสภาพการผลิตและผังโรงงานในปัจจุบัน ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตหลัก 3 กระบวนการได้แก่ กระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก กระบวนการเคลือบผิว และสายการประกอบ

เพื่อศึกษาระยะเวลานำในการผลิต พื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บและจำนวนสินค้าคงคลังของชิ้นงานระหว่างกระบวนการและสินค้าสำเร็จรูป ระยะทางในการขนย้าย ต้นทุนค่าแรงและค่าโสหุ้ยในการผลิตรวมถึงกำลังการผลิต หลังจากนั้นได้นำระบบการผลิตแบบลีนต่างๆ อาทิเช่น การปรับเรียบการผลิต การลดเวลาการติดตั้ง ความหลากหลายทักษะของพนักงาน มาตรฐานการปฏิบัติงาน โรงงานที่ควบคุมด้วยสายตา การไหลแบบทีละชิ้น การลดการเคลื่อนย้ายวัสดุ ผังโรงงานที่มีความคล่องตัว การจัดสมดุลสายการผลิต การได้ขนาดของอุปกรณ์มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและผังโรงงาน โดยมุ่งเน้นที่จะกำจัดความสูญเปล่าทั้งหลายที่มีอยู่ การวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงเป็นระยะเวลา 3 เดือน และเก็บข้อมูลหลังการวิจัยเป็นระยะเวลา 1.5 เดือน ผลการวิจัยสามารถลดเวลานำในการผลิตได้ 44 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 61 จำนวนสินค้าคงคลังลดลง 5,606 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 83 พื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บลดลง 87 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 30 ระยะทางในการขนย้ายลดลง 373.2 เมตร คิดเป็นร้อยละ 78 กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 7,530 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 50 ต้นทุนค่าแรงค่าโสหุ้ยการผลิตลดลง 4.15 บาทต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละ 5 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อการวิจัย 2,000,000 บาทใช้ระยะเวลาคืนทุน 22 เดือน ปริมาณการผลิตคืนทุนที่ 481,928 ชิ้น

พจนรินทร์ แก้วมณี ได้ทำการศึกษาโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ในส่วนของ การปฏิบัติงานด้านหลังจากการประกอบงานในส่วนหลัง (Back End) ซึ่งได้ทำการลดความซ้ำซ้อนของการผลิตโดยทำการปรับปรุงสายการผลิตใหม่โดยยุบสถานี Back End ซึ่งการปฏิบัติงานในส่วนหลังจากการประกอบงานในส่วนหลัง เป็นการทดสอบการทำงานของตัวผลิตภัณฑ์ (Hard Disk Drive) เพื่อแยกผลิตภัณฑ์ดีและผลิตภัณฑ์เสียออกจากกัน หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่ถูกแยกจะไหลไปตามขั้นตอนการผลิตหรือสถานีต่อไปตามแต่เส้นทางที่ถูกกำหนดของตัวผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์และพร้อมที่จะส่งมือลูกค้า จากผลการวิจัยสามารถปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตไปในแนวทางที่ดีขึ้น สามารถลดคนในขั้นตอนของการขนย้ายงานจากสถานีงานเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์เพื่อแยกงานดี/เสีย (B Tester) ไปสู่สถานีงานทดสอบงานเสียที่เครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไม่สามารถหาอาการเสียได้ (Debug station ; A tester) เป็นจำนวน 3 คน ในสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ AAA และลดระยะเวลาในการเดินทางของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้โดยเฉลี่ย 0.5-1 ชั่วโมง อันเนื่องมาจากการรอคอยลำดับงานในสถานีถัดไปจากการทำงานของคนกับเครื่องจักรเทียบกับการทำงานของเครื่องจักรกับเครื่องจักร จากการวิจัยนี้ทำให้เห็นว่าความต่อเนื่องของสถานีงานมีความสำคัญต่ออัตราเร็วในการตอบสนองความต้องการในการผลิต ซึ่งถ้าสามารถยุบ

สถานีให้น้อยลงได้มากนั้น ก็จะยิ่งเพิ่มอัตราเร็วในการผลิต ลดความผิดพลาดในการทำงาน ลดเวลาการเดินทางของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในการผลิตในโรงงาน และลดการขนย้ายงานโดยคนซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพและคุณภาพของการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหลังส่งถึงมือลูกค้าได้มากยิ่งขึ้น

ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ ได้ทำการนำเสนอการปรับปรุงผังโรงงานโดยนำวิธีการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning : SLP) มาประยุกต์ใช้ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ผลิตภัณฑ์ ปริมารการผลิต กระบวนการผลิตและเส้นทางการดินงาน การวิเคราะห์การไหลของงาน ด้วยแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ การทำแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ เพื่อจัดผังโรงงานระหว่างแผนกต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน มาใช้ในการออกแบบผังโรงงานสำหรับโรงงานผลิตโมลด์ปั๊มตัดแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยพิจารณาถึงระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุที่มีระยะทางที่ลดลง ส่งผลให้เวลาของระบบโดยรวมลดลงและทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของผังโรงงานเพิ่มขึ้น ทำให้การไหลของงานเป็นไปอย่างเป็นระเบียบ และลดความเมื่อยล้าของคนงานลงได้ และวิธีการนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอื่นได้เช่นกัน