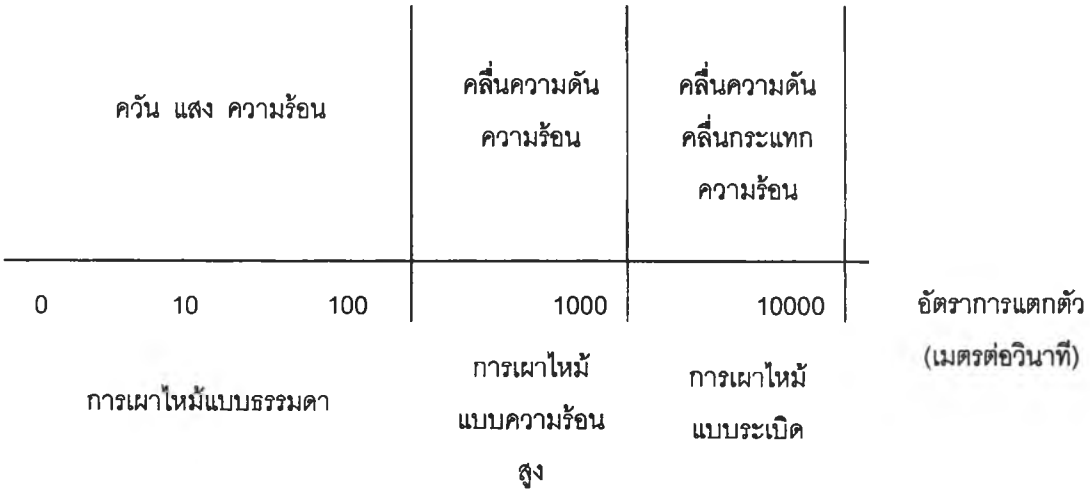
# บทที่ 2
# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

## 2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไพโรเทคนิค

ไพโรเทคนิค (Pyrotechnics) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นโดยนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการทหารหรือเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านความสวยงาม ผลิตภัณฑ์ไพโรเทคนิคนี้จัดเป็นผลิตภัณฑ์ด้านวัตถุหรือสารที่สามารถเกิดระเบิดได้ (Explosible substance) ซึ่งการระเบิดก็คือการที่ระบบหรือตัวผลิตภัณฑ์ปล่อยกาซจำนวนมากภายในระยะเวลาอันสั้นในระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาการแตกตัวทางเคมี (Chemical decomposition) ผลิตภัณฑ์ไพโรเทคนิคนั้นเมื่อนำมาจุดจะเกิดการระเบิดขึ้นพร้อมทั้งปรากฏการณ์อย่างอื่นๆ อีกด้วยเช่น แสง, สว่าง, เสียง, สี, ความร้อนและควัน ซึ่งปรากฏการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายๆ อย่างพร้อมๆ กัน ขึ้นอยู่กับประเภทและวัตถุประสงค์การใช้งาน

ปฏิกิริยาแตกตัวทางเคมี (Chemical decomposition) ของสารต่างๆ แบ่งตามระดับของความรุนแรงจากน้อยไปหามากได้ 3 ระดับ คือ การเผาไหม้ธรรมดา (Combustion) , การเผาไหม้ความร้อนสูง (Deflagration) และการเผาไหม้ที่มีการระเบิด (Detonation) การเผาไหม้แบบธรรมดาเป็นปรากฏการณ์เผาไหม้ธรรมดา แต่การเผาไหม้แบบความร้อนสูงและการเผาไหม้แบบระเบิดเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการระเบิด (Explosive)




รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงการเผาไหม้แบบต่างๆ

2.1.1 **ประเภทของการเผาไหม้**

**2.1.1.1 การเผาไหม้แบบธรรมดา (Combustion)** เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic) ที่ปฏิกิริยาสามารถดำเนินต่อไปได้เอง ความเร็วของการเผาไหม้ที่ผิวหน้าของสารระเบิด (Explosive substance) เป็นไปอย่างช้าๆ ความเร็วอยู่ในช่วงของเมตรต่อวินาที ผลที่เกิดขึ้นคือ ความร้อน , ควัน , แสง และมีช่วงระยะเวลาที่เกิดปรากฏการณ์นาน

**2.1.1.2 การเผาไหม้ความร้อนสูง (Deflagration)** เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic) ที่ปฏิกิริยาสามารถดำเนินต่อไปได้เอง ความเร็วของการเผาไหม้ที่ผิวหน้าของสารระเบิด (Explosive substance) อยู่ในช่วงของเมตรต่อวินาที ถึงหลายร้อยเมตรต่อวินาที ผลที่เกิดขึ้นคือความร้อน และคลื่นความดันขนาด 3,000 – 5,000 บาร์ ช่วงระยะเวลาที่เกิดปรากฏการณ์ประมาณ 1/1,000 วินาที

**2.1.1.3 การเผาไหม้ที่มีการระเบิด (Detonation)** เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic) ที่ปฏิกิริยาสามารถดำเนินต่อไปได้เองจากคลื่นกระแทก (Shock wave) ที่เกิดขึ้น ความเร็วของการเผาไหม้ที่ผิวหน้าของสารระเบิด (Explosive substance) สูงมากอยู่ในช่วงหลายพันเมตรต่อวินาที ผลที่เกิดขึ้นคือคลื่นกระแทกขนาด 250,000 บาร์ ช่วงระยะเวลาที่เกิดปรากฏการณ์ประมาณ 1/10,000 วินาที

2.1.2 **ประเภทของสารระเบิด**

ประเภทของสารระเบิดสามารถแบ่งเป็นประเภทย่อยๆ ได้ 3 ประเภทคือ สารระเบิดแบบแรง (Explosive) , ส่วนผสมดินขับ (Propellant) และ ส่วนผสมไพโรเทคนิค (Pyrotechnics composition)

**2.1.2.1. สารระเบิดแบบแรง (Explosives)** หมายถึงสารซึ่งมีอัตราการแตกตัวแบบที่มีการระเบิด (Detonation) ซึ่งจะแบ่งได้อีกเป็น 2 ชนิดคือ

1) สารระเบิดแบบแรงขั้นที่ 1(Primary explosives) เป็นสารที่มีความไวสูงมากในการจุดตัว จึงถูกใช้เพื่อเป็นตัวเริ่มต้นในการจุดสารระเบิดขั้นที่ 2 หรือสารไพโรเทคนิค สารระเบิดขั้นที่ 1 จะอยู่ในรูปของดินเริ่ม Primer) ที่มีหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานภายนอกที่ไม่เกี่ยวกับไพโรเทคนิคให้เป็นพลังงานของไพโรเทคนิค

2) สารระเบิดแบบแรงขั้นที่ 2 (Secondary explosives) เป็นสารที่มีความไวในการจุดตัวน้อย จึงต้องอาศัยสารระเบิดแบบแรงขั้นที่ 1 ในการจุดตัวเสมอ แต่เมื่อจุดตัวแล้วจะมีความรุนแรงมากกว่าสารระเบิดแบบแรงขั้นที่ 1 มาก การใช้งานของสารระเบิดแบบแรงขั้นที่ 2 จะนำมาใช้ในทางทหารเพื่อบรรจุลงในอาวุธต่างๆ และในทางอุตสาหกรรมเพื่อใช้ในการระเบิดหิน,งานก่อสร้าง ฯลฯ

2.1.2.2. **ส่วนผสมดินขับ** (Propellant) เป็นสารระเบิดที่มีความเร็วในการแตกตัวแบบการเผาไหม้แบบความร้อนสูง(Deflagration)คงที่ ส่วนมากใช้ในอาวุธปืนและจรวดขับเคลื่อน

2.1.2.3 **ส่วนผสมไพโรเทคนิค** (Pyrotechnics composition) จะมีอัตราในการแตกตัวเป็นแบบการเผาไหม้แบบธรรมดา (Combustion) มีอยู่หลายประเภท เช่น ส่วนผสมให้แสงสว่าง (Flare composition) , ส่วนผสมจุดตัว (Ignition composition) ฯลฯ

2.1.3 **ประเภทของผลิตภัณฑ์ไพโรเทคนิค** ผลิตภัณฑ์ไพโรเทคนิคต่างๆ จะถูกแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1.3.1 **ผลิตภัณฑ์ไพโรเทคนิคทางทหาร** เช่น ลูกระเบิดขว้าง , กระสุนสัญญาณควัน ฯลฯ

2.1.3.2 **ผลิตภัณฑ์ไพโรเทคนิคทางพลเรือน** เช่น พลุ , ดอกไม้ไฟ ฯลฯ

2.1.4 **หลักการเคมีเบื้องต้นทางไพโรเทคนิค**

ปฏิกิริยาเคมีของไพโรเทคนิคเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชั่น-รีดักชั่น (Oxido-reduction) ซึ่งเป็นการถ่ายเทอิเลคตรอนระหว่างอะตอม อิเลคตรอนที่แลกเปลี่ยนเรียกว่า อิออน อะตอมที่สูญเสียอิเลคตรอนจะถูกเรียกออกซิไดซ์ อะตอมที่รับอิเลคตรอนจะถูกรีดิวซ์ สสารเริ่มต้นโดยทั่วไปจะมีประจุไฟฟ้าเป็นกลาง

$$\Sigma\oplus = \Sigma\ominus$$

ประจุบวก = ประจุลบ

ตัวอย่างเช่น $Na^{+}Cl^{-}$, $Hg^{2+}O^{2-}$ โดยที่ $Na^{+}$ เรียกว่า ประจุไฟฟ้าบวก และ $Cl^{-}$ เรียกว่า ประจุไฟฟ้าลบ ประจุไฟฟ้าบวกสามารถสูญเสียอิเลคตรอนหนึ่ง สองหรือสามอิเลคตรอนได้โดยง่าย กลายเป็นแอนอิออน (Anions) ส่วนประจุไฟฟ้าลบสามารถรับอิเลคตรอนหนึ่ง สองหรือสามอิเลคตรอนได้โดยง่าย กลายเป็นแคทอิออน (Cations) ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น-รีดักชั่น จะประกอบด้วยปฏิกิริยาดังต่อไปนี้

1) การทรานซิชั่นของโลหะไปเป็นอิออน (Metal oxidation)

$$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e$$

ในปฏิกิริยานี้คอปเปอร์ถูกออกซิไดซ์เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชั่น คือการสูญเสียหนึ่งหรือหลายอิเลคตรอน สารที่สามารถสูญเสียหนึ่งหรือหลายอิเลคตรอนเรียกว่า ตัวรีดิวส์ (Reducing agent) เพราะฉะนั้นโลหะคือตัวรีดิวส์

2) การทรานซิชั่นของอิออนของโลหะ (Reduction of metalic ion)

$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu \longrightarrow$ อะตอมของโลหะทองแดงเกาะบนแผ่นสังกะสี

ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยารีดักชั่น คือการรับหนึ่งหรือหลายอิเลคตรอน สารที่สามารถจับหนึ่งหรือหลายอิเลคตรอนเรียกว่า ตัวออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) สรุปเป็นสมการทางเคมีได้ดังนี้

$$Cu^{2+} + 2e \Leftrightarrow Cu$$

(ตัวออกซิไดซ์ + ne $\Leftrightarrow$ ตัวรีดิวส์)

$Cu^{2+}$ / Cu เรียกว่าคู่ออกซิไดซ์/รีดิวส์ (Oxidizing / reducing couple)

ตัวอย่างของปฏิกิริยาออกซิโดรีดักชั่น

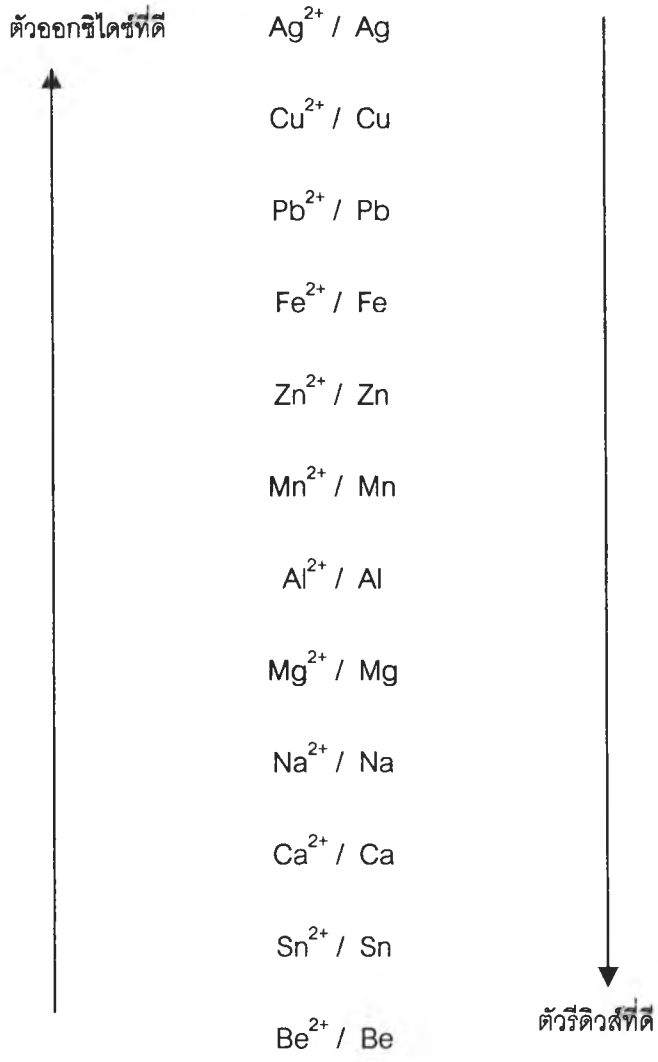
$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$ ปฏิกิริยารีดักชั่น

(ตัวออกซิไดซ์)

$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e$ ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

(ตัวรีดิวส์)

การจัดจำพวกเซลไฟฟ้าเคมี (Electrochemical classification)




ในการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของสารไพโรเทคนิค ต้องทำให้เกิดสมดุลย์ทางเคมีของส่วนผสมไพโรเทคนิค โดยใช้สมการสลายตัวของออกซิไดเซอร์ (1) กับสมการออกซิเดชั่นของรีดิวเซอร์ (2) และคำนวณน้ำหนักของธาตุต่างๆ (Stoichometry) และสมดุลย์ออกซิเจน (oxygen balance) ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาระหว่างแมกนีเซียมกับแบเรียมไนเตรท

(1) $Ba(NO_3)_2 \rightarrow BaO + 5/2\ O_2 + N_2$

(2) $Mg + ½\ O_2 \rightarrow MgO$

(1) + (2) $Ba(NO_3)_2 + 5Mg \rightarrow 5MgO + BaO + N_2$

ออกซิเจนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา = ออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยา

อิทธิพลของคุณสมบัติทางฟิสิกส์-เคมี ที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่

1) ความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) ของส่วนผสม เป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดในไพโรเทคนิค

2) ตัวแปรที่สำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วย

2.1 ขนาด (Granulometry) ขนาดยิ่งเล็กอัตราเร็วของปฏิกิริยายิ่งสูงขึ้นเพราะฉะนั้นสามารถควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาได้โดยเลือกขนาดของสาร ตัวอย่างเช่น ค่าเฉลี่ยขนาดของแมกนีเซียมในส่วนผสมแสงสว่าง อัตราเร็วของปฏิกิริยาตามขนาดเป็นดังนี้

| ขนาด (ไมโครเมตร ,μm) | อัตราเร็วของปฏิกิริยา (ซม./นาที) |
|---|---|
| 450 | 8 |
| 350 | 9 |
| 150 | 15 |
| 110 | 18 |

2.2 พื้นที่ผิวเฉพาะ (Specific surface area) ทรงกลมที่มีรูพรุน หรือสารที่เป็นอสัณฐานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง D จะมีพื้นที่ผิว (Sp) มากกว่าสารที่มีลักษณะเป็นทรงกลมเรียบหรือผลึกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน (Sc)

$$Sp >> Sc$$

เนื่องจากปฏิกิริยาเกิดขึ้นบนพื้นที่ผิวของสาร สารที่มีพื้นที่ผิวเฉพาะมากขึ้นจะมีอัตราเร็วของปฏิกิริยาสูงขึ้น

2.3 ความชื้น (Humidity) การใช้น้ำในไพโรเทคนิคต้องถูกจำกัด การควบคุมอัตราของสารระเหยในวัตถุดิบเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง เพราะฉะนั้นน้ำต้องถูกกำจัดออกไปโดยทำให้แห้ง ถ้าใช้ในการทำให้ส่วนผสมขนาดเล็กลง

2.4 ความบริสุทธิ์ (Purity) วัตถุดิบต้องบริสุทธิ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยทราบชนิดของความบริสุทธิ์ของสาร เช่น ทราบปริมาณของสารไม่บริสุทธิ์ที่มีอยู่ในผงของสารหรือปริมาณสารละลายที่ใช้

ดังนั้นอิทธิพลของของคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี จะสามารถสรุปได้ดังนี้ เมื่อขนาดของสารลดลงอัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เมื่อพื้นที่ผิวเฉพาะเพิ่มขึ้นอัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ความชื้นเพิ่มขึ้นอัตราเร็วของปฏิกิริยาลดลง

2.1.5 **ส่วนผสมไพโรเทคนิค** (Pyrotechnic composition)

ส่วนผสมไพโรเทคนิค ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ สารให้ออกซิเจน (Oxidizer) สารเชื้อเพลิง (Reducer) และสารช่วยในการยึดเกาะ (Binder agent)

2.1.5.1 **สารให้ออกซิเจน** (Oxidizer) ในการเผาไหม้ธรรมดาต้องใช้ออกซิเจนซึ่งได้จากอากาศ แต่ในการเกิดปฏิกิริยาไพโรเทคนิค ปริมาณออกซิเจนจากอากาศอย่างเดียวไม่เพียงพอต้องอาศัยปริมาณออกซิเจนบางส่วนหรือทั้งหมดจากสารให้ออกซิเจนด้วย คุณสมบัติของสารให้ออกซิเจนคือ

1) มีปริมาณออกซิเจนสูงสุด
2) ให้ออกซิเจนได้ง่ายในระหว่างการเผาไหม้ (Combustion)
3) มีความเสถียรที่อุณหภูมิระหว่าง –60 $^{o}$C และ + 60 $^{o}$C
4) ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ
5) ไม่ดูดความชื้นหรือดูดความชื้นเพียงเล็กน้อย เพื่อประโยชน์ในการเก็บ

สารให้ออกซิเจน ที่ใช้กันเป็นหลักได้แก่ โปตัสเซียมไนเตรด ($KNO_3$) , โปตัสเซียมคลอเรต ($KClO_3$) , โปตัสเซียมเปอร์คลอเรต ($KClO_4$) และอัมโมเนียเปอร์คลอเรต ($NH_4ClO_4$)

2.1.5.1.1 **โปตัสเซียมไนเตรด** ($KNO_3$) มีจุดหลอมเหลว 399 $^{o}$C โปตัสเซียมไนเตรด 1 กรัมจะให้กาซออกซิเจน 0.158 กรัม หรือถ้ามีแมกนีเซียม (Mg) หรือซัลเฟอร์ (S) จะให้กาซออกซิเจนมากถึง 0.396 กรัม คุณสมบัติของโปตัสเซียมไนเตรดได้แก่ ให้กาซออกซิเจนที่

อุณหภูมิสูง , ไม่ระเบิดด้วยตัวเอง , ง่ายในการผลิต , ดูดความชื้นเล็กน้อยและผลิตภัณฑ์ที่มีโปตัสเซียมไนเตรดเป็นองค์ประกอบจะมีคุณภาพสูง

2.1.5.1.2 **โปตัสเซียมคลอเรต** ($KClO_3$) มีจุดหลอมเหลว 368 $^{o}C$

โปตัสเซียมคลอเรต 1 กรัมจะให้กาซออกซิเจน 0.392 กรัม ปฏิกิริยาแตกตัวมี 2 สมการ ณ อุณหภูมิ 500 $^{o}C$ และ 600$^{o}C$ คุณสมบัติของโปตัสเซียมคลอเรตได้แก่ ดูดความชื้น , ระเบิดได้ด้วยตัวเอง ถ้ามีประกายไฟ , ทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัส (P) และซัลเฟอร์ (S)

2.1.5.1.3 โปตัสเซียมเปอร์คลอเรต ($KClO_4$) มีจุดหลอมเหลว 570 $^{o}C$

โปตัสเซียมเปอร์คลอเรต 1 กรัมจะให้กาซออกซิเจน 0.462 กรัม คุณสมบัติของโปตัสเซียมเปอร์คลอเรตได้แก่ ให้กาซออกซิเจนสูงมากกว่าโปตัสเซียมไนเตรด , ระเบิดได้ด้วยตัวเองถ้าเกิดประกายไฟ , ทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัส (P) ซัลเฟอร์ (S) และแอนติโมนีไตรซัลเฟอร์ ($Sb\ S_3$)

2.1.5.1.4 อัมโมเนียเปอร์คลอเรต ($NH_4\ ClO_4$) ไม่มีจุดหลอมเหลว

เพราะว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดการแตกตัว (Decomposition) คุณสมบัติของอัมโมเนียเปอร์คลอเรตได้แก่ มีอุณหภูมิที่จะเกิดการแตกตัว (Decomposition temperature) ที่ 260 $^{o}C$ ถึง 360 $^{o}C$ ขึ้นอยู่กับสารเชื้อเพลิงที่ใช้ , มีความไวต่อสารเจือปน และระเบิดถ้าผสมกับโปตัสเซียมคลอเรต ($KClO_3$)

สารให้ออกซิเจนยังมีอีก 2 ชนิด ได้แก่ สารให้ออกซิเจนที่ทำให้เกิดสี (Colour-producing oxidizer) และสารให้ออกซิเจนที่ให้ครอรีน (Chlorine-producing agent)

ในผลิตภัณฑ์ไพโรเทคนิคบางชนิดที่ต้องการผลทางด้านสี จะใช้ประโยชน์จากสารให้ออกซิเจนที่ทำให้เกิดสี หมายความว่าเป็นสารที่เป็นทั้งตัวให้ออกซิเจน และเป็นตัวทำให้เกิดสีได้ในเวลาเดียวกัน สารประเภทนี้ได้แก่เกลือของโลหะเป็นส่วนใหญ่ เมื่อเกลือของโลหะระเบิดกลายเป็นไอ อะตอมจะไปอยู่ในสถานะตื่นตัว (Excited state) และเมื่ออะตอมกลับมาอยู่ในสภาวะปกติ (Ground state) จะปลดปล่อยโฟตอนที่ความยาวคลื่นต่างๆ กันขึ้นกับชนิดของเกลือของโลหะ ทำให้เป็นสีต่างๆ เกลือของโลหะที่ใช้ในการทำให้เกิดสีต่างๆ มีดังนี้

1) สีแดง ได้จาก สตรอนเทียมไนเตรด ($Sr(NO_3)_2$) , สตรอนเทียมคาร์บอเนต ($SrCO_3$ )และสตรอนเทียมออกซาเลต ($SrC_2\ O_4\ H_2\ O$) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้สตรอนเทียมไนเตรด

2) สีเขียว ได้จาก แบเรียมไนเตรด ($Ba(NO_3)_2$) , แบเรียมคาร์บอเนต ($BaCO_3$) และแบเรียมออกซาเลต ($BaC_2O_4H_2O$)

3) สีน้ำเงิน ได้จาก คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)

4) สีเหลือง ได้จาก โซเดียมออกซาเลต ($Na_2C_2O_4$)

5) สีส้ม ได้จาก แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

สารให้ออกซิเจนประเภทสุดท้าย คือสารให้ออกซิเจนที่ให้คลอรีนด้วย ประโยชน์ของสารประเภทนี้คือเป็นแหล่งของคลอรีนในส่วนผสมเพื่อทำหน้าที่ทำให้สีเข้มขึ้น ประโยชน์อีกอย่างคือเป็นแหล่งของคลอรีนช่วยในการยึดเกาะ (Binding agent) เพราะสารยึดเกาะส่วนใหญ่เป็นพวกโมเลกุลออแกนิกที่มีอะตอมของคลอรีน ตัวอย่างของสารให้ออกซิเจนที่ให้คลอรีนด้วย ได้แก่ โพลีเอทิลีนคลอไรด์ และโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC)

2.1.5.2 **สารเชื้อเพลิง (Reducer)** ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิงในขณะที่เกิดการเผาไหม้ สารเชื้อเพลิงมีคุณสมบัติดังนี้

1) สามารถเผาไหม้ได้โดยใช้ออกซิเจนปริมาณน้อยที่สุด

2) ออกซิไดส์ได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับสารให้ออกซิเจนหรือออกซิเจนในอากาศ

3) มีความเสถียรที่อุณหภูมิระหว่าง –60 $^{\circ}C$ และ + 60 $^{\circ}C$

4) ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดต่างๆ

5) ไม่ดูดความชื้น

สารเชื้อเพลิงมี 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่เป็นสารออแกนิก (Orrganic) และชนิดที่เป็นสารอินออแกนิก (Inorganic) สารเชื้อเพลิงที่เป็นสารออแกนิก ได้แก่ แลกโตส (Lactose) ฟรุกโตส (Fructose) แป้ง (Starch) น้ำทัน (Oil) ผงสี (Dyes and pigments) สารชนิดนี้จัดว่าเป็นสารให้ออกซิเจนระดับที่ 2 เนื่องจากให้ออกซิเจนได้ยาก เผาไหม้ได้ยาก และต้องผสมกับสารให้ออกซิเจน เช่น โปตัสเซียมคลอเรต สารเชื้อเพลิงที่เป็นสารอินออแกนิก ได้แก่ ผงโลหะต่างๆ ซึ่งจัดได้ว่าเป็นสารเชื้อเพลิงที่แท้จริง

1) แลกโตส (Lactose) $C_{12}H_{22}O_{11}.H_2O$ น้ำหนักโมเลกุล 360 กรัม จุดหลอมเหลว 222.8 $^{o}C$ ที่อุณหภูมิ 150 $^{o}C$ โมเลกุลของน้ำจะหลุดไป ให้พลังงาน 651 กิโลแคลเลอรีต่อกรัม ใช้ในส่วนผสมให้ความหวาน ข้อควรระวังคือห้ามผสมกับคลอเรตโดยตรงเพราะจะเกิดระเบิดขึ้นได้

2) แป้ง (Starch) $(C_6H_{10}O_5)_6$ น้ำหนักโมเลกุล 162 กรัม ให้พลังงาน 1.55 กิโลแคลเลอรีต่อกรัม ใช้ในส่วนผสมให้ความหวานและดอกไม้ไฟ แป้งเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำในสภาวะที่เป็นกรดจะได้กลูโคส (Glucose)

3) ผงโลหะ (Metal powder) แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่เป็นโลหะจริงๆ (Al,Mg,Zn,Al-Mg,Si-Al,Fe-Si) และประเภทเมทอลลอย์ (Metaloids) เช่น P,S,C

4) อลูมิเนียม (Aluminium) เป็นผงที่ใช้มากในส่วนผสมไพโรเทคนิค ให้พลังงานความร้อนสูงถึง 393 กิโลแคลเลอรีต่อกรัม น้ำหนักอะตอม 26.982 กรัม ความหนาแน่น 2.699 จุดหลอมเหลว 660 $^{o}C$ จุดเดือด 2270 $^{o}C$ ประโยชน์ของอลูมิเนียม คือ มีความเสถียรในอากาศเนื่องจากการก่อตัวเป็นชั้นของ $Al_2O_3$ บนผิวอลูมิเนียม นอกจากนี้ยังมีความเสถียรในน้ำหรือกรดที่อุณหภูมิห้อง ข้อเสียของอลูมิเนียมคือสึกกร่อนได้ง่ายถ้าสัมผัสกับสารอัลคาไลน์ (Alkaline substances) ทำปฏิกิริยากับไนเตรดเที่อมีน้ำอยู่ ดังนั้นจึงไม่ควรใช้อลูมิเนียมร่วมกับโปตัสเซียมไนเตรท

5) แมกนีเซียม (Magnesium) น้ำหนักอะตอม 24.312 กรัม ความหนาแน่น 1.74 จุดหลอมเหลว 650 $^{o}C$ จุดเดือด 1107 $^{o}C$ ประโยชน์ของแมกนีเซียมคือ ระเหยเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอลูมิเนียม ดังนั้นจึงลุกไหม้ได้ง่ายกว่าอลูมิเนียม ให้สีของเปลวไฟได้ เมื่อใช้ร่วมกับสารให้ออกซิเจนเพียงชนิดเดียว เช่น ไนเตรด เป็นลักษณะเฉพาะของแมกนีเซียม ในระหว่างทำปฏิกิริยาถ้าปริมาณออกซิเจนของสารให้ออกซิเจนไม่เพียงพอแมกนีเซียมก็มีความสามารถในการนำเอาออกซิเจนจากอากาศมาใช้ได้ และไม่ทำปฏิกิริยาหรือทำปฏิกิริยาเพียงเล็กน้อยกับเบส ข้อเสียของแมกนีเซียมคือ ให้พลังงานน้อยกว่าอลูมิเนียม ทำปฏิกิริยารุนแรงกับกรดโดยทั่วไปเมื่อมีการใช้แมกนีเซียมจะต้องมีการเคลือบแมกนีเซียมด้วย น้ำมัน , พาราฟิน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


2.1.5.3 **สารช่วยในการยึดเกาะ** (Binders) ประโยชน์ของสารประเภทนี้มีดังนี้คือ

1) ช่วยให้ง่ายในการผลิตส่วนผสมไพโรเทคนิค

2) ช่วยให้อัดส่วนผสมบางชนิดเป็นก้อนได้

3) ลดความไวของส่วนผสมที่มีต่อน้ำ

4) เพิ่มความแข็งแรงของส่วนผสมเมื่ออัดแล้ว

ตัวอย่างของสารช่วยในการยึดเกาะ ได้แก่ กัมอารบิก (Gum arabic) อะคารอยเรซิน (Acaroid resin) แชลแลค (Shellac) เดกตริน (Dextrin) เป็นต้น

1) กัม (Gum) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากยางเหนียวของต้นไม้บางชนิด กัมอารบิก (Gum arabic) ได้จากเมล็ดสีดำ สีแดง หรือสีเหลืองของต้น Australian shrub นำมาผสมกับอัลกอฮอล์ หนทออะซีโตน (Alcohol or acetonf) ใช้ในส่วนผสมให้ควัน หรือใช้ในผลิตภัณฑ์ดอกไม้ไฟ

2) แชลแลค (Shellac) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารไฮโดรคาร์บอน $C1_6H_{24}O_5$ ใช้ผสมกับอัลลอยด์หรืออะซีโตน ใช้ในผลิตภัณฑ?พวกดอกไม้ไฟ

3) น้ำมัน (Oil) ได้จาก 2 แหล่ง คือ จากพืช (Plant) และจากแร่ธาตุ (Mineral) ข้อดีของน้ำมันคือ ไม่ละลายในน้ำจึงช่วยป้องกันส่วนผสมจากความเปียกชื้นได้ดี

4) แป้ง (Starch) $(C_6H_{10}O_5)_6$ เมื่อละลายน้ำจะได้ของเหลวมีลักษณะเหมือนกาว ใช้เพื่อช่วยให้การเผาไหม้คงที่

นอกจากสารให้ออกซิเจน สารเชื้อเพลิง และสารช่วยในการยึดเกาะแล้ว ยังมีสารอื่นๆ อีก คือ สารโมเดอร์เรเตอร์ (Moderator) ช่วยดูดความร้อนในกรณีที่ความร้อนของปฏิกิริยานานเกินไป

2.1.6 **ประเภทของส่วนผสมไพโรเทคนิค** ส่วนผสมไพโรเทคนิค แบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ ได้ดังนี้

1) ส่วนผสมให้แสงสว่าง (Flare composition)

2) ส่วนผสมให้ควัน (Smoke composition)

3) ส่วนผสมช่วยจุดตัว (Ignition composition)

4) ส่วนผสมถ่วงเวลา (Delay composition)

5) ส่วนผสมผลักดัน (Propulsive composition)

6) ส่วนผสมให้เสียง (Sound composition)

2.1.6.1 **ส่วนผสมให้แสงสว่าง** (Flare composition) เงื่อนไขพิเศษของส่วนผสมชนิดนี้ก็คือ

1) ต้องให้พลังงานแสงสว่าง (Lumen/second) สูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และให้พลังงานความร้อนอย่างน้อย 15 กิโลแคลเลอรีต่อกรัม

2) สเปกตรัมของแสงต้องใกล้เคียงกับสเปกตรัมของแสงอาทิตย์

3) ต้องมีสัมประสิทธิ์ของแสงสว่าง (Luminous coefficient) สูง ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิ ปริมาณของอนุภาคของแข็งหรืออนุภาคของเหลว และพื้นที่ของการแผ่ (Radiation surface area)

4) ความเร็วในการเผาไหม้ของส่วนผสมอยู่ในช่วงเป็นมิลลิเมตรต่อวินาที

แสงสว่างเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแข็งหรือของเหลวที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า 2000 $^{o}$C) และการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนชั้นนอกสุด การเตรียมส่วนผสมให้แสงสว่าง ต้องเลือกสารให้ออกซิเจน (Oxidizer) และสารเชื้อเพลิง (Reducer) ให้เหมาะสม ส่วนประกอบอื่นๆ ควรไม่เกิน 10-15 %

การเลือกสารให้ออกซิเจน มีหลักการอยู่ 2 ข้อคือ เลือกสารที่ต้องการพลังงานน้อยที่สุดในการทำให้แตกตัวและเลือกเกลือของโลหะที่มีออกซิเจนมาก

การเลือกสารเชื้อเพลิง มีหลักการอยู่ 3 ข้อคือ เลือกสารเชื้อเพลิงที่ให้พลังงานความร้อนมากที่สุด โดยทั่วไปควรมากกว่า 2 กิโลแคลเลอรีต่อกรัม , เลือกสารเชื้อเพลิงที่ทำให้อุณหภูมิสูงเพื่อให้มีแต่อนุภาคของของแข็งและอนุภาคของของเหลวเท่านั้น ทำให้เห็นแสงสว่างได้ดีกว่า

อนุภาคของกาซ อุณหภูมิควรสูงกว่า 2000 $^{o}$C และเลือกสารเชื้อเพลิงที่ให้ผลของความร้อน (Thermal effect) มากที่สุด

2.1.6.2 **ส่วนผสมให้ควัน** (Smoke composition) ส่วนผสมชนิดนี้จะให้ควันออกมาเป็นจำนวนมากภายในระยะเวลาหนึ่ง การพิจารณาว่าลักษณะของควันดีหรือไม่ดูจากความหนาแน่นของควัน (Smoke density) ไม่มีเปลวไฟติดกับควัน มีเถ้า (Slag) ที่เกิดจากการเผาไหม้น้อย และน้ำหนักมาก การเตรียมส่วนผสมให้ควันมี 2 แบบ คือ แบบที่มีสารที่ทำให้เกิดควันอยู่แล้ว กับแบบที่ไม่มีสารที่ทำให้เกิดควันอยู่แต่จะมีน้อยเมื่อเกิดการเผาไหม้

2.1.6.3 **ส่วนผสมช่วยในการจุดตัว** (Ignition composition) มีจุดประสงค์เพื่อทำให้ส่วนผสมไพโรเทคนิคลุกติดไฟได้ ลักษณะที่ต้องคำนึงถึงของส่วนผสมช่วยในการจุดตัวคือต้องช่วยในการติดไฟภายใต้ความร้อนต่ำ การเตรียมส่วนผสมช่วยจุดตัวมีหลักการดังนี้

1) ใช้สารให้ออกซิเจนที่ปล่อยออกซิเจนได้ง่าย เช่น เปอร์มังกาเนต คลอเรต เป็นต้น

2) ใช้สารเชื้อเพลิงที่ถูกออกซิไดส์ได้ง่าย เช่น ถ่าน แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ เป็นต้น

2.1.6.4 **ส่วนผสมถ่วงเวลา** (Delay composition) มีจุดประสงค์เพื่อให้มีช่วงเวลาระหว่างการจุดตัวและผลที่ต้องการให้เกิดขึ้น ส่วนผสมถ่วงเวลาแบบเก่าที่สุดใช้การอัดดินดำลงในท่อกระดาษ กฎที่ต้องคำนึงถึงของส่วนผสมถ่วงเวลาได้แก่

1) ส่วนผสมที่มีอัตราการเผาไหม้เร็วจะให้ความร้อนสูงด้วย

2) อัตราการเผาไหม้และความไวของการจุดตัวขึ้นกับชนิดของสารให้ออกซิเจนที่ใช้

3) คุณภาพ ขนาดอนุภาคของส่วนผสม สารเจือปน มีผลโดยตรงกับความคงที่ของเวลาถ่วง

หลักการที่ต้องใช้ในการออกแบบหรือเตรียมส่วนผสมถ่วงเวลา

1) ถ้าจะเพิ่มอัตราการเผาไหม้ให้สูงขึ้น ให้ใช้สัดส่วนของสารเชื้อเพลิงที่มีน้ำหนักอะตอมสูงๆ

2) ถ้าจะลดอัตราการเผาไหม้ ต้องลดความร้อนที่เกิดขึ้นโดยใช้สารเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนน้อย หรืออาจใส่ฉนวนป้องกันความร้อนลงไป

3) นอกจากนี้ยังมีข้อควรคำนึงถึงเวลาเตรียมส่วนผสม เช่น ขนาดของอนุภาคส่วนผสม ขนาดและคุณลักษณะของสารเจือปน วิธีการอัดส่วนผสม การผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และความชื้นขณะผสมและอัดส่วนผสม

2.1.6.5 **ส่วนผสมดินขับ** (Propulsive composition) มีหน้าที่ดันจรวด (rocket) หรือส่วนอื่นๆ ให้เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วสูง โดยมีแรงดันสูงที่ส่วนท้ายของจรวดภายในระยะเวลาที่ต้องการส่วนผสม ดินขับต้องมีคุณลักษณะดังนี้

1) มีความเร็วในการเผาไหม้ที่แน่นอน

2) ให้กาซจำนวนมาก จากการเผาไหม้

3) ให้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้น้อยที่สุด และสามารถถูกขับออกไปได้ง่าย

ส่วนผสมดินขับแบ่งตามหน้าที่ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ส่วนผสมดินขับที่ใช้กับอาวุธและส่วนผสมดินขับที่ทำหน้าที่ขับดัน

1) ส่วนผสมดินขับที่ใช้กับอาวุธ (Propulsive powder for weapons) แบ่งได้เป็นดินดำ (Black powder) และดินขับออแกนิก (Organic propulsive powder)

1.1 ดินดำ (Black powder) ประกอบด้วยโปตัสเซียมไนเตรด ซัลเฟอร์ และถ่าน ปริมาณโปตัสเซียมยิ่งมากจะทำให้ดินดำมีพลังมากขึ้น คุณลักษณะของดินดำคือ ระเบิดรุนแรง , ลุกติดไฟได้ง่ายและลุกติดไฟได้เองที่อุณหภูมิ 410 $^{o}$C , ไวต่อการกระแทกและเสียดสี , ถ้ามีการสะสมเป็นฝุ่นจะเป็นฝุ่นที่เป็นอันตราย และทำให้อาวุธสกปรกหลังใช้งาน

1.2 ดินขับออแกนิก (Organic propulsive powder) ส่วนผสมที่สำคัญคือ ไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) ดินขับประเภทนี้ยังสามารถแบ่งได้อีกเป็น 3 ชนิดคือ ชนิดซิงเกิลเบส (Single base powder) ใช้ในอาวุธทุกขนาด , ชนิดดับเบิลเบส (Double-base powder) ใช้ในอาวุธขนาดใหญ่ และชนิดทริปเปิลเบส (Tripple-base powder) ใช้ในอาวุธทุกขนาด

2) ส่วนผสมดินขับที่ทำหน้าที่ขับดัน (Powder for self-propulsion) แบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ ดินขับที่เป็นของแข็ง (Solid Propulsive) มีความเร็วต่ำกว่า 20 เมตรต่อวินาที , ดินขับที่เป็นของเหลว (Liquid Propulsive) ใช้ในยานอวกาศและจรวด

และสุดท้ายดินขับที่เป็นทั้งของแข็งและเหลว (Hybrid Propulsive) ซึ่งปัจจุบันไม่ได้ใช้แล้ว

2.1.6.6 **ส่วนผสมทำให้เกิดเสียง** (Sound composition) มีจุดประสงค์เพื่อเลียนเสียงอุปกรณ์ทางทหาร เช่น ปืน หรือลูกระเบิด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นการเผาไหม้ความร้อนสูง (Deflagrament) หรือการเผาไหม้ที่มีการระเบิด (Detonation) ซึ่งต้องใช้สารให้ออกซิเจนที่มีพลังสูงจำพวกเปอร์คลอเรตและใช้สารเชื้อเพลิงที่เป็นผงโลหะ

2.1.7 **การวางผังโรงงานไพโรเทคนิค** บริเวณโรงงานไพโรเทคนิคจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือบริเวณเฉื่อยและบริเวณระเบิด

1) บริเวณเฉื่อย (Inert area) หมายถึงส่วนของอาคารสำนักงาน อาคารเก็บผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่ไพโรเทคนิค ,อาคารที่จอดรถ และที่เก็บสารอื่นๆ ที่ไม่ได้เป็นส่วนผสมของสารระเบิด ฯลฯ
2) บริเวณระเบิด (Explosive area) หมายถึงส่วนของอาคารเก็บวัตถุระเบิดและอุปกรณ์ระเบิดที่ใช้ในการแสดงผล (Effect) ของผลิตภัณฑ์ไพโรเทคนิค ห้องผลิต ห้องบรรจุ ฯลฯ

ระยะห่างระหว่างสองอาคารในบริเวณระเบิดและระยะระหว่างอาคารหนึ่งๆ หรืออุปกรณ์ใดๆ ที่ตั้งอยู่นอกอาคารเหล่านั้น จะต้องห่างกันพอควร เพื่อช่วยลดอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับคนงานจากอุบัติเหตุ ถ้าอาคารมีผนังที่พังได้เมื่อถูกแรงระเบิด บริเวณด้านหน้านี้จะต้องไม่มีอาคารใดๆ ตั้งอยู่เลย

## 2.2 ระบบการจัดการการผลิต

**การผลิต** หมายถึง การนำเอาปัจจัยการผลิตต่างๆ มาแปรสภาพเป็นสินค้าหรือบริการซึ่งลักษณะของการผลิตที่มีประสิทธิภาพ ผู้ผลิตควรจะผลิตสินค้าหรือบริการให้ได้ตามคุณลักษณะเฉพาะที่กำหนดในปริมาณที่ต้องการ ภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยให้มีประสิทธิภาพในการผลิตหรือแปลงสภาพสูงที่สุด และเสียต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ดังนั้นเพื่อให้การผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรได้นำหลักการจัดการเข้ามาช่วยเรียกว่าการจัดการหรือการบริหารการผลิต ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ อันได้แก่ การวางแผน การจัดองค์กร การจัดกำลังคน การสั่งการ และการควบคุมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต

**การจัดการ** หมายถึง กระบวนการของการบรรลุถึงผลที่ต้องการ โดยใช้ทรัพยากรขององค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ ธุรกิจและอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักเริ่มต้นมาจากอุตสาหกรรมภายในครอบครัว ซึ่งมีการจัดการดำเนินงานอยู่ในรูปแบบที่ง่าย ไม่ซับซ้อน แต่เมื่อธุรกิจมีการขยายตัวมากขึ้น จากสภาพการแข่งขันทางธุรกิจที่สูงขึ้น องค์กรก็จะมีความซับซ้อนมากขึ้น กิจกรรมต่างๆ ในองค์กรก็จะมีมากขึ้นตามมา ทำให้ผู้บริหารไม่สามารถที่จะจัดการงานได้อย่างทั่วถึง ทั้งนี้เนื่องจากขาดประสบการณ์และความรู้ในการจัดการที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจมีผลทำให้ธุรกิจหรือองค์กรเกิดความล้มเหลว ดังนั้นคุณภาพหรือประสิทธิภาพของการจัดการจึงมีผลอย่างมากต่อความสำเร็จขององค์กร

**การวางแผน** (Planning) หมายถึงกระบวนการในการกำหนดวัตถุประสงค์ขององค์การและการหาวิธีการต่างๆ ที่จะบรรลุวัตถุประสงค์นั้น จุดมุ่งหมายขั้นพื้นฐานของการวางแผนคือการชดเชยความไม่แน่นอนในอนาคต การวางแผนเป็นการวิเคราะห์เหตุการณ์ต่างๆ ทั้งในอดีตและปัจจุบันเพื่อช่วยในการพยากรณ์อนาคต การพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆ ในอนาคต และผลกระทบที่เหตุการณ์เหล่านี้อาจมีผลต่อองค์การ จะทำให้เราหาวิธีการต่างๆ ที่จะทำให้เราบรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่ต้องการได้ง่ายขึ้น วัตถุประสงค์เป็นจุดหมายสุดท้ายหรือเป้าหมายขององค์กร แต่นโยบายคือลู่ทางหรือแนวทางที่ชี้นำการตัดสินใจของพนักงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายขององค์การ

**การจัดองค์การ** (Organizing) เป็นการกำหนดทรัพยากรที่ต้องมี และงานที่ต้องทำเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์การ จัดทรัพยากรและงานเหล่านี้ให้อยู่ในรูปของโครงสร้างองค์การอย่างเป็นทางการ กำหนดอำนาจ หน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งงานต่างๆ เมื่อองค์การมีวัตถุประสงค์ขององค์การ มีการแบ่งงานขององค์การออกเป็นส่วนย่อย มีความสัมพันธ์อย่างเป็นทางการซึ่งระบุอย่างชัดเจนว่างานต่างๆ มีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งงานเหล่านี้ จะต้องไม่เปลี่ยนแปลงบ่อยนัก แม้ว่าผู้ที่ดำรงตำแหน่งนั้นๆ อาจจะต้องเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ในองค์การจะต้องมีอำนาจหน้าที่ (Authority) ถ้าปราศจากอำนาจหน้าที่แล้วการบังคับบัญชาและการประสานงานจะทำได้ยาก

1) ช่วงการบังคับบัญชา (Span of control) หมายถึงจำนวนของผู้ใต้บังคับบัญชาที่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้บบริหารหนึ่งคน ในการจัดองค์การผู้บริหารจะต้องพิจารณาช่วงการบังคับบัญชาที่เหมาะสมสำหรับตำแหน่งหัวหน้าต่างๆ ในองค์การ

2) สายงานหลัก (Line) ได้แก่ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงต่อผลสำเร็จตามเป้าหมายขององค์การ

3) สายงานที่ปรึกษา (Staff) ได้แก่ผู้ที่มีหน้าที่ให้ความช่วยเหลือสายงานหลัก เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้ดี

**การจัดคนเข้าทำงาน** (Staffing) หมายถึง การเสาะหา การคัดเลือก ตลอดจนการฝึกอบรมและพัฒนาพนักงานขององค์การ การจัดคนเข้าทำงานมีความเกี่ยวโยงอย่างใกล้ชิดกับการจัดองค์การ เพราะตำแหน่งงานต่างๆ ในองค์การจะต้องมีตัวบุคคลเข้าไปปฏิบัติงาน หากขาดตัวบุคคล การจะบรรลุวัตถุประสงค์ขององค์การก็จะทำไม่ได้ หากได้ตัวบุคคลที่ไม่เหมาะสมไปอยู่ในตำแหน่งต่างๆ การปฏิบัติงานก็จะไร้ประสิทธิภาพ

**การนำ** (Leading)**หรือการสั่งการ** (Directing) เป็นการใช้ความสามารถชักจูงพนักงานให้ปฏิบัติงานอย่างขยันขันแข็งเพื่อให้องค์การบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การนำเป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อนมาก ปัญหาส่วนใหญ่มักเกี่ยวกับความต้องการและทัศนคติของคน การสั่งการที่ดีควรจะมีลักษณะที่เป็นการสั่งการที่มีรูปแบบเหมาะสม มีความชัดเจน เช่น การจัดทำคำสั่งการให้เป็นลายลักษณ์อักษร ด้วยข้อความที่ชัดเจนว่าเป็นการสั่งการถึงใคร ให้ทำอะไร ทำที่ไหน เมื่อใด และอย่างไร การจัดทำคำสั่งให้เป็นลายลักษณ์อักษรนี้ก็เป็นการป้องกันการหลงลืมคำสั่งการ และใช้ในการตรวจสอบและอ้างอิงถึงการสั่งการได้ทั้งสำหรับผู้สั่งการ และผู้รับคำสั่งการ นอกจากนี้การสั่งการควรจะเป็นรูปแบบของการสื่อสารแบบสองทาง คือ มีการเปิดโอกาสให้ผู้รับคำสั่งการได้ซักถามให้เกิดความเข้าใจคำสั่งการนั้น

**การควบคุม** (Controlling) หมายถึงกระบวนการในการกำกับและติดตามการปฏิบัติงานเพื่อให้แน่ใจหรือมั่นใจว่าการปฏิบัติงานนั้นถูกต้องตามแผนงานนที่กำหนดไว้ หรือได้มาตรฐานตามที่กำหนด ระบบการควบคุมที่ดีจะสามารถควบคุมในสิ่งที่สำคัญได้จริงๆ ได้ ผลการตรวจวัดถึงมือผู้ที่เกี่ยวข้องทันเวลา ประโยชน์ที่ได้รับต้องมากกว่าการลงทุนสำหรับการควบคุม และการรายงานต้องมีผลความถูกต้องและเป็นที่ยอมรับของพนักงาน และการควบคุมยังเป็นกระบวนการในการตรวจสอบกิจกรรมต่างๆ ในองค์การว่าเป็นไปตามที่วางไว้หรือไม่ หากไม่เป็นไปตามที่คาดหมายไว้ ก็มีมาตรการแก้ไขเพื่อให้องค์การสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ การควบคุมจึงเป็นสิ่งที่ควบคู่กับการวางแผนเสมอ

1) **การควบคุมคุณภาพ** การควบคุมคุณภาพของงาน เป็นกิจกรรมในการจัดระบบที่มีประสิทธิภาพในการรวบรวมและเสริมสร้างการพัฒนาคุณภาพ เป็นการรักษาระดับของคุณภาพและเป็นความพยายามในการปรับปรุงคุณภาพในการดำเนินงาน เพื่อที่จะให้องค์กรนั้นๆ สามารถผลิตผลผลิตได้อย่างประหยัด คุ้มค่า และมีคุณภาพเป็นที่พอใจของลูกค้า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ การกระทำใดๆ อันเป็นการตรวจตรา ควบคุมให้ผลผลิตของงานที่ออกมาถูกต้องตามกฎเกณฑ์มาตรฐาน และความพยายามที่จะยกมาตรฐานให้สูงขึ้นจนเป็นที่พอใจของฝ่ายบริหารและลูกค้า

โดยทั่วไปการควบคุมคุณภาพในงานอุตสาหกรรมจะมีความมุ่งหมายดังนี้คือ

1. เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตให้ดีขึ้น
2. เพื่อปรับปรุงรูปแบบของผลผลิตให้ดีขึ้น
3. เพื่อลดต้นทุนในการผลิต
4. เพื่อลดความสูญเปล่าในการทำงาน
5. เพื่อลดความล่าช้าในการดำเนินงานของแต่ละสายงาน

2) **การควบคุมปริมาณการผลิต** เป็นกิจกรรมที่ทำเพื่อตรวจสอบดูว่าการดำเนินการผลิตสามารถทำการผลิตได้ตามแผน คือสามารถผลิตให้ได้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดและกระบวนการผลิตดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าปริมาณการผลิตที่เป็นมาตรฐานด้านปริมาณการผลิตที่กำหนดไว้ ก็ให้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3) **การควบคุมวิธีการปฏิบัติงาน** เป็นกิจกรรมที่ทำขึ้นเพื่อติดตามผลตรวจสอบวิธีการปฏิบัติงานของคนงาน ให้เป็นไปอย่างถูกต้องตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการปฏิบัติงาน ซึ่งอาจแสดงไว้ในรูปของคำบรรยายลักษณะงานของแต่ละตำแหน่งงาน การควบคุมวิธีการปฏิบัติงานนี้จะกระทำได้โดยผู้บริหารหรือหัวหน้างานในสายงานนั้นๆ และผลจากการควบคุมวิธีการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพจะสามารถทำให้ผู้บริหารได้ทราบถึงความเหมาะสมของมาตรฐานการปฏิบัติงาน พฤติกรรมในการปฏิบัติงานของคนงาน ปัญหา อุปสรรค ข้อขัดข้องต่างๆ ที่จะให้มีการแก้ไขพัฒนาวิธีการปฏิบัติงานต่อไป ส่งผลให้สามารถยกระดับการดำเนินงานทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณการผลิตให้สูงขึ้นได้ และมีส่วนในการช่วยลดอุบัติเหตุในการปฏิบัติงานได้อีกด้วย

## 2.3 ขั้นตอนการพัฒนาดัชนีชี้วัดผลสำเร็จ

ขั้นตอนในการพัฒนาดัชนีชี้วัดผลสำเร็จจะประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอนด้วยกัน ดังตารางที่ 2.1 ซึ่งองค์กรโดยทั่วๆ ไปจะเริ่มต้นขบวนการพัฒนาในขั้นตอนที่ 4 เลย คือการกำหนดปัจจัยวิกฤติแห่งความสำเร็จขององค์กร แต่อย่างไรก็ตามขั้นตอนบางขั้นตอนที่จำเป็นที่จะต้องดำเนินการก่อนการเริ่มต้นในขั้นตอนที่ 4 คือช่วงที่เรียกว่าช่วงเริ่มต้น เพื่อทำความเข้าใจในกระบวนการอย่างถูกต้องในองค์กร

ในช่วงการก่อตั้ง จะเกี่ยวข้องกับการคัดเลือกทีมที่จะทำการวัด และช่วงการทดลองจะเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในการบันทึกผลของการวัด และการวิเคราะห์ความหมายของค่าดัชนี ในช่วงสุดท้ายจะเกี่ยวข้องกับการทบทวน KPIs ที่กำหนดขึ้นมา

### 2.3.1 การกำหนดการพัฒนา KPIs และกลยุทธ์ในการปรับปรุงองค์กร

ขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดความต้องการในการนำ KPIs มาใช้ ควรมีการบันทึกจุดมุ่งหมายของการใช้กระบวนการ KPIs และยิ่งไปกว่านั้นควรมีการพิจารณาถึงระดับขององค์กรในการเริ่มต้นใช้กระบวนการพัฒนา KPIs

กลยุทธ์ต่างๆ ที่จะนำมาซึ่งความสำเร็จขององค์กรนั้นจะได้มาจากผู้บริหาร พนักงาน ลูกค้าหรือผู้รับจ้างช่วง สิ่งเหล่านี้ล้วนมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการได้มาซึ่ง การประยุกต์ใช้ KPIs เพื่อทำการปรับปรุงองค์กร สิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการ KPIs ก็คือ ความมีส่วนร่วมของพนักงาน ซึ่งจะต้องระลึกอยู่เสมอว่า

1) พนักงานจะต้องเป็นผู้บริหารการวัดด้วยตนเอง

2) KPIs ที่ไม่ได้มาจากหน่วยงานหรือไม่ได้รับการยอมรับจากหน่วยงานจะส่งผลให้ความสามารถในการปรับปรุงองค์กรไม่ดีเท่าที่ควร

3) วิธีที่ดีที่สุดที่จะทำให้พนักงานยอมรับกระบวนการ KPIs ก็คือการให้พนักงานมีส่วนร่วมในกระบวนการนี้ด้วย

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอน 8 ขั้นตอนสำหรับการพัฒนาและการใช้ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จ

| Initiate | Build | Implement | Review |
|---|---|---|---|
| 1. Align KPI development with other change and improvement strategies<br>2. Explain the purpose of the development and used of KPIs<br>3. Establish an agreed process for KPI development and use | 4. Identify critical success factors for the organization<br>5. Teams select KPIs | 6. Develop display , reporting and review frameworks at all levels<br>7. Facilitate the use of KPIs to assist performmance improvement (Best Practice) | 8. Refine and modify KPIs to maintain their relevance |

กระบวนการในการกำหนด KPIs คือการพิจารณาในสิ่งสำคัญที่จะทำการวัดเพื่อทำการตรวจสอบหรือทบทวนในองค์กร มีแนวทางสำหรับกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติหลายแนวทาง ซึ่งไม่เป็นการยากในการที่จะบรรลุถึงกระบวนการ KPIs อย่างไรก็ตามจุดเริ่มต้นของกระบวนการจะขึ้นอยู่กับสิ่งที่พิจารณาที่เกี่ยวข้องกับองค์กร และการขยายผลได้

สิ่งแรกในการพิจารณาคือขนาดขององค์กร และระดับของ KPIs ที่ต้องการกำหนดขึ้น ในการกำหนดระดับของ KPIs ที่ต้องการเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจะช่วยลด scope ของ KPIs ที่ทำการคัดเลือกได้ และตรงกับระดับการใช้งานในองค์กรด้วย และเป็นสิ่งที่ง่ายขึ้นสำหรับองค์กรที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลางซึ่งจะทำให้กระบวนการของ KPIs มีความชัดเจนและง่ายต่อการพัฒนา อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญที่สุดในการรวบรวม และพัฒนา KPIs ก็คือกระบวนการในการจัดทำนั่นเอง

<u>แนวทางในการเข้าถึงขั้นตอนที่ 1</u>

1) การพิจารณาขั้นตอนการวัดที่มีทั่วๆ ไป การเข้าถึงการคัดเลือก KPIS โดยใช้ประสบการณ์ในการวัดที่มีอยู่ จะง่ายต่อความเข้าใจถึงกระบวนการ และขั้นตอนในการใช้เพื่อองค์กร มันอาจจะต้องใช้เวลาในการเข้าถึงกระบวนการ ดังนั้นจึง

ควรมีการวางแผนเพื่อให้ทุกคนที่อยู่ในองค์กรมีความเข้าใจกระบวนการ KPIs อย่างถูกต้อง

2) จัดเตรียมการอธิบายถึงความสำคัญของ KPIs ควรมีการจัดหาเหตุผลในการคัดเลือก KPIs เพื่อใช้ในองค์กร เพื่อที่จะสามารถทำความเข้าใจกับทุกคนในองค์กรได้

3) จัดเตรียมการพัฒนา KPIs พึงระลึกไว้เสมอว่า KPIs สามารถเปลี่ยนแปลงวิธีประยุกต์ใช้ได้ตลอดเวลาในองค์กร สิ่งที่สำคัญที่สุดของ KPIs คือ ความยืดหยุ่นในขั้นตอนการใช้งาน ซึ่งไม่จำเป็นที่จะต้องกำหนด KPIs อย่างตายตัว

### 2.3.2 อธิบายจุดมุ่งหมายในการพัฒนา KPI และการใช้ให้แก่พนักงานทุกคน

จุดประสงค์ของการอธิบาย คือ เตรียมความพร้อมของคนสำหรับการปรับเปลี่ยนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ผู้นำการเปลี่ยนแปลงในองค์กรต้อง

1) ทำให้คนในองค์กรเชื่อและยอมรับในการให้ข้อมูลและมีความซื่อสัตย์ต่อข้อมูล

2) ชี้แจงผลการปรับเปลี่ยนนี้ที่จะเกิดในอนาคต

3) สามารถดึงดูดคนที่มีความสนใจในแผนการเปลี่ยนแปลงนี้

4) เป็นบุคคลที่ใส่ใจ การควบคุมในองค์กรที่ยอมรับ และสามารถวัดผลที่ตามมาได้

<u>แนวทางสำหรับการทำให้ขั้นที่ 2 สำเร็จได้</u>

1) แนะนำวิธีการปฏิบัติ แสดงให้เห็นว่าทำได้จริง โดยแสดงให้เห็นผลของการบริหารร่วมกันของพนักงานและหน่วยงาน โดยแนะนำถึงวิธีการปฏิบัติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงกลยุทธและจุดมุ่งหมายในการใช้ KPIs

2) สร้างสถานการณ์สำหรับการเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่า KPIs เป็นส่วนหนึ่งของความคิดริเริ่มในการที่จะยอมรับการผลักดันองค์กร ต้องชี้แจงการผลักดันนี้ให้เข้าใจโดยใช้การเปรียบเทียบข้อมูลจาก Benchmarking ถึงจุดเด่นที่แตกต่างของศักยภาพระหว่างองค์กรตนเองและองค์กรอื่นๆ

3) การแนะนำวิธีปฏิบัติให้กับพนักงานทุกคนได้รับรู้โดยใช้คำพูดที่เข้าใจง่าย สามารถเขียนออกมาได้ วิธีนี้ต้องเข้าใจในการจัดสถานที่งาน ปกติเกี่ยวข้องกับ

ลักษณะของผู้รับฟังและมีจำนวนมากพอสมควร (12-16 คน) ที่อาจจะสามารถให้การตอบรับได้

4) สร้างความใส่ใจใน KPIs โดยการแสดงรูปวาดของสถานที่ทำงานในอนาคต 2-3 ปีข้างหน้าว่าจะเป็นแบบนี้ และ KPIs เป็นตัวสำคัญในการช่วยให้เป็นแบบนี้ได้ เราต้องทำให้เกิดความสนใจและดึงดูดให้คนอื่นๆ เสนอแนวความคิดใหม่ๆ ของตนเองสำหรับงานที่จะทำ เริ่มจากทำให้พวกเขาไว้ใจในตัวผู้นำที่มุ่งมั่นตั้งใจในงานที่ทำของเขาก่อน

5) รายละเอียดในกระบวนการการพัฒนาและใช้ KPIs 6 ขั้นตอนต่อไปในประกาศ ชี้ให้เห็นถึงหน้าที่หลักสำหรับพนักงานและมีกำหนดเวลาในกระบวนการที่เสร็จสมบูรณ์ ซึ่งเวลาที่กำหนดนี้จะทำให้เกิดการกระตุ้นให้ทำงานจริงจัง ในประกาศต้องแสดงระเบียบที่จำเป็นและวิธีปฏิบัติ

### 2.3.3 ตั้งกระบวนการยอมรับสำหรับพัฒนาและการใช้ KPIs

KPIs ที่นำมาใช้นี้มีผลกระทบต่อการยอมรับที่เกิดขึ้นภายในระดับต่างๆ ในองค์กร ดังนั้นความเต็มใจที่ใช้ข้อมูลเพื่อปรับปรุงศักยภาพ จุดประสงค์หลักที่ต้องการที่จะประสบความสำเร็จในการนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการคือ

1) KPIs ที่พัฒนาขั้นสุดท้าย ต้องมาจากการรวบรวมจากทุกๆ ระดับในองค์กร จากกลุ่มทำงาน กลุ่มในแผนก และกลุ่มย่อยๆ และทั้งหมดในองค์กร

2) การพัฒนา KPIs ต้องเข้าใจส่วนรวมของ holistic สำหรับความสำเร็จของการปฏิบัติที่ดีที่สุดโดยถือว่าการมีส่วนร่วมและให้อำนาจหน้าที่เป็นสำคัญ

<u>แนวทางสำหรับความสำเร็จในขั้นตอนที่ 3</u>

1) พิจารณาการยอมรับ กระบวนการยอมรับและการวางแผนสำหรับใช้ KPIs ควรจะถูกพัฒนาและควบคุมโดยหน่วยงานที่ให้คำแนะนำที่เหมาะสมในองค์กร ไม่ว่ารูปแบบของคำแนะนำที่ได้เลือก การปฏิบัติจะต้องได้รับอนุมัติและประชาสัมพันธ์แผนการใช้ KPIs ให้ทุกคนได้ทราบทั่วกัน การวัดผลสามารถควบคุมการวัดได้ในขั้นนี้ถ้าเป็น KPIs ที่ได้มาจากคำแนะนำหรือคำปรึกษา

2) ความสำเร็จในการพัฒนาศักยภาพจาก KPIs จะมาจากการใช้กลุ่มท้องถิ่นและกลุ่มทำงาน การประยุกต์ใช้ในระดับนี้มีความสำคัญมากกว่าระดับแผนก หรือระดับองค์กร จำไว้ว่า การให้ความเข้าใจแก่พนักงานและเวลาที่ต้องใช้ในการใช้ KPIs ในกลุ่มสำคัญมาก

3) องค์กรของเราอาจจะมีการวัดศักยภาพแบบเก่า หรือที่ไม่ได้เรียกว่า KPIs การวัดแบบเก่านี้อาจทำให้เกิดการสับสนกับกระบวนการพัฒนา KPIs ระดับกลุ่มย่อย ถ้าดีหน่อยมันทำให้แค่เบนความสนใจจากการพัฒนา KPIs ใหม่ ที่แย่กว่านั้นจะทำให้เกิดความขัดแย้งในวัตถุประสงค์ของ KPIs ใหม่ ในบางกรณีการวัดแบบเก่าจะง่ายกว่าการวัดแบบใหม่

4) เมื่อคำแนะนำของเราได้รับการยอมรับ กระบวนการพัฒนาและการใช้ KPIs ให้ทบทวนขั้นตอนและยืนยันอีก จะแสดงหลักการปฏิบัติคือ การร่วมมือกันในการเปลี่ยนแปลง , การให้หน้าที่แก่พนักงาน และทำ KPIs ที่พัฒนาให้สมบูรณ์และปรับปรุงให้ดีขึ้น

### 2.3.4 การกำหนดปัจจัยวิกฤติแห่งความสำเร็จ

การใช้ KPIs สำหรับองค์กรตามแบบอย่างทั่วๆ ไปนั้น KPIs ที่ได้มาจะพิจารณาจากสิ่งที่ควรจะวัด ในความเป็นจริงแล้ว KPIs ที่มีประสิทธิภาพจะต้อง ตั้งเป้าหมายไปที่สภาวะที่องค์กรนั้นๆ เผชิญอยู่ และ KPIs นั้นจะต้องเกี่ยวกับข้อมูลซึ่งสามารถนำมาปรับปรุงกระบวนการเพื่อความก้าวหน้า การจัดทำ KPIs โดยไม่ได้มีการใช้ระบบการสร้างตัววัดใหม่ๆ นั้น จะส่งผลให้เกิดความไม่เหมาะสมกับหน่วยงานในองค์กร การที่มี KPIs มากๆ หรือตัวชี้วัดที่ขัดแย้งกัน จะส่งผลให้การปรับปรุงศักยภาพขององค์กรเป็นไปได้ยาก สิ่งที่สำคัญที่สุดในการใช้ KPIs นั้น การทำปัจจัยที่มีส่วนสำคัญในการประสบความสำเร็จขององค์กรนั้นได้สมบูรณ์ ปัจจัยวิกฤตแห่งความสำเร็จที่เหมาะสมนั้น จะทำให้สามารถกำหนดและรวบรวม KPIs ได้อย่างครบถ้วน KPIs เหล่านี้จะเป็นตัวแสดงให้เห็นถึงค่าการวัด โดยจะมุ่งเน้นความก้าวหน้าและความสำเร็จขององค์กร

การเลือกปัจจัยวิกฤตแห่งความสำเร็จ จะเกิดขึ้นเมื่อมีการทบทวนกลยุทธ์ และกระบวนการวางแผนโดยจะไม่ถูกจำกัดโดยสิ่งเหล่านี้

1) การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ , สังคม ,รัฐศาสตร์ , สภาพแวดล้อมและแนวโน้มของเทคโนโลยี

2) การวิเคราะห์ทางด้านการตลาด ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานขององค์กร และการบ่งชี้แนวโน้มของอนาคต และพัฒนาการ

3) การทบทวนระดับความพึงพอใจของลูกค้าในอนาคต

4) การวิเคราะห์สภานภาพทางการเงินขององค์กร

5) การทบทวนทรัพยากรมนุษย์ขององค์กร

6) การทบทวนความเหมาะสมกับโครงสร้างขององค์กร โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการในการจัดการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องตรงตามความต้องการของลูกค้า

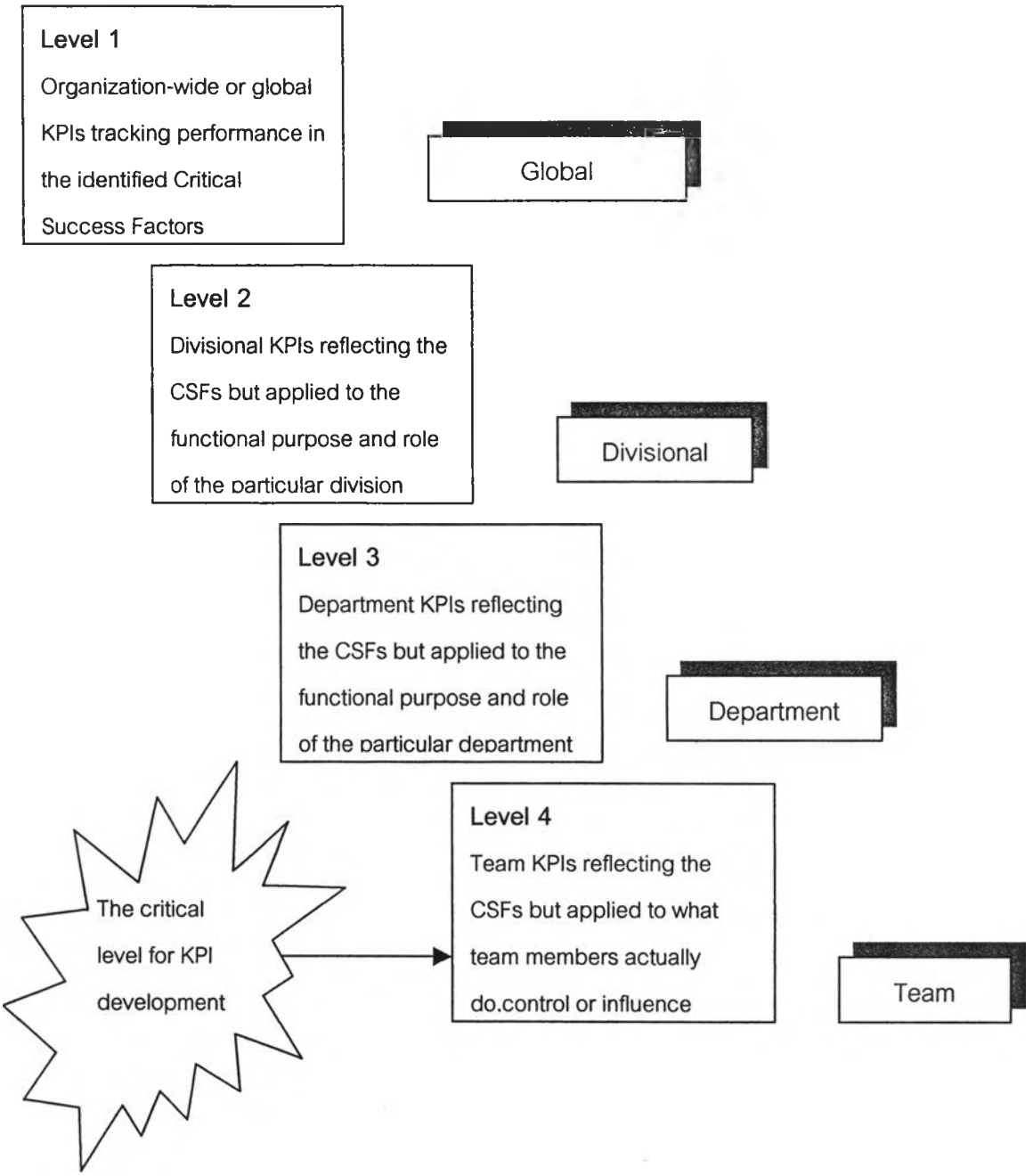
<u>แนวทางในการเข้าถึงขั้นตอนที่ 4</u>

1) ทำการรวบรวมเอกสารทางกลยุทธ์ที่มีอยู่ในองค์กร

2) จัดทำฉบับร่างของปัจจัยวิกฤติแห่งความสำเร็จ แล้วทำการทบทวนกับลูกค้าและพนักงานในองค์กร

3) อธิบายถึงความสำคัญของปัจจัยวิกฤติแห่งความสำเร็จ ให้กับพนักงานและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

### 2.3.5 การเลือก KPIs ในระดับกลุ่มพนักงาน




รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละระดับของ KPIs ในองค์กร

หลักการในการจัดตั้งกลุ่ม KPIs ในระดับกลุ่มพนักงาน คือ การผลิต และบริการของแต่ละกลุ่มพนักงาน การจัดตั้งระบบการวัดที่สมบูรณ์จะต้องพัฒนาตั้งแต่ระดับที่ 1,2,3 เพื่อความแน่นอนในการวัด แต่ถ้าไม่มีการพัฒนาในระดับที่ 4 ก็จะทำให้การพัฒนาเป็นไปได้ยาก

I20395723

<u>แนวทางในการเข้าถึงขั้นตอนที่ 5</u>

1) กลุ่มพนักงานจะเลือก KPIs ในระดับกลุ่มพนักงานเอง โดยการพิจารณาถึงสิ่งที่พวกเข้าได้ทำ และสิ่งที่ทำนั้นจะเกิดผลเกี่ยวข้องกับ ปัจจัยวิกฤตแห่งความสำเร็จขององค์กร ผู้บริหารมีหน้าที่สนับสนุนการสร้างกระบวนการ

2) กระบวนการที่จะนำมาซึ่งการวัดผลนั้นมีความสำคัญ ตัวอย่างเช่น กลุ่มพนักงานที่เกี่ยวข้องกับการบริการในองค์กร มีความต้องการวัดความพอใจของลูกค้า ซึ่งทำโดยการสำรวจ ผลที่ได้จะออกมาเป็นคะแนนการวัดความพอใจของลูกค้า แต่ในความเป็นจริงนั้น กลุ่มพนักงานควรจะรู้ว่า สิ่งที่มีผลต่อการตอบสนองต่อลูกค้านั้น อาจมีผลจากระยะเวลาที่ลูกค้าต้องรอจนถึงการให้บริการ และความถูกต้องแม่นยำในการให้บริการด้วย

3) ในความเป็นจริง กลุ่มพนักงานจะไม่สามารถกำหนด KPIs ที่สมบูรณ์แบบได้ในครั้งแรกครั้งเดียว จะต้องมีการจัดทำหลายๆ ครั้ง ยิ่งไปกว่านั้นควรมีการให้พนักงานในหน่วยงานอื่นๆ ให้มีส่วนเกี่ยวข้องกับ KPIs ที่ได้กำหนดขึ้นด้วย

4) ต้องระลึกเสมอว่ากระบวนการนี้เป็นแค่การทดลอง ไม่สมบูรณ์เสมอไป กระตุ้นพนักงานเกี่ยวกับ KPIs ว่าควรมีการจัดหาข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ , กระตุ้นให้พนักงานมองโลกในแง่ดี , บอกถึงผลตอบแทนที่คุ้มค่าในการทำ KPIs

5) พึงระลึกเสมอว่าจุดมุ่งหมายในการทำ KPIs เพื่อช่วยในการปรับปรุง เพื่อพัฒนาศักยภาพของทั้งองค์กร ดังนั้นทุกคนในองค์กรควรมีส่วนร่วม

6) การกำหนดจำนวนหรือปริมาณของ KPIs จะขึ้นอยู่กับขนาดและความสัมพันธ์ของแต่ละหน่วยงาน

### 2.3.6 การพัฒนาระบบการนำเสนอ, รายงาน และการทบทวน KPIs ในทุกระดับ

การใช้ KPIs ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จะต้องมีการกำหนดวัฏจักรในการปรับปรุงศักยภาพอย่างต่อเนื่อง

Display Framework

Graphic display ของ KPIs จะช่วยให้สามารถมองเห็นถึงกระบวนการพัฒนาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จากการที่ข้อมูลมีอยู่มากมายในสถานที่ทำงาน ถ้ายิ่งสามารถนำมาใช้กับ KPIs ได้มากเท่าไร ผลงานที่ออกมาก็จะสร้างความเข้าใจ และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

กฎพื้นฐานของ Display graphs

- Big (ช่วยให้อ่านง่าย)

- Bold (เพื่อดึงดูดความสนใจ)

- Colorful (เพื่อเน้นเรื่องที่สำคัญ)

คุณสมบัติของกราฟ

- ออกแบบง่าย

- แก้ไขปรับปรุงง่าย

- เข้าใจได้ง่าย

ในทุกระดับขององค์กรที่ใช้ KPIs รวมถึง Team level มีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนารูปแบบรายงานมาตรฐาน ซึ่งคุณกำลังมองหารายงานที่เรียบง่าย , มีความหมายครบถ้วนใน 1 หน้า และสามารถเข้าใจได้ง่าย ผลประโยชน์ที่ได้รับจากรายงานก็คือ ทีมงานจะสามารถมองเห็นแนวโน้มของประสิทธิภาพ และยังสามารถนำไปรายงานและแสดงให้เห็นถึงปัญหาในองค์กรได้อีก ด้วยสิ่งที่สำคัญที่สุดในการใช้ KPIs ก็คือ การทบทวนและทำการปรับปรุงจากผลที่ได้

<u>แนวทางในการเข้าถึงขั้นตอนที่ 6</u>

1) การปรับปรุงศักยภาพโดยใช้ KPIs นั้น จะต้องมีการกำหนดโดยกลุ่มพนักงานหรือผู้ที่มีความเกี่ยวข้อง การกระทำเช่นนี้ พนักงานจะต้องมีความมั่นใจในการเลือก KPIs และทำการวิเคราะห์ด้วยตนเอง ซึ่งจะต้องมีการฝึกอบรมที่เหมาะสม

2) KPIs จะมีประสิทธิภาพได้ ต้องมีการทำเป็นวัฏจักรกระบวนการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง การบรรลุถึงความสำเร็จของ KPIs จะไม่ได้ขึ้นอยู่กับระบบเพียงอย่างเดียว การอบรม การให้ความรับผิดชอบแก่พนักงานในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการ ก็เป็นสิ่งสำคัญเช่นเดียวกัน

3) การนำเสนอด้วยกราฟ จะทำให้เห็นแนวโน้มของข้อมูล ตลอดช่วงเวลาที่มีการเก็บข้อมูล

4) มีการใช้กราฟหลายๆ รูปแบบในการนำเสนอ เช่น กราฟแท่ง , กราฟแสดงแนวโน้ม , กราฟวงกลม ฯลฯ

5) การกระตุ้นกลุ่มพนักงานในการวิเคราะห์กราฟของ KPIs ระบบกลุ่มพนักงานโดยการให้พนักงานแต่ละคนมีหน้าที่รับผิดชอบวิเคราะห์ KPIs ในระดับของตนเอง

6) จากราฟแสดงข้อมูล KPIs ควรมีการทบทวนเพื่อวิเคราะห์ทำการปรับปรุงอยู่อย่างต่อเนื่อง

### 2.3.7 การใช้ KPIs เพื่อการปรับปรุงศักยภาพ และเพื่อความสำเร็จของการใช้งาน KPIs

การรวบรวม KPIs เป็นจุดเริ่มต้นในกระบวนการปรับปรุงศักยภาพขององค์กร ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการวางแผนกลยุทธ์ , การทำ Bench marking และการเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์อีกด้วย ความสำเร็จในการใช้ KPIs สำหรับองค์กรจะรวมถึง กระบวนการปรับปรุงของพนักงาน , การจัดการระบบของกลุ่มพนักงาน , การทำ Bench marking ในระดับองค์กร / แผนก / และกลุ่มพนักงาน , การวางแผนกลยุทธ์และการวางแผนระดับธุรกิจ

แนวทางการเข้าถึงขั้นตอนที่ 7

1) หลังจากที่พนักงานได้มีการกำหนด KPIs ขึ้น และได้มีการพัฒนาระบบการรวบรวม KPIs แล้วนั้น ควรมีการขยายแนวทางการใช้งาน KPIs เช่น การวางแผนกลยุทธ์ , การทำ Bench marking

2) การขยายแนวทางการประยุกต์ใช้ KPIs ควรทำตามหลักการภายใต้คำปรึกษาของผู้มีประสบการณ์

ในความเป็นจริงแล้วไม่ควรที่จะมี KPIs ที่ซับซ้อนภายในองค์กร ดังนั้นจึงควรทำ KPIs ที่ได้ให้เป็นมาตรฐานเพื่อใช้ในองค์กร

### 2.3.8 การปรับเปลี่ยน KPIs

จุดมุ่งหมายของการปรับเปลี่ยน KPIs มันเป็นความต้องการพื้นฐาน สำหรับการคงไว้ซึ่งประโยชน์และประสิทธิผลของ KPIs ทีมสามารถคาดหวังที่จะปรับเปลี่ยน KPIs ของพวกเขาได้เพื่อมห้สามารถดำเนินวัฏจักรการปรับปรุงกระบวนการได้สำเร็จ มันทำให้การดำเนินการปรับปรุงกระบวนการในพื้นที่ถัดไปเป็นไปได้อย่างง่ายดายขึ้น แต่บาง KPIs ควรเก็บรักษาไว้ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จขององค์กร KPIs สำหรับองค์กรจะมีความจำเป็นต้องเปลี่ยน เพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์และปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จใหม่ๆ เมื่อ KPIs ขององค์กรถูกผนวกเข้ากับการวางแผนกลยุทธ์ , สถานการณ์จะสามารถแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของ กระบวนการวางแผนรายปีหรือราย 2 ปี

หลักการในการปรับเปลี่ยน KPIs

งานในขั้นตอนนี้จะสะท้อนถึง หลักการโดยทั่วๆ ไปสำหรับการพัฒนาและใช้ KPIs บุคคลที่มีส่วนในปัจจัยต่อความสำเร็จ สำหรับองค์กรควรเข้าร่วมเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของพวกเขาอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ถ้าเกิดสถานการณ์ที่องค์กรต้องการแนะนำในการพัฒนาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จ (CSFs) ก็ควรที่จะได้รับความร่วมมือ และประกาศให้เข้าใจกันทั่วทั้งองค์กร การประชุมที่เหมาะสมในองค์กร ควรแสดงศูนย์กลางของทีมที่ปรึกษา สำหรับความต้องการทบทวน KPIs ไม่ว่าจะเป็นสถานะของปัจจัยความสำเร็จขององค์กร , ระดับหน่วยงาน , ระดับทีมงาน ควรทบทวนและปรับปรุง KPIs อย่างน้อยปีละครั้ง และจำไว้ว่าค่าใน KPIs แสดงถึงที่มาของประโยชน์เพื่อผลักดันวัฏจักรกระบวนการพัฒนา

แนวทางในการเข้าถึงขั้นตอนที่ 8

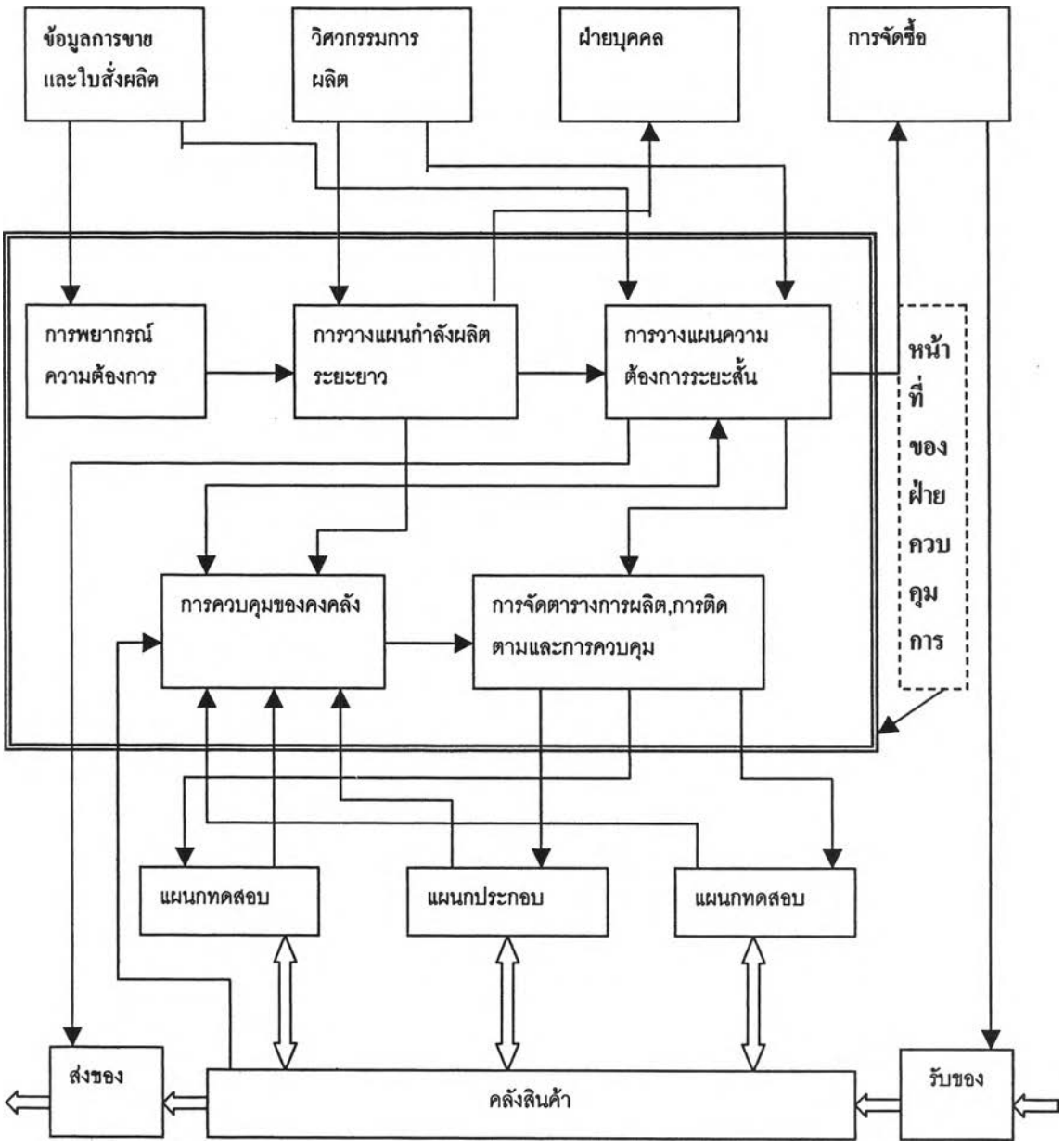
1) ค่าของข้อมูลใน KPIs บางค่าอาจมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 1 ปี ดังนั้นจึงควรมีการทบทวนเป็นประจำทุกปี

2) ต้องมั่นใจว่าลูกค้าที่ทำการสำรวจเพื่อหาปัจจัยวิกฤติแห่งความสำเร็จ นั้นได้มาจากการทบทวนกระบวนการแล้ว

3) KPIS สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ หากความสัมพันธ์ที่มีไม่เหมาะสม

## 2.4 ความสำคัญของระบบรายงานและข้อมูล

การควบคุมงานต่างๆ ของฝ่ายบริหารจะประสบความสำเร็จลงได้นั้น จะต้องอาศัยระบบข้อมูลข่าวสารที่ได้มีการรวบรวมและติดตามจากกิจกรรมของการผลิต ซึ่งจะช่วยชี้ให้มองเห็นปัญหายามเมื่อเหตุการณ์ต่างๆ เกิดขึ้น สามารถดำเนินการตัดสินใจแก้ปัญหาได้ทันเวลาและดำเนินการประสานงานได้อย่างถูกต้อง รูปที่ 2.3 เป็นกรอบซึ่งแสดงการปฏิบัติงานการผลิต แต่ละกรอบภายในรูปที่ 2.3 นี้แสดงหน้าที่ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงานการผลิตทั้งหมด เส้นลูกศรคู่แสดงถึงการไหลของวัสดุที่ผ่านหน่วยงานต่างๆ ภายในโรงงาน สำหรับเส้นลูกศรเดียวจะแสดงความหมายเกี่ยวกับการไหลเวียนของข้อมูลที่จำเป็นต่อการควบคุมการปฏิบัติงาน รูปแบบรายงานต่างๆ ที่จะนำเสนอต่อไปนี้ไม่ได้หมายความว่าเราจะสามารถนำไปใช้ดำเนินการในสภาพของการควบคุมการผลิตทั่วๆ ไปได้ แต่จะแสดงให้เห็นถึงชนิดของข้อมูลที่จำเป็นต่อการตัดสินใจในการควบคุมการผลิตทั่วๆ ไป




รูปที่ 2.3 แสดงการไหลเวียนของวัสดุและข้อมูลในหน่วยงานของระบบการควบคุมการผลิต

### 2.4.1 ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจของฝ่ายควบคุมการผลิต

ในการควบคุมการผลิตนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลที่เกี่ยวกับการดำเนินการผลิตให้กับผู้ที่จะทำการตัดสินใจอย่างพร้อมเพรียง ซึ่งหมายความว่าข้อมูลที่จะต้องถูกรวบรวมจากทุกๆ ส่วนของการดำเนินงานผลิต เช่น ฝ่ายรับของ (Receiving) ฝ่ายส่งของ (Shipping) ฝ่ายคลังสินค้า (Warehousing) ฝ่ายผลิต (Manufacturing) ฝ่ายซ่อมบำรุง (Maintenance) และอื่นๆ ข้อมูล

เหล่านี้ต้องถูกเก็บไว้และจัดให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วางแผน ระบบข้อมูลการควบคุมการผลิตจะมี 2 แบบคือ

1) ข้อมูลป้อนเข้าจากโรงงานผลิต (The Shop Floor Data Input)

2) ข้อมูลที่ออกจากการควบคุมการผลิต (The Production Control Information Output)

2.4.1.1 ข้อมูลป้อนเข้าจากโรงงานผลิต (The Shop Floor Data Input) ความถูกต้องและทันเวลาที่ต้องการใช้ของข้อมูลที่รวบรวมได้จากโรงงานผลิต นับว่ามีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของการผลิตเป็นอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากเครื่องจักรเกิดเสียหายขึ้นมาหรือใช้งานไม่ได้โดยไม่คาดคิดมาก่อนโดยไม่ได้รายงานแจ้งให้ฝ่ายซ่อมบำรุงทราบ จนกระทั่งการทำงานในกะ (shift) สิ้นสุดลง งานต่างๆ ที่จะต้องทำการผลิตบนเครื่องจักรนั้นก็จะต้องรอคอยโดยไม่มีความจำเป็นเลย ในทำนองเดียวกันถ้ามีการเคลื่อนย้ายของคงคลังออกจากคลังสินค้าโดยปราศจากการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของคงคลังในคอมพิวเตอร์ หรือแจ้งให้ฝ่ายผลิตทราบ อาจจะทำให้ผู้ที่มีหน้าที่ในการจัดตารางการผลิตมีความเข้าใจว่ามีของหรือชิ้นส่วนอยู่พร้อมที่จะให้นำไปใช้ได้ ซึ่งอาจจะเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นความเชื่อมั่นในการควบคุมการผลิตจึงขึ้นอยู่กับความถูกต้องและทันเวลาของข้อมูลที่รวบรวมได้จากโรงงาน กิจกรรมต่างๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลเพื่อ

ระบบข้อมูลดังกล่าวนี้จำเป็นที่จะต้องทำให้ครอบคลุมถึงทุกๆ ส่วนของการผลิต ซึ่งรวมถึงคลังสินค้า การซ่อมบำรุง การผลิต การตรวจสอบ การส่งของ การรับของ และฝ่ายสนับสนุนการผลิตที่มีอยู่ทั้งหมด กุญแจที่จะไปสู่ความสำเร็จได้นั่นคือ การรวมกิจกรรมต่างๆ เหล่านั้นเข้าด้วยกันโดยจัดทำในรูปของระบบข้อมูลเครือข่าย (Networked Information System) การออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ของระบบข้อมูลโรงงานที่ถูกต้องอยู่ที่ความสำคัญของการสื่อสารข้อมูลเข้าและออกจากโรงงาน (To and From the Shop Floor) พร้อมๆ กันกับการสื่อสารทั้งเข้าและออกจากฝ่ายวางแผนและควบคุม

สำหรับข้อมูลพื้นฐาน (Primary Input) จากโรงงานที่มีความจำเป็นต่อการควบคุมการผลิตมีดังต่อไปนี้

<u>สถานภาพของทรัพยากร (Resource Status)</u> เช่น คน เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์การตรวจสอบ และอุปกรณ์การขนถ่ายวัสดุ โดยข้อมูลที่ควรทราบมีดังนี้

1) ทรัพยากรที่มีอยู่มีอะไรบ้าง (What Resource Exist)

2) สถานภาพการปฏิบัติงานของทรัพยากรเหล่านั้น (Their Operating Status)

3) ขีดจำกัดหรือกำลังความสามารถของทรัพยากรเหล่านั้น (Their Limitations)

สถานภาพของงาน (Job Status)

1) ใบสั่งงานต่างๆ ที่ดำเนินการอยู่ในตารางการผลิต

2) ขั้นตอนการผลิตของใบสั่งผลิตเหล่านั้น

3) สถานภาพการแล้วเสร็จของงาน

สถานภาพของวัสดุ (Material Status)

1) มีชิ้นส่วนชิ้นใดบ้างอยู่ในโรงงาน

2) จำนวนของชิ้นส่วนต่างๆ ที่อยู่ในคลัง

3) จำนวนชิ้นส่วนที่ต้องจัดสรรให้กับใบสั่งงานที่กำลังดำเนินการอยู่

4) จำนวนชิ้นส่วนที่ได้สั่งไปแล้วและเวลาที่คาดว่าจะมาส่ง

สถานภาพของตารางการผลิต (สำหรับทรัพยากรแต่ละชนิดที่ได้จัดตารางการผลิตไว้แล้ว)

1) ตารางการปฏิบัติงานที่ได้จัดไว้

2) เวลาผลิต (Processing Time) ของแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติงาน

3) เวลาทั้งหมดของการปฏิบัติงานตามตารางการผลิต

4) การจัดลำดับการปฏิบัติงานในปัจจุบัน

5) เวลาที่คาดว่าจะแล้วเสร็จของแต่ละงาน

สถานภาพการเคลื่อนย้ายวัสดุ (Material Move Status)

1) ใบเคลื่อนย้ายที่กำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน

2) ใบเคลื่อนย้ายใดที่มีความเร่งด่วน

สถานภาพการดำเนินงานที่ผ่านมา (Recent Performance Status)

1) เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์จากทรัพยากร

2) เวลาเฉลี่ยงานอยู่ในระบบ

3) มูลค่าปัจจุบันของของคงคลังที่มีอยู่

4) อัตราส่วนโดยเฉลี่ยของเวลาการปฏิบัติงานที่สูงกว่าเวลามาตรฐานของงานต่างๆ

5) เปอร์เซ็นต์ของเสียที่พบจากการตรวจสอบ

6) เวลาโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายวัสดุแต่ละครั้ง

7) อื่นๆ ที่ได้มีการปฏิบัติงานออกนอกขอบเขตการยอมรับ

รายการข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะต้องถูกรวบรวมในสภาพทันเหตุการณ์และเป็นปัจจุบัน (Real Time) ทั้งนี้เพราะว่าหน้าที่พื้นฐานของการผลิตคือ การทำงานโดยใช้ทรัพยากรชนิดต่างๆ การติดตามความก้าวหน้าของงานและทรัพยากรนับว่าเป็นกุญแจสำคัญในการรวบรวมข้อมูล ตัวอย่างของใบแสดงขั้นตอนการผลิตที่ชี้ให้เห็นถึงจำนวนทรัพยากรที่ต้องใช้ รวมทั้งเวลามาตรฐานการทำงานต่างๆ เมื่อการผลิตเปลี่ยนมาเป็นระบบอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น ก็มีความสนใจที่จะพัฒนาวิธีการรวบรวมข้อมูลในลักษณะอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น ความคิดดังกล่าวนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยลดภาระของมนุษย์เท่านั้นยังช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วย ดังนั้นเราจะเห็นได้ว่าการรวบรวมข้อมูลในโรงงานผลิตนั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อความสำเร็จของการดำเนินการการควบคุมการผลิต และในทางกลับกัน การรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การนำเสนอข้อมูลที่มีประโยชน์เป็นอย่างมาก

2.4.1.2. ข้อมูลที่ออกจากการควบคุมการผลิต(Production Control Information Outputs) ผลลัพธ์ที่เป็นข้อมูลข่าวสารจากการควบคุมการผลิตมีอยู่ต่างๆ กันมากมายที่ถูกนำไปใช้ในการผลิต โดยทั่วๆ ไปแล้วผลลัพธ์ที่เป็นข้อมูลข่าวสารจากการควบคุมการผลิตสามารถแบ่งออก

ได้เป็น 3 ประเภทคือ เอกสารที่แสดงให้รู้ว่าทำอะไร เอกสารที่แสดงให้รู้ว่าทำอย่างไร และเอกสารที่รายงานให้รู้ว่าทำได้ดีเพียงไร ระบบข้อมูลการควบคุมการผลิตสามารถที่จะสร้างผลลัพธ์เหล่านี้ได้ โดยใช้มนุษย์หรือคอมพิวเตอร์ สำหรับโรงงานในอนาคตผลลัพธ์เหล่านี้อาจจะให้ไปปรากฏบนจอภาพ (CRT) ได้ตามที่ต้องการ และอาจจะไม่จำเป็นต้องแสดงออกทางเครื่องพิมพ์เลย

ค่าที่เป็นจริงจากการศึกษาผลลัพธ์ที่ออกจากระบบการควบคุมการผลิต จะช่วยให้วิศวกรอุตสาหการหรือผู้บริหารมองเห็นจุดของปัญหาที่เกิดขึ้น เมื่อเกิดเหตุขัดข้องขึ้นกับระบบของการผลิต (Manufacturing System) เช่น สมมติว่ารายงานจากทางบัญชีชี้ให้เห็นว่ามีของคงคลังมากเกินไป หรือการร้องเรียนของพนักงานฝ่ายตลาดเกี่ยวกับการส่งสินค้าไม่ทันตามกำหนด เหตุผลบางประการของปัญหาดังกล่าวนี้ อาจจะเนื่องมาจากการดำเนินการผลิตไม่เป็นไปตามที่คาดหมายไว้ สถานที่หนึ่งที่เราสามารถจะมองหาสัญญาณที่เป็นสาเหตุของการปฏิบัติงานที่ไม่มีประสิทธิภาพได้ดีก็คือ การพิจารณาจากผลลัพธ์ที่เป็นข้อมูลจากการควบคุมการผลิต อีกทางหนึ่งอาจจะมองหาจากการเพิ่มขึ้นของใบสั่งงานในงานซ่อมบำรุง หรือใบเคลื่อนย้ายวัสดุที่ต้องใช้เวลารอคอยเป็นเวลานาน อีกทางหนึ่งอาจจะมองจากการเปรียบเทียบระหว่างระดับของคงคลังที่มีอยู่จริงกับระดับของคงคลังจากรายงานที่ได้รับ หรืออาจจะมองจากการรายงานการตรวจสอบของเสียที่มีเพิ่มขึ้น ปัญหาหลายๆ อย่างไม่ว่าจะเป็นจำนวนการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรมที่กำลังเพิ่มขึ้นหรือเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตให้งานเสร็จสิ้นสูงกว่ามาตรฐานการทำงานอยู่เสมอ สามารถที่จะมองเห็นได้อย่างชัดเจนจากการติดตามจากรายงานต่างๆ ที่เป็นกุญแจสำคัญของการควบคุมการผลิต

เมื่อพิจารณาประเภทของรายงานต่างๆ ที่นำเสนอในรูปที่ 2.4 สิ่งต่างๆ ที่บรรจุอยู่ในรายงานต่างๆ เหล่านี้ย่อมจะแตกต่างกันไปในแต่ละโรงงาน ถึงแม้ว่ารายงานการควบคุมการผลิตมักจะเป็นรายงานอย่างง่ายๆ ด้วยกระดาษ แต่ระบบของคอมพิวเตอร์ก็สามารถจะลดเอกสารลงได้อย่างน้อยก็เกี่ยวกับระบบข้อมูลในโรงงานเพื่อการควบคุมการผลิต

**รายงานการวางแผนความต้องการ**
- การพยากรณ์อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์
- แผนการผลิตและแรงงาน
- ตารางการผลิตและแผนการประกอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
- แผนความต้องการการผลิตชิ้นส่วน
- รายงานภาระงานของหน่วยงาน
- แผนการส่งชิ้นส่วนจากพ่อค้า
- แผนการส่งสินค้า
- บัญชีรายการวัสดุ

**รายงานการควบคุมของคงคลัง**
- สภาพของคงคลัง
- รายการของคงคลังที่ได้สั่งไปแล้ว
- รายงานความผิดปกติของรายการของคงคลังที่สำคัญ

**รายงานตารางการปฏิบัติงาน**
- ตารางการทำงาน
- การอนุญาตสั่งงาน
- ตำแหน่งของใบสั่งงานและสภาพของใบสั่งงาน
- ตารางการจัดส่งเครื่องมือ
- ขั้นตอนกระบวนการผลิต
- การสั่งทำงานเดิมซ้ำใหม่
- ใบสั่งงานซ่อมบำรุง

**รายงานการขนถ่ายวัสดุ**
- ตำแหน่งสต็อกเก็บของ
- การรับชิ้นส่วน
- การส่งผลิตภัณฑ์

**รายงานการควบคุมคุณภาพ**
- การสั่งให้ทำการตรวจสอบ
- รายงานของเสีย
- การวิเคราะห์แนวโน้มการควบคุมคุณภาพ

**รายงานการประกอบ**
- ตารางการประกอบ
- ขั้นตอนของกระบวนการประกอบ
- ตำแหน่งสต็อกเก็บของ

**รายงานการควบคุมในโรงงาน**
- ประสิทธิภาพของพนักงาน
- สต็อกสูญหาย
- การใช้ประโยชน์จากเครื่องจักร
- การวิเคราะห์การลา

รูปที่ 2.4 แสดงรายงานระบบข้อมูลการควบคุมการผลิตอย่างง่ายๆ

เมื่อเราทำการออกแบบหน้าที่ของฝ่ายควบคุมการผลิต สิ่งที่จำเป็นจะต้องเอาใจใส่เป็นอย่างมากคือ การกำหนดระบบข้อมูลที่จะต้องใช้ในการดำเนินงานของหน้าที่ต่างๆ เหล่านั้น ผู้ออกแบบระบบข้อมูลควรจะได้คำนึงถึงการยอมรับจากผู้ใช้ ถึงแม้ว่าปัญหาของการให้ได้มาซึ่งความถูกต้องและทันเวลาของข้อมูลที่จะป้อนเข้าจะนับได้ว่าเป็นเรื่องหลัก และมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ แต่ปัญหาของการเปลี่ยนแปลงพนักงานในโรงงานให้ยอมรับและใช้รายงานต่างๆ จากระบบข้อมูลที่ออกแบบไว้ด้วยความเชื่อมั่น ก็นับได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งเช่นเดียวกัน และสิ่งหนึ่งที่ไม่ควรมองข้ามความสำคัญก็คือ ความต้องการของพนักงานในโรงงานที่ต้องการให้มีการออกแบบระบบข้อมูลการผลิตอย่างค่อยเป็นค่อยไป จากการที่พนักงาน

เหล่านี้ได้มีส่วนเข้ามามีส่วนร่วมในการออกแบบระบบข้อมูล ไม่เพียงแต่พวกเขาจะได้รับประโยชน์จากการเพิ่มพูนประสบการณ์เท่านั้น แต่พวกเขายังมีความรู้สึกในการเป็นเจ้าของการออกแบบนั้นด้วย และมองเห็นความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานของเขาให้เกิดผลดีต่อระบบข้อมูลใ8หม่

### 2.4.2 ปัญหาในการวางแผนและควบคุมการผลิตโดยมนุษย์

สภาพการวางแผนและควบคุมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วๆ ไป ของประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่คนจะเป็นผู้ดำเนินการเกือบทั้งหมด โดยจะมีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยงานเป็นจุดๆ แยกตามหน่วยงานเพื่อช่วยในการประมวลผลข้อมูลนำมาประกอบการตัดสินใจได้เร็วขึ้น แต่คนจะต้องเป็นผู้จัดเตรียมข้อมูลและนำข้อมูลนั้นป้อนให้กับคอมพิวเตอร์อีกทีหนึ่ง สำหรับการวางแผนและควบคุมการผลิตในตาสงประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมนั้น จะใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมและดำเนินการเกือบทั้งหมด ข้อมูลตามจุดต่างๆ ของโรงงานจะเชื่อมต่อถึงกันสามารถเรียกมาใช้ร่วมกันได้ทำให้ปัญหาต่างๆ ที่เคยเกิดขึ้นกับการวางแผนและควบคุมการผลิตในอดีตลดน้อยลงมาก อย่างไรก็ตามการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมทั้งระบบในประเทศไทยมีอยู่น้อยมาก จะมีก็เฉพาะบริษัทใหญ่ๆ เพียงไม่กี่บริษัทเท่านั้น ดังนั้นการวางแผนและควบคุมการผลิตในประเทศไทยโดยทั่วไป จึงเป็นเรื่องที่คนส่วนใหญ่ต้องเป็นผู้ดำเนินการ

มีปัญหามากมายที่เกิดขึ้นในวงจรของงานวางแผนและควบคุมการผลิต อันเนื่องมาจากการใช้คนเป็นผู้ดำเนินการ ปัญหาต่างๆ เหล่านี้เป็นผลโดยตรงจากความไม่มีประสิทธิภาพของวิธีการวางแผนและควบคุมการผลิตในงานการผลิตที่มีความซับซ้อน และมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ปัญหาโดยทั่วๆ ไปที่พบในการวางแผนและควบคุมการผลิตสามารถจำแนกได้ดังนี้

2.4.2.1. ปัญหาเกี่ยวกับกำลังการผลิตของโรงงาน (Plant Capacity Problem) การผลิตที่ดำเนินการได้ช้ากว่ากำหนดการที่วางไว้ มักจะมีสาเหตุเนื่องจากมาจากการขาดแคลนแรงงานและอุปกรณ์ ปัญหาดังกล่าวนี้ส่งให้ต้องมีการเพิ่มเวลาการทำงานนอกเวลามากขึ้น การส่งงานล่าช้าไปจากวันกำหนดส่งมีการร้องเรียนจากลูกค้า การส่งสินค้าย้อนหลัง และปัญหาอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายๆ กัน

2.4.2.2. การจัดตารางการผลิตไม่เหมาะสม (Suboptimal ProductionScheduling) มีการจัดตารางการผลิตให้กับงานผิดพลาด เพราะขาดความชัดเจนในการกำหนดลำดับความสำคัญของใบสั่งงาน ความไม่มีประสิทธิภาพของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการจัด

ตารางการผลิต และสภาพของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลากับงานที่อยู่โรงงาน ส่งผลให้การผลิตต้องหยุดชะงัก ทั้งนี้เนื่องจากมีงานที่มีลำดับความสำคัญเพิ่มขึ้นโดยทันที มีการปรับเครื่องจักรสำหรับการผลิตครั้งใหญ่เพิ่มขึ้น และงานที่ได้จัดตารางการผลิตไว้ก้าวหน้าไปช้ากว่ากำหนดการ

2.4.2.3. ช่วงเวลานำของการผลิตที่ยาวนาน (Long Manufacturing Leading) เนื่องจากความพยายามที่จะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในข้อ1 และข้อ 2 ผู้วางแผนการผลิตจึงได้ยอมให้ใช้เวลาในการผลิตสินค้ามากขึ้นเป็นพิเศษ ทำให้เกิดสภาพเกินกำลัง (Overload) ขึ้นในโรงงาน การจัดลำดับความสำคัญของงานเริ่มจะสับสน และผลลัพธ์ก็คือช่วงเวลานำในการผลิตยาวนานมากขึ้น

2.4.2.4. ความไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมของคงคลัง (Inefficient nventory Control) ในขณะที่ของคงคลังรวมทั้งหมด เช่น วัตถุดิบ งานระหว่างผลิต และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป มีมากเกินไป แต่มีของคงคลังบางรายการที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิตเกิดขาดแคลน การมีของคงคลังสูงเกินไปจะทำให้มีค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลังสูง ขณะที่การขาดแคลนวัตถุดิบจะทำให้การผลิตตามกำหนดการล่าช้าออกไป

2.4.2.5. การใช้อรรถประโยชน์ของหน่วยผลิตต่ำ (Low Work Center Utilization) ปัญหาดังกล่าวนี้ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการจัดตารางการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ ส่วนสาเหตุอื่นๆ ก็คือการบริหารโรงงานภายใต้สภาพการณ์ที่อยู่นอกเหนือการควบคุม ยกตัวอย่าง เช่น เครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุด เสียหาย การสไตรค์ ความต้องการของผลิตภัณฑ์ลดลง เป็นต้น

2.4.2.6. การดำเนินงานไม่เป็นไปตามกระบวนการผลิตที่ได้วางแผนไว้ (Process Planning Not Followed) กรณีดังกล่าวนี้เป็นสถานการณ์ซึ่งขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ตามปกติถูกแทนที่ด้วยการจัดลำดับกระบวนการผลิตตามความพอใจ และมักจะเกิดขึ้นแบบทันทีทันใด เพราะว่าเกิดลักษณะคอคอดขึ้นกับหน่วยงานในการจัดลำดับงานที่ได้วางแผนไว้ ผลที่ตามมาจะทำให้ต้องใช้เวลานานในการเตรียมเครื่องจักรที่ยาวนานกว่า ใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง และกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพลดน้อยลง

2.4.2.7. ความผิดพลาดทางด้านวิศวกรรมและการจดบันทึกด้านการ

ผลิต (Errors in Engineering and Manufacturing Records) ความผิดพลาดดังกล่าว ได้แก่ ใบรายการวัสดุ (Bill of Materials) ไม่เป็นปัจจุบัน และใบแสดงขั้นตอนการผลิต (Route Sheets) ไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขให้เป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรมครั้งล่าสุด การบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับของคงคลังไม่ถูกต้อง และการนับชิ้นงานที่ทำการผลิตได้ไม่ถูกต้อง

2.4.2.8. ปัญหาด้านคุณภาพ (Quality Problems) ข้อบกพร่องในคุณ

ภาพ จะรวมถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการผลิตชิ้นส่วนและส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นผลให้ต้องนำกลับมาทำใหม่ หรือมีของเสียเกิดขึ้น เป็นเหตุให้หมายกำหนดการส่งสินค้าต้องล่าช้าออกไป