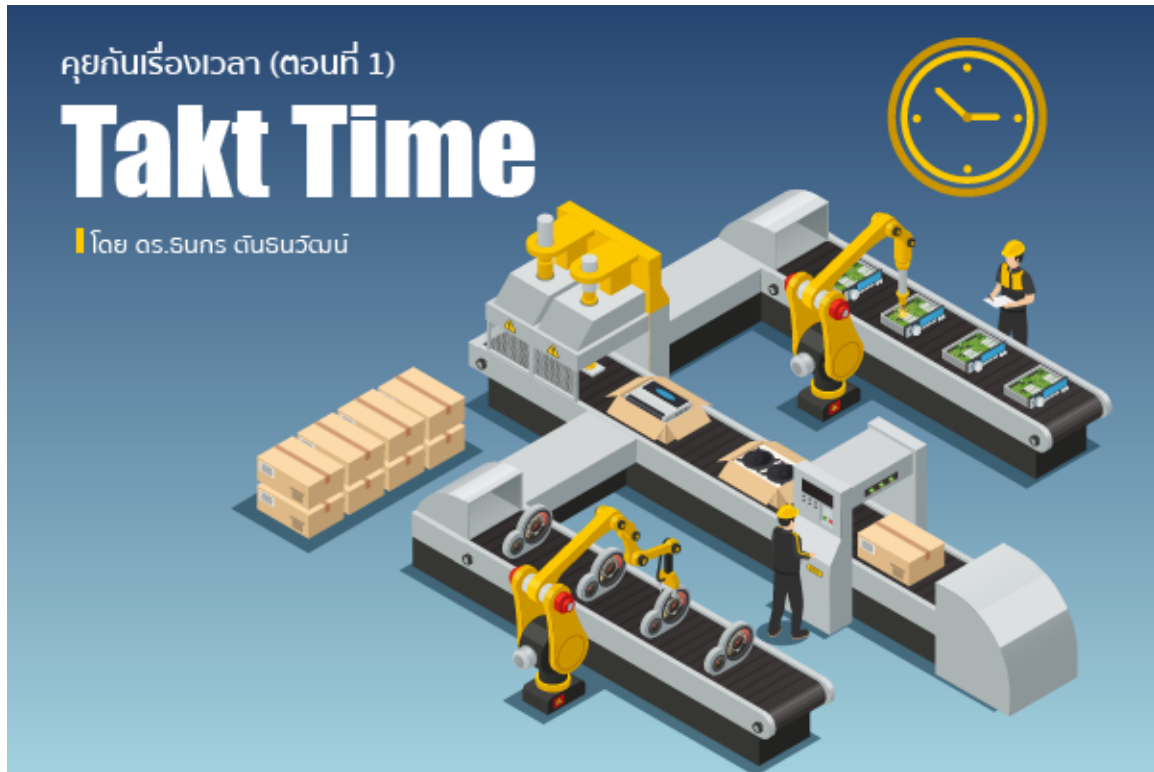




คุยกันเรื่องเวลา (ตอนที่ 1)

Takt Time

โดย ดร.ธนกร ตันธนวัฒน์

คุยกันเรื่องเวลา (ตอนที่ 1): Takt Time

โดย ดร.ธนกร ตันธนวัฒน์

ทีมระบบไซเบอร์-กายภาพ (CPS)

หน่วยทรัพยากรด้านการคำนวณและไซเบอร์-กายภาพ (NCCPI)

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค)

คำนำ

“เวลาเป็นเงินเป็นทอง” เป็นสุภาษิตที่เราคุ้นเคยเป็นอย่างดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเราให้ความสำคัญกับเวลาที่เสียไปกับการทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง หรือกับการไม่ทำกิจกรรมใดๆ เลย ค่อนข้างมาก สำหรับผู้นำแนวคิดลีนไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต (Lean practitioner) เวลาเป็นตัวแปรสำคัญตัวหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ คำศัพท์พื้นฐานเกี่ยวกับเวลาที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาและ วิเคราะห์อยู่เสมอ ได้แก่ Takt time, Cycle time, และ Lead time คำศัพท์เหล่านี้เป็นคำศัพท์พื้นฐานที่ใช้กันในงานวิศวกรรมอุตสาหการ (Industrial engineering) มาเป็นเวลานานแล้ว สำหรับผู้ที่ไม่ได้ สำเร็จการศึกษามา ด้านนี้ หากสืบค้นในอินเทอร์เน็ตก็จะพบบทความ, Blog, หรือ Forum ต่างๆ จำนวนมากที่อธิบายความหมายของคำศัพท์เหล่านี้ รวมทั้งตัวอย่างการคำนวณ

กระบวนการเรียนรู้และทำความเข้าใจ Takt time, Cycle time, และ Lead time ดูเหมือนจะตรงไปตรงมาและไม่มีอะไรซับซ้อน อย่างไรก็ตาม จากการสืบค้นในอินเทอร์เน็ตพบว่า แม้แต่ Lean practitioner ผู้คร่ำหวอดในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ก็มีการให้นิยามความหมายของคำศัพท์เหล่านี้ไม่ชัดเจนหรือแตกต่างกันไป หรือแม้กระทั่งมีความสับสนในความหมายของคำศัพท์เหล่านี้ ดังจะเห็นได้จากบทความ [1], [2], [3], [4], [5], [6] และ [7] จากการสังเกตพบว่ามีบางกรณีที่คำอธิบายจากแหล่งข้อมูลหนึ่งขัดแย้งกับอีกแหล่งข้อมูลหนึ่ง หรือแม้กระทั่งคำอธิบายและตัวอย่างที่ยกขึ้นมาในแหล่งข้อมูลเดียวกันขัดแย้งกันเอง ดังนั้น คำศัพท์ธรรมดาที่เป็นพื้นฐานในการสื่อสารก็น่าจะธรรมดาอย่างที่ดูเหมือนจะเป็น ผู้เขียนจึงได้สืบค้น พยายามทำความเข้าใจ เปรียบเทียบความหมายที่แต่ละคนเข้าใจในคำศัพท์แต่ละคำ และเขียนบทความนี้ขึ้นมา ไม่ใช่เพื่อตัดสินว่าความหมายใดถูกหรือความหมายใดผิด แต่เพื่อให้เห็นว่า ในคำศัพท์แต่ละคำ มีประเด็นใดที่คนส่วนใหญ่เข้าใจตรงกัน และมีประเด็นใดที่หลายคนเข้าใจแตกต่างกัน ทั้งนี้ เพื่อว่าหากมีความเข้าใจที่ไม่ตรงกันระหว่างการสื่อสาร ผู้ส่งสารหรือผู้รับสารจะสามารถชักใช้ไล่เลียงในประเด็นต่างๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกันได้ในที่สุด ซึ่งจะนำมาสู่การทำงานร่วมกันด้วยความเข้าใจ

ความหมายของ Takt Time

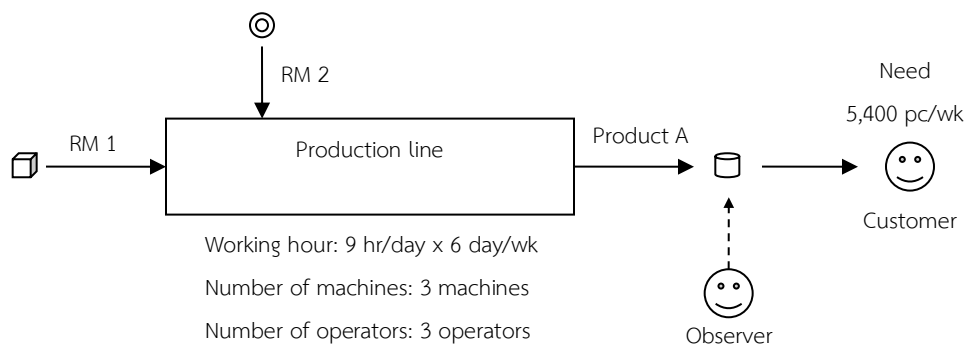
Takt time (T/T หรือ T.T.) เป็นคำที่มีรากศัพท์มาจากภาษาเยอรมัน แปลว่าจังหวะดนตรี ([4], [8], [9], [10], และ [11]) ที่มาที่ไปของคำศัพท์สามารถดูได้ในบทความ [12] และ [13] จากการสืบค้นข้อมูลในอินเทอร์เน็ต แม้ว่าจะมีการกล่าวถึงความสับสนในความหมายระหว่าง Takt time, Cycle time, และ Lead time ที่มีอยู่จำนวนมาก ผู้เขียนพบว่า Takt time เป็นคำที่ผู้อธิบายความหมายในวงการส่วนใหญ่เข้าใจตรงกันมากที่สุด (เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้าใจความหมายของ Cycle time และ Lead time) คือหมายถึง อัตราที่สินค้าต้องถูกผลิตเพื่อให้ทันต่อความต้องการของลูกค้า มีหน่วยเป็น เวลาต่อ

หน่วยสินค้า เช่น 30 วินาทีต่อชิ้น, 5 นาทีต่อกล่อง, 2 ชั่วโมงต่อคัน เป็นต้น การคำนวณ Takt time หาได้จาก:

$$T.T. = [\text{เวลาทำงานปกติสุทธิ}] / [\text{จำนวนสินค้าที่ต้องการ}] \quad (1)$$

ทั้งนี้ เวลาทำงานปกติสุทธิและจำนวนสินค้าที่ต้องการ ต้องพิจารณาบนฐานช่วงเวลาเดียวกัน เช่น ต่อวันเหมือนกัน ต่อสัปดาห์เหมือนกัน หรือต่อเดือนเหมือนกัน เพื่ออธิบายให้เห็นภาพชัดเจนขึ้น พิจารณาดังต่อไปนี้:

ตัวอย่างที่ 1: ลูกค้ามีความต้องการสินค้า A จำนวน 5,400 ชิ้น/สัปดาห์ บริษัทผู้ผลิตรายหนึ่งมีสายการผลิตที่ใช้สำหรับผลิตสินค้า A ซึ่งต้องใช้วัตถุดิบ RM 1 และ RM 2 สายการผลิตดังกล่าวประกอบด้วยเครื่องจักร 3 เครื่อง และ พนักงานในสายการผลิตจำนวน 3 คน บริษัทกำหนดให้พนักงานทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์ วันละ 9 ชั่วโมง ภายใน 9 ชั่วโมงนี้กำหนดให้พักเบรกเพียง 1 ชั่วโมง พักเบรกเข้า 15 นาที และพักเบรกบ่าย 15 นาที แผนภาพกรณีนี้แสดงดังภาพที่ 1 คำถามคือ Takt time (T.T.) ในกรณีนี้มีค่าเป็นเท่าไร



ภาพที่ 1: แผนภาพแสดงการไหลของวัสดุ แผนการผลิตสินค้า และความต้องการของลูกค้า

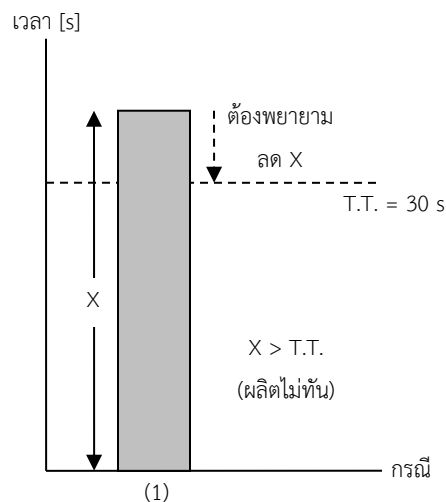
จากข้อมูลที่ได้รับมา Takt time สามารถคำนวณได้โดยการพิจารณาช่วงเวลา 1 สัปดาห์ ซึ่งมีเวลาทำงานปกติสุทธิ (หักเวลาพักเบรก) ที่คำนวณได้ดังนี้:

$$\begin{aligned} [\text{เวลาทำงานปกติสุทธิ}] &= 6 \text{ day/wk} \times (9 \text{ hr} - 1 \text{ hr } 30 \text{ min})/\text{day} \times 3,600 \text{ s/hr} \\ &= 162,000 \text{ s/wk} \end{aligned}$$

จากสมการ (1) Takt time สามารถคำนวณได้จาก:

$$\begin{aligned} T.T. &= [\text{เวลาทำงานปกติสุทธิ}] / [\text{จำนวนสินค้าที่ต้องการ}] \\ &= [162,000 \text{ s/wk}] / [5,400 \text{ pc/wk}] \\ &= 30 \text{ s/pc} \end{aligned}$$

ดังนั้น Takt time ในกรณีนี้มีค่าเป็น 30 วินาที/ชิ้น นั่นหมายความว่า หากมีผู้สังเกตการณ์ไปจับเวลาเพื่อหาช่วงเวลาระหว่างที่สินค้าชิ้นหนึ่งไหลออกมาจนถึงสินค้าชิ้นถัดไปไหลออกมา เรียกค่านี้อาว่า X^1 ถ้า X มีค่าน้อยกว่า T.T. (น้อยกว่า 30 วินาที) แปลว่าสายการผลิตนี้ผลิตสินค้า A ได้เร็วกว่าความต้องการของลูกค้า ถ้า X มีค่ามากกว่า T.T. แปลว่าสายการผลิตนี้ผลิตสินค้า A ได้ช้ากว่าความต้องการของลูกค้า (ผลิตไม่ทันต่อความต้องการ) และถ้า X มีค่าเท่ากับ T.T. แปลว่าสายการผลิตนี้ผลิตสินค้า A ได้พอดีกับความต้องการของลูกค้า แน่นอนว่าในทางปฏิบัติ ค่า X ที่ได้จากการจับเวลาระหว่างแต่ละคู่ของสินค้าที่ไหลออกมามีความผันผวนแตกต่างกันไป อาจเป็น 25 วินาทีบ้าง 29 วินาทีบ้าง ค่าที่ใช้เปรียบเทียบกับ T.T. ก็จะเป็นค่าเฉลี่ยนั่นเอง ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างของกรณีที่สายการผลิตนี้ผลิตสินค้าไม่ทัน ($X > T.T.$) หน้าที่ของ Lean practitioner คือต้องพยายามหาวิธีลด X ให้ลงมาใกล้เคียงกับ T.T. มากที่สุด



ภาพที่ 2: ตัวอย่างกรณีที่สายการผลิตผลิตสินค้าได้ไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า

¹ ในความเป็นจริงมีการนิยามคำศัพท์สำหรับเรียกค่า X แตกต่างกันไป ในที่นี้ ผู้เขียนมีเจตนาไม่ต้องการให้ผู้อ่านยึดติดกับคำศัพท์อื่นใดที่มีการนิยามมาก่อน เพื่อหลีกเลี่ยงการถกเถียงเกี่ยวกับคำศัพท์สำหรับเรียก X และมุ่งเป้าไปที่การทำความเข้าใจ Takt time

จากการคำนวณในตัวอย่างที่ 1 จะเห็นว่าการคำนวณ Takt time ไม่ได้ใช้ข้อมูลจำนวนเครื่องจักรและจำนวนพนักงานในการคำนวณเลย นอกจากนั้น ก็ยังไม่สนใจว่าใช้วัตถุดิบกี่ชนิดหรือตำแหน่งใดที่วัตถุดิบถูกป้อนเข้า เพียงแค่ใช้ข้อมูลความต้องการของลูกค้าและเวลาที่วางแผนทำการผลิตเท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Takt time เป็นตัวเลขที่บ่งชี้ถึง**ความต้องการ** (ในการผลิต) **ไม่ใช่ความสามารถ** (ในการผลิต) บางครั้งจึงมีการใช้คำว่า Customer takt แทน Takt time ([6]) เพื่อเน้นว่าเป็นค่าที่สะท้อนมาจากฝั่งของลูกค้าเป็นหลัก ส่วนความสามารถในการผลิต ซึ่งในตัวอย่างที่ 1 สะท้อนโดย X เป็นอีกตัวเลขหนึ่ง ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับ T.T. เพื่อประเมินว่าสายการผลิตนี้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันหรือไม่ หรือมีการผลิตมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น (Overproduction) หรือไม่ ความแตกต่างระหว่างความสามารถที่เป็นอยู่และความสามารถที่ควรจะเป็น มากน้อยเพียงใด ตัวอย่างการคำนวณอื่นๆทำนองเดียวกันสามารถดูได้ในบทความ [8], [10], [11], และ [14]

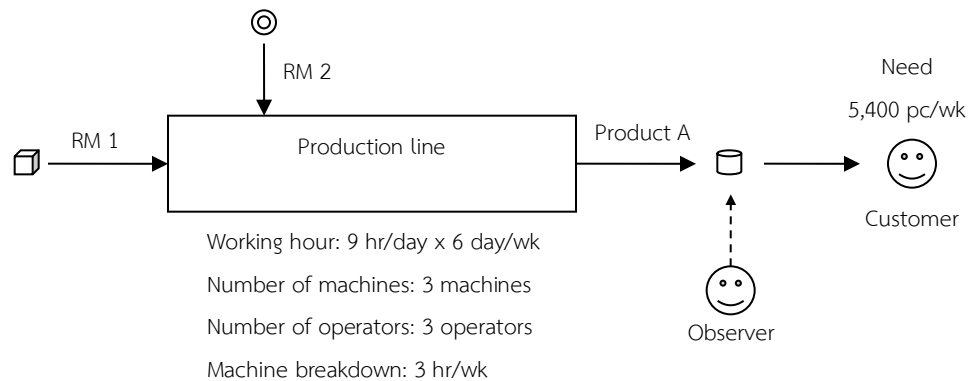
ตัวอย่างที่ 1 เป็นการอธิบายความหมายของ Takt time แบบที่ง่ายที่สุด อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์จริงซึ่งมีรายละเอียดและความซับซ้อนมากกว่านี้ ความหมายของ Takt time สำหรับ Lean practitioner แต่ละคนก็อาจแตกต่างกันไป สถานการณ์ดังกล่าวแบ่งได้เป็นหลายกรณี เช่น กรณีที่มีเวลาสูญเสียนอกจากเวลาพัก กรณีที่มีสถานีขนาน เป็นต้น บทความนี้จะเจาะลึกเฉพาะกรณีแรกเท่านั้น

กรณีที่มีเวลาสูญเสียนอกจากเวลาพัก

จากตัวอย่างที่ 1 การหักเวลาพักเบรกออกจากเวลาที่ใช้คำนวณ Takt time เป็นเรื่องปกติที่ Lean practitioner เข้าใจตรงกันโดยส่วนใหญ่ เพราะเวลาพักเบรกเป็นเวลาที่ได้รับการวางแผนให้ไม่มีการผลิตอยู่แล้ว อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ นอกจากเวลาพักเบรกแล้วยังมีเวลาอื่นๆที่สูญเสียไปอีก เช่น ประชุมบริษัท, เครื่องจักรเสีย, Changeover (Setup เมื่อมีการเปลี่ยนสินค้าที่จะผลิต), บำรุงรักษาเครื่องจักร, Warm-up, Shutdown เป็นต้น ซึ่งพบว่าการหักเวลาสูญเสียเหล่านี้ออกจากเวลาที่ใช้คำนวณ Takt time หรือไม่นั้น มีความเห็นและการปฏิบัติที่แตกต่างกันไป บทความ [7] แนะนำให้**หัก**เวลาหยุดที่ไม่ได้วางแผน (unplanned หรือ unscheduled downtime) ออกไป เช่น เครื่องจักรเสีย เป็นต้น ในขณะที่บทความ [6] แนะนำให้**รวม**เวลาหยุดดังกล่าว รวมทั้ง changeover เข้าไปในเวลาที่ใช้คำนวณ Takt time ด้วย นี่คือการตีความและการคำนวณ Takt time ที่หลากหลายในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน (และตรงกับความเป็นจริง) มากกว่าสถานการณ์อย่างง่ายที่มีไว้สำหรับอธิบายความหมายพื้นฐานของคำว่า Takt time

เพื่ออธิบายให้เห็นภาพชัดเจนขึ้น พิจารณาตัวอย่างที่ 2 ซึ่งยกมาจากตัวอย่างที่ 1 แต่เพิ่มเติมข้อมูลสถิติเครื่องจักรเสียดังนี้:

ตัวอย่างที่ 2: จากข้อมูลสถิติที่ผ่านมาพบว่าเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสินค้า A ในตัวอย่างที่ 1 มีอัตราการเสียและทำให้ต้องหยุดการผลิตโดยเฉลี่ยเป็น 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ ในกรณีนี้ Takt time (T.T.) จะมีค่าเป็นเท่าไร หากคำนวณโดยการหักเวลาเครื่องจักรเสียออกไป



ภาพที่ 3: แผนภาพแสดงการไหลของวัสดุ แผนการผลิตสินค้า และความต้องการของลูกค้า สำหรับกรณีที่สายการผลิตมีการเสียของเครื่องจักรและต้องหยุดการผลิตเป็นครั้งคราว

$$\begin{aligned}
 [\text{อัตราการเสียของเครื่องจักร}] &= 3 \text{ hr/wk} \times 1/6 \text{ wk/day} \\
 &= 1/2 \text{ hr/day} \\
 &= 30 \text{ min/day}
 \end{aligned}$$

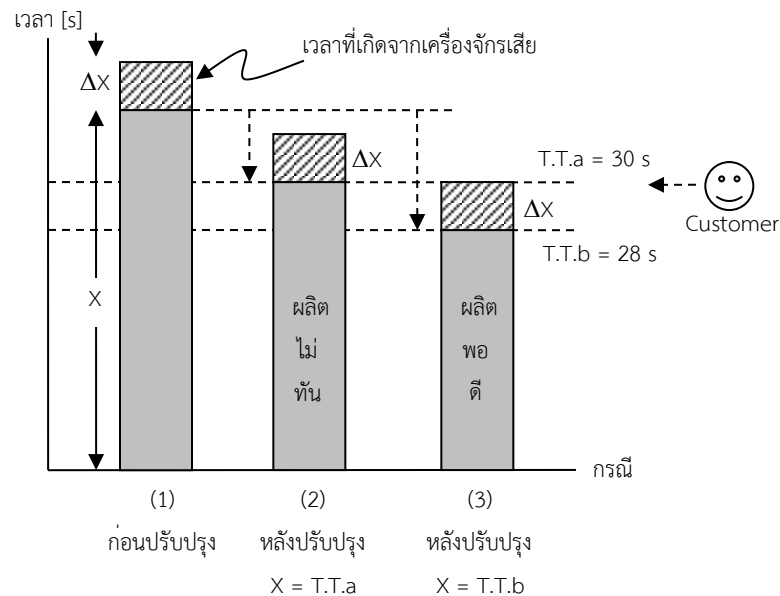
$$\begin{aligned}
 [\text{เวลาทำงานปกติสุทธิ}] &= 6 \text{ day/wk} \times (9 \text{ hr} - 1 \text{ hr } 30 \text{ min} - 30 \text{ min})/\text{day} \times 3,600 \text{ s/hr} \\
 &= 151,200 \text{ s/wk}
 \end{aligned}$$

จากสมการ (1) Takt time สามารถคำนวณได้จาก:

$$\begin{aligned}
 \text{T.T.} &= [\text{เวลาทำงานปกติสุทธิ}] / [\text{จำนวนสินค้าที่ต้องการ}] \\
 &= [151,200 \text{ s/wk}] / [5,400 \text{ pc/wk}] \\
 &= 28 \text{ s/pc}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น Takt time ในกรณีนี้ มีค่าเป็น 28 วินาที/ชิ้น เทียบกับ Takt time ที่ไม่หักเวลาเครื่องจักรเสีย 30 วินาที/ชิ้น เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบายการคำนวณและการใช้งาน Takt time ทั้ง 2 แนวคิด ผู้เขียนเรียก Takt time ที่ไม่มีการหักเวลาหยุดอื่นใดนอกจากเวลาพักเบรกว่า T.T.a และเรียก Takt time ที่มีการหักเวลาหยุดอื่นๆเพิ่มเติมว่า T.T.b

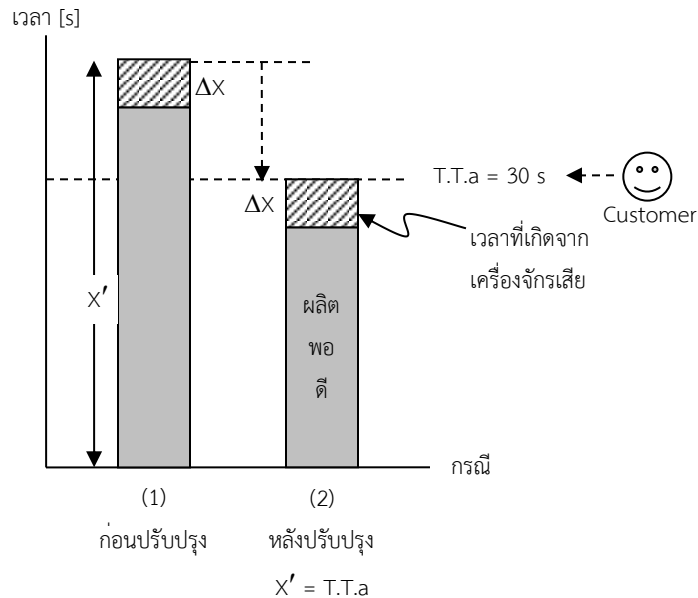
Takt time ทั้ง 2 แนวคิด ในตัวอย่างที่ 1 (T.T.a) และ ตัวอย่างที่ 2 (T.T.b) เกิดจากการคำนวณที่ใช้ตัวเลขความต้องการของลูกค้าเป็นตัวตั้ง ยังไม่ใช่ตัวเลขที่ผลิตได้จริง สมมติว่ามีการเดินสายการผลิตโดยที่เครื่องจักรไม่เสีย และข้อมูลช่วงเวลาระหว่างที่สินค้าชิ้นหนึ่งไหลออกมาจนถึงสินค้าชิ้นถัดไปไหลออกมาพบว่ามีค่าเป็น X (ยกมาจากคำอธิบายภาพที่ 2) นอกจากนั้น ข้อมูลสถิติทำให้สามารถคำนวณเวลาสูญเสียเฉลี่ยต่อชิ้นงานได้เป็น ΔX ความพยายามปรับปรุงสายการผลิตโดยใช้ T.T.a และ T.T.b แสดงได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4: เปรียบเทียบการใช้ค่า T.T.a และ T.T.b โดยมีค่า X เป็นค่าอ้างอิง

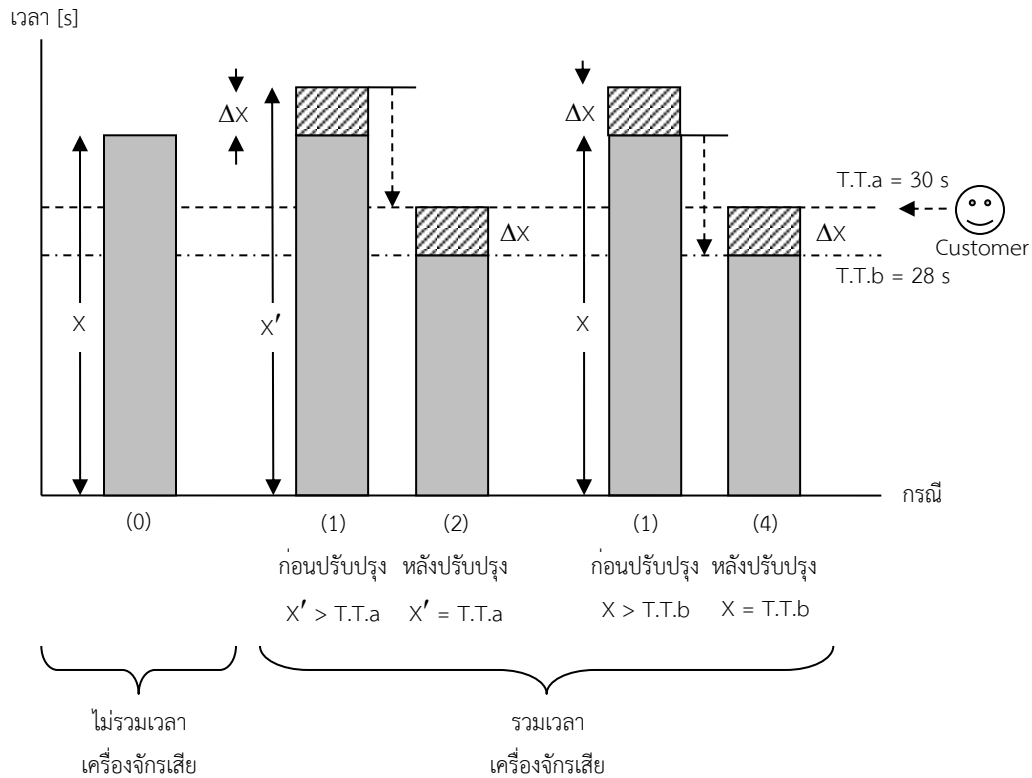
สำหรับ Lean practitioner ที่มอง X (ตัวเลขที่เก็บมาจากสถานการณ์ที่ไม่มีเครื่องจักรเสีย) เป็นตัวถูกขับเคลื่อนให้เข้าใกล้ Takt time หากใช้ T.T.a เป็น Takt time (กรณี 2) แม้ว่าจะปรับปรุงให้ X เท่ากับ Takt time ได้ แต่ก็ยังผลิตไม่ทัน เนื่องจากมีการสูญเสียเวลาจากเครื่องจักรเสีย (ΔX) ที่ยังไม่ได้นำมาคำนวณ แต่หากใช้ T.T.b เป็น Takt time (กรณี 3) ก็จะเป็นการเผื่อเวลาที่สูญเสียจากเครื่องจักรเสียไว้แล้ว ทำให้สามารถผลิตสินค้าได้พอดีกับความต้องการของลูกค้า สำหรับ Lean practitioner ที่มอง X เป็นตัวถูกขับเคลื่อนให้เข้าใกล้ Takt time การใช้ T.T.b เป็น Takt time จึงสมเหตุสมผล

เมื่อย้อนไปดู Lean practitioner ที่ใช้ T.T.a เป็น Takt time ตัวแปรที่ถูกขับเคลื่อนให้เข้าใกล้ Takt time กลับไม่ใช่ X เนื่องจากเป็นที่เข้าใจดีอยู่แล้วว่าค่า X ที่เก็บได้เป็นค่าที่ไม่รวมเวลาสูญเสียอีกหลายอย่าง แต่เป็น X' ซึ่งรวมเวลาสูญเสียเหล่านั้น (ΔX) เข้าไปด้วย มุมมองของการปรับปรุงสายการผลิตโดย Lean practitioner ที่ใช้ T.T.a เป็น Takt time แสดงได้ดังภาพที่ 5



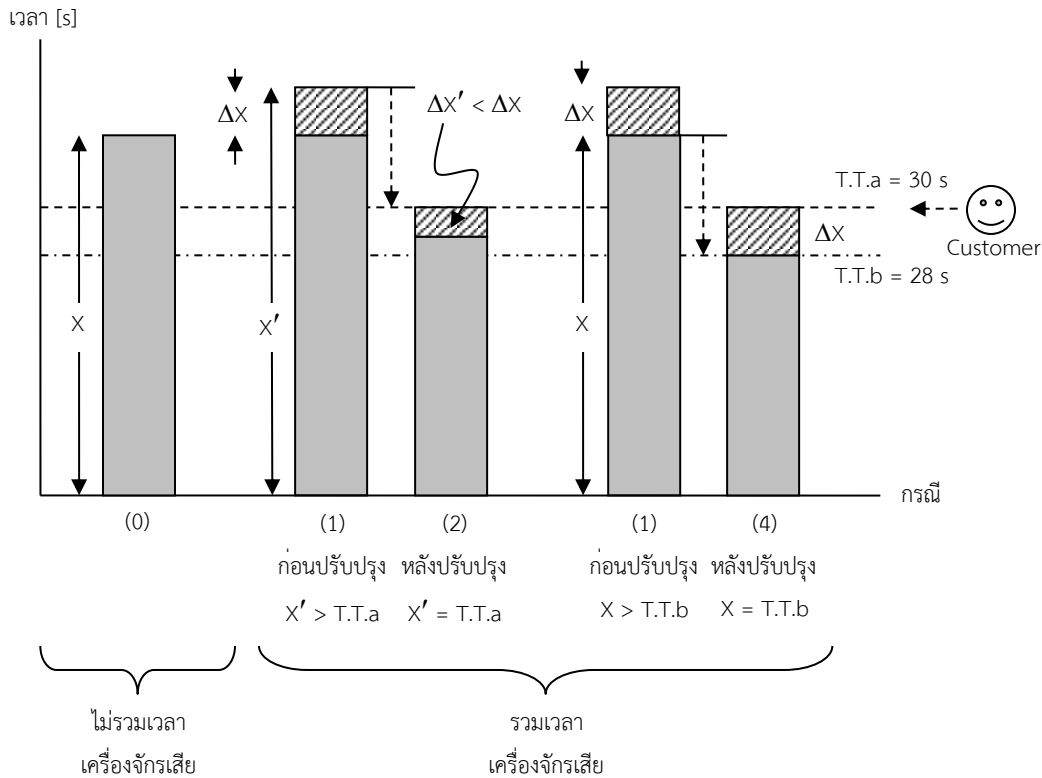
ภาพที่ 5: การใช้ค่า T.T.a ที่มีค่า X' (ไม่ใช่ X) เป็นค่าอ้างอิง

จะเห็นว่า แม้การคำนวณ Takt time ทั้ง 2 แนวทางจะแตกต่างกัน แต่เมื่อนำไปใช้งาน (ด้วยวิธีใช้งานที่ต่างกัน) ทั้งหมดก็มีเป้าหมายเดียวกัน คือทำให้สายการผลิตรายนั้นสามารถผลิตสินค้าได้ทันตามความต้องการของลูกค้าจริงๆ ไม่ใช่ในทางทฤษฎี จุดที่แตกต่างของทั้ง 2 แนวทางคือจะนำตัวเลขส่วนที่เป็นเวลาสูญเสีย (ΔX) ไปฝากไว้ที่ตัวแปรใด ระหว่าง (1) ฝากไว้กับตัวแปรที่จะถูกขับเคลื่อนเข้าหา Takt time (คือฝากไว้ที่ตัวแปร X ได้เป็น X') หรือ (2) ฝากไว้ที่ Takt time (เดิม T.T.a ได้เป็น T.T.b) ภาพที่ 6 เป็นการรวมภาพที่ 4 และ ภาพที่ 5 เพื่อให้เห็นความเหมือนและความต่างของทั้ง 2 แนวทางชัดเจนขึ้น



ภาพที่ 6: เปรียบเทียบการใช้ค่า T.T.a และ T.T.b ซึ่งมีค่าอ้างอิงแตกต่างกัน แต่มุ่งหวังผลลัพธ์เหมือนกัน

ประเด็นที่ผู้เขียนตั้งข้อสังเกตคือ แม้ว่าทั้ง 2 แนวทางในการให้นิยามและใช้งาน Takt time จะมีเป้าหมายร่วมกันและใช้งานได้ทั้งคู่ การปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้ T.T.b เป็น Takt time อาจเป็นการด่วนสรุปไปแล้วว่าการสูญเสียเวลา (ΔX) เดิมมีอยู่เท่าไร หลังปรับปรุงก็จะมีอยู่เท่านั้น ค่าที่ถูกนำมาขับเคลื่อนให้เข้าใกล้ Takt time คือค่า X ซึ่งไม่ได้รวมการสูญเสียเวลา ΔX เข้าไป การพยายามลด X ให้น้อยลง แม้ว่าจะสำเร็จ แต่การสูญเสียเวลา ΔX ก็ยังคงมีอยู่ หากผู้ใช้แนวทางนี้ไม่ได้พิจารณาให้ถี่ถ้วน อาจจะพลาดโอกาสในการลดการสูญเสียเวลา ΔX นี้ไปได้ นอกจากนั้น ในบางครั้งการลด X อาจทำได้ยากกว่าการลด ΔX การใช้ T.T.b เป็น Takt time อาจทำให้การปรับปรุงมีต้นทุนสูงโดยไม่จำเป็น การใช้ T.T.a จึงเป็นการเปิดโอกาสให้ทุกๆ การสูญเสียมาอยู่ภายในกรอบความคิดของการปรับปรุง ตัวอย่างของการปรับปรุงสายการผลิตโดยใช้ T.T.a เป็น Takt time และสามารถลดการสูญเสียจากเดิม ΔX ให้เป็น $\Delta X'$ ได้ มีดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7: การใช้ T.T.a เป็นการนำการสูญเสียที่เกิดขึ้นมาอยู่ในกรอบแนวคิดของการปรับปรุงกระบวนการผลิตตั้งแต่ต้น ส่วนการใช้ T.T.b ผู้ใช้จะต้องตระหนักด้วยตนเองให้ได้ว่ายังมีโอกาสลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้อีก

นอกจากนั้น สำหรับ Lean practitioner หลายท่านที่ใช้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) เป็นตัวชี้วัดความสามารถของสายการผลิต จะทราบดีว่าการสูญเสียนั้นมีหลายรูปแบบ ซึ่งเมื่อรวมกันแล้วควรจะสอดคล้องกับค่า ΔX เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความสับสน Lean practitioner หลายท่านเลือกใช้ T.T.a เป็น Takt time โดยนำเวลาสูญเสียทั้งหมดที่สะท้อนใน OEE ไปรวมไว้ที่เดียวกัน ([1]) คือที่ X ได้เป็น X' บทความ [6] อธิบายว่าการกำหนดนิยามเพื่อคำนวณของ Takt time จะต้องสอดคล้องกับการกำหนดนิยามเพื่อคำนวณ OEE

ข้อมูลอ้างอิง

- [1] <https://www.mudamasters.com/en/lean-toolbox-lean-production-lean-transformations/takt-cycle-process-and-lead-time>
- [2] <https://toggl.com/takt-time-cycle-time-lead-time>
- [3] <http://www.theleanthinker.com/2010/04/28/takt-time-cycle-time>

- [4] <https://www.simplilearn.com/time-confusion-cycle-time-takt-time-lead-time-part-1-article>
- [5] <https://stefanroock.wordpress.com/2010/03/02/kanban-definition-of-lead-time-and-cycle-time>
- [6] <https://www.allaboutlean.com/takt-times>
- [7] https://world-class-manufacturing.com/takt_time/takt_time.html
- [8] <https://www.mmthailand.com/การผลิต-กำหนด-takt-time/>
- [9] <http://anapaiwan.blogspot.com>
- [10] <https://www.minterapp.com/takt-time-vs-cycle-time-vs-lead-time>
- [11] <http://www.thaidisplay.com/content-6.html>
- [12] Haghsheno, S., et al., 2016, “History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control,” Proc. 24th Ann. Conf. of the Int’l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, pp. 53-62.
- [13] <https://www.allaboutlean.com/takt-time-pitfalls>
- [14] <https://study.com/academy/lesson/takt-time-formula-calculation.html>