บทที่ 2

หลักการ ทฤษฎี และการทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้แนวคิดเทคโนโลยีสะอาดเพื่อหาสาเหตุและจำแนกประเด็นของปัญหาในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอาร์มคอยล์ของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากนั้นเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการ ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการทฤษฎี และการทบทวนวรรณกรรมได้ดังนี้

2.1 เทคโนโลยีสะอาด

2.1.1 ความหมายของเทคโนโลยีสะอาด

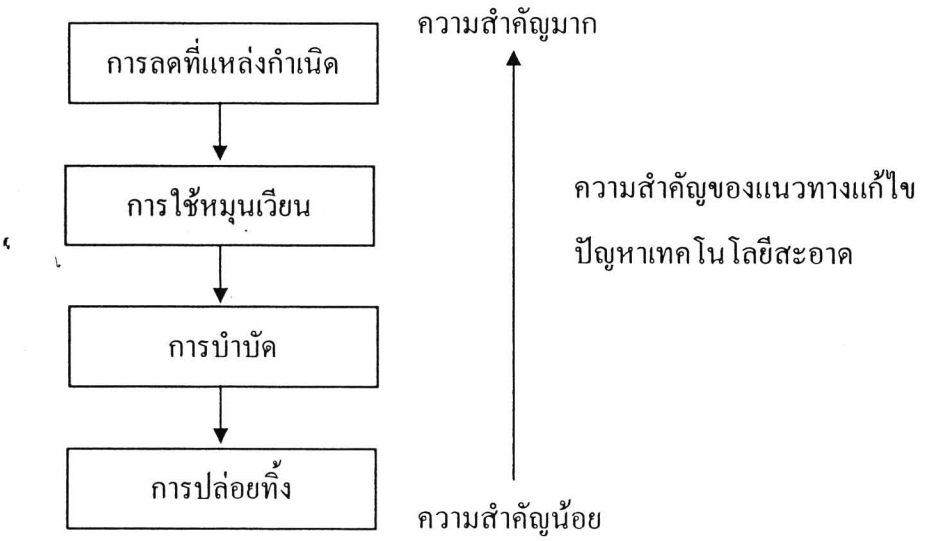
หลายหน่วยงานให้ความหมายของเทคโนโลยีสะอาดไว้แตกต่างกัน อาทิเช่น

เทคโนโลยีสะอาดหมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ มีเป้าหมายให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลยจึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนในการผลิตไปพร้อมกัน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2546)

เทคโนโลยีสะอาดคือ การพัฒนา เปลี่ยนแปลง ปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของกระบวนการผลิต หรือบริการ โดยก่อให้เกิดผลกระทบหรือความเสี่ยงที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดและการใช้ซ้ำ เปลี่ยนแปลงเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่โดยการมีส่วนร่วมของทุกคนในองค์กร (สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม, 2547)

จากที่มีหลายหน่วยงานให้ความหมายคำว่าเทคโนโลยีสะอาดไว้สามารถสรุปส่วนที่คล้ายกันได้คือ เทคโนโลยีสะอาดเป็นการควบคุมมลพิษที่ต้นเหตุโดยพยายามไม่ให้เกิดมลพิษขึ้นในกระบวนการผลิตหรือมีได้น้อยที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบและพลังงานในการผลิต ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตโดยการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียที่แหล่งกำเนิด เป็นการลดภาระในการกำจัดของเสียเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานและช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งแตกต่างจากการแก้ปัญหาแบบเดิมที่เคยปฏิบัติกันมาคือ การควบคุมมลพิษที่ปลายเหตุซึ่งเป็นการดำเนินการภายหลังเกิดมลพิษขึ้นมาแล้ว

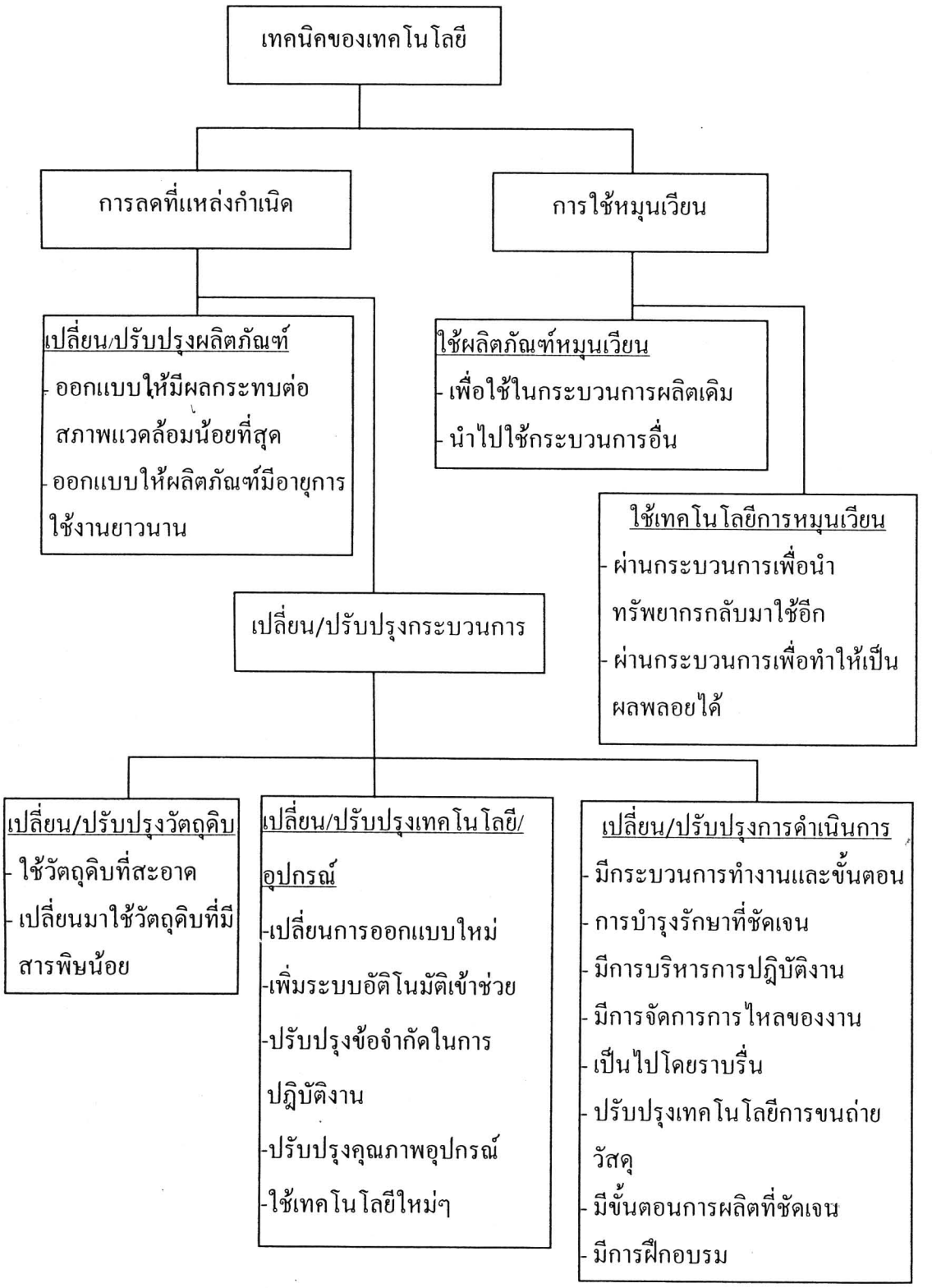
แนวคิดของเทคโนโลยีสะอาดเป็นการป้องกันมลพิษที่แหล่งกำเนิดและลดปริมาณสารเคมีที่ใช้น้อยที่สุด กำจัดมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งให้ความสำคัญสูงกับการลดของเสียที่แหล่งกำเนิดและการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ การแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุทำให้ลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตลดลงดังแสดงในภาพ 2.1 (ไพจิตร วังศานุวัตร, 2552)



ภาพ 2.1 แนวคิดเทคโนโลยีสะอาด (ที่มา: ไพจิตร วังศานุวัตร, 2552)

2.1.2 เทคนิคของเทคโนโลยีสะอาด

เทคนิคของเทคโนโลยีสะอาดมี 2 เทคนิคหลักได้แก่ การลดที่แหล่งกำเนิด (Source Reduction) และการนำของเสียกลับมาใช้ซ้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling) สามารถสรุปดังแสดงในภาพ 2.2 (สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2547; ไพศาล กิตติศุภกร, 2551)



ภาพ 2.2 วิธีการของเทคโนโลยีสะอาด (ที่มา: ไพศาล กิตติศุภกร, 2551)

1) การลดที่แหล่งกำเนิด

(1) การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงเพื่อลดการสูญเสียที่เกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์ เช่น การทำผลิตภัณฑ์ขึ้นมาใหม่เพื่อลดปริมาณของเสียจากตัวผลิตภัณฑ์ การประหยัดผลิตภัณฑ์โดยออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการใช้งานยาวนานและการเปลี่ยนองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ ออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อให้สามารถแยกส่วนและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

(2) การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต

- การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ สามารถช่วยลดของเสียได้โดยการลดหรือกำจัดวัสดุอันตรายที่เข้าสู่กระบวนการผลิต โดยใช้วัตถุดิบที่สะอาดและมีสารพิษน้อย รวมถึงการใช้วัตถุดิบอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ลดปริมาณวัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพเข้าสู่โรงงานเพื่อลดเวลาการคัดคุณภาพทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ

- เปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี มุ่งเน้นที่การดัดแปลงกระบวนการและเครื่องมือเพื่อลดของเสียในกระบวนการ เช่น ติดตั้งเครื่องจักรระบบอัตโนมัติ เปลี่ยนกระบวนการผลิต รวมถึงการเปลี่ยนผังการติดตั้งเครื่องจักร

- ปรับปรุงกระบวนการดำเนินการ โดยเน้นการบริหารการปฏิบัติงานให้มีขั้นตอนการผลิตที่เหมาะสม เช่น มีกระบวนการทำงานและขั้นตอนบำรุงรักษาชัดเจน วางแผนให้การไหลของงานเป็นไปโดยสะดวก

2) นำของเสียนั้นกลับมาใช้ซ้ำ หรือ นำกลับมาใช้ใหม่

การนำของเสียกลับคืนมาใช้ประโยชน์ เป็นการจัดการของเสียที่ต้องพิจารณาในขั้นตอนหลังจากการเลือกใช้วิธีการต่างๆ ในการลดปริมาณของเสียโดยอาศัยเทคนิคการใช้ซ้ำหรือผ่านกระบวนการเพื่อนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงนำผ่านกระบวนการเพื่อทำให้เป็นผลพลอยได้ เพื่อให้มีของเสียที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ที่ต้องนำไปบำบัดหรือทิ้งทำลายเหลืออยู่น้อยที่สุด

(1) การใช้ซ้ำ

การใช้ซ้ำ หมายถึง การนำมาเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตเดิมหรือนำไปใช้กระบวนการอื่น

(2) การเปลี่ยนแปลงเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

การเปลี่ยนแปลงเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หมายถึง การนำไปผ่านกระบวนการเพื่อนำทรัพยากรกลับมาใช้อีกหรือนำไปผ่านกระบวนการเพื่อทำให้เป็นผลพลอยได้

2.1.3 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด

ตามหลักการของสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ การวางแผนและการจัดองค์กร การประเมินเบื้องต้น การประเมินละเอียด การศึกษาความเป็นไปได้

และการลงมือปฏิบัติ (สถาบันสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2547) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การวางแผนและการจัดองค์กร (Planning and Organization)

เพื่อให้องค์กรได้เข้าใจในหลักการของเทคโนโลยีสะอาดจึงต้องให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีสะอาดแก่ผู้บริหารหรือผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบ รวมถึงชี้แจงให้เห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับทางเศรษฐศาสตร์และให้ตระหนักถึงประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นทางสิ่งแวดล้อม หลังจากนั้นจึงวางแผนงาน กำหนดเป้าหมาย และจัดตั้งทีมดำเนินโครงการเพื่อความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งการเข้าปฏิบัติงาน ขั้นตอนนี้มีความสำคัญมากเนื่องจากต้องได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารในองค์กรเป็นอย่างดีการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีสะอาดจึงจะประสบผลสำเร็จ

2) การประเมินเบื้องต้น (Pre-Assessment)

รวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการตรวจประเมินเบื้องต้น อาทิ ข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิต ข้อมูลวัตถุดิบ ข้อมูลของเสีย ซึ่งได้จากการสอบถามหรือจากแบบประเมินเบื้องต้น จากนั้นทำการสำรวจกระบวนการผลิตอย่างละเอียด พร้อมทั้งเขียนแผนผังกระบวนการผลิตโดยแสดงสารเข้าและสารออกเพื่อนำไปใช้ในการประเมินหาประเด็นปัญหาหลักที่จะศึกษา (ไพศาล กิตติศุภกร, 2551)

การให้คะแนนตามประเด็นการประเมินผลกระทบทางเทคนิค การประเมินผลกระทบด้านเศรษฐศาสตร์และการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ไม่มีเกณฑ์กำหนดตายตัวขึ้นอยู่กับการตกลงของทีมงานที่เกี่ยวข้องทุกคน ทั้งนี้การให้คะแนนต้องเป็นที่ยอมรับและเข้าใจตรงกัน เกณฑ์ประกอบด้านอื่นๆ เพื่อคัดเลือกประเด็นสำหรับการตรวจประเมินละเอียดได้อย่างเหมาะสมของแต่ละโรงงาน(ไพศาล กิตติศุภกร, 2551) ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนในงานวิจัยนี้ทางบริษัทกรณีศึกษาได้มีการกำหนดช่วงคะแนนและมีความเข้าใจตรงกันเพื่อประเมินผลกระทบทั้งสามด้านแสดงรายละเอียดดังนี้

(1). การประเมินผลกระทบทางเทคนิค

พิจารณาโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบภายใน (Internal Benchmarking) ซึ่งเป็นการใช้ปัจจัยหลัก (Key Factor) เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ดีที่สุดของการผลิตในอดีตของโรงงาน ดังสมการที่ 1

$$\text{ค่าดัชนี (Key Factor)} = \frac{\text{ปริมาณการใช้วัตถุดิบ หรือ สาธารณูปโภค}}{\text{ปริมาณวัตถุดิบที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์}} \quad \text{..... (1)}$$

ค่าดัชนีที่ดีที่สุด คือ ค่าดัชนีในเดือนที่มีปริมาณการใช้วัตถุดิบหรือสารธาณูปโภคต่อปริมาณวัตถุดิบที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่ำที่สุดจะถูกนำมาคำนวณหาร้อยละทางเทคนิค ดังสมการที่ 2

$$\text{ค่าความเป็นไปได้ทางเทคนิค (\%)} = \frac{(\text{ค่าเฉลี่ย} - \text{ค่าดัชนีที่ดีที่สุด}) \times 100}{\text{ค่าดัชนีที่ดีที่สุด}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

โดยถ้าค่าความเป็นไปได้ทางเทคนิค (%) สูง หมายถึงความสามารถที่จะลดปัญหาที่เกิดขึ้นก็เป็นไปได้สูง ดังนั้นความเป็นไปได้ในการเป็นประเด็นปัญหาก็จะมีมาก ตั้งเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ (ไพศาล กิตติศุภกร, 2551)

เกณฑ์ คะแนน : 0- 25 % ได้คะแนน 1 คะแนน คือ มีโอกาสในการปรับปรุงต่ำ

26- 50 % ได้คะแนน 2 คะแนน คือ มีโอกาสในการปรับปรุงปานกลาง

มากกว่า 50 % ได้คะแนน 3 คะแนน คือ มีโอกาสในการปรับปรุงสูง

(2). การประเมินผลกระทบด้านเศรษฐศาสตร์

เป็นการประเมินเพื่อให้ทราบว่าดัชนีแต่ละตัวมีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องอยู่ในมูลค่ามากน้อยเพียงใด การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์นั้นจะคำนวณค่าใช้จ่ายที่ทางโรงงานสามารถประหยัดได้ ถ้ามีการดำเนินงานได้ดีเท่ากับการดำเนินงานของเดือนที่ดีที่สุดโดยมีการคำนวณมูลค่าที่ประหยัดได้ ดังสมการที่ 3 และ 4

ค่าความเป็นไปได้ = (ค่าดัชนีเฉลี่ย - ค่าดัชนีที่ดีที่สุด) x กำลังผลิตเฉลี่ย x ราคาต้นทุนต่อหน่วย

…….. (3)

$$\text{ค่าความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์(\%)} = \frac{\text{ค่าความเป็นไปได้} \times 100}{\text{ผลรวมของค่าความเป็นไปได้ทั้งหมด}} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

ตั้งเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ (ไพศาล กิตติศุภกร, 2551)

เกณฑ์ คะแนน : 0- 20 % ได้คะแนน 1 คะแนน คือ มีโอกาสในการลดค่าใช้จ่ายต่ำ

20- 40 % ได้คะแนน 2 คะแนน คือ มีโอกาสในการลดค่าใช้จ่ายปานกลาง

มากกว่า 40 % ได้คะแนน 3 คะแนน คือ มีโอกาสในการลดค่าใช้จ่ายสูง

(3). การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

การประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อมสามารถทำได้โดย พิจารณาผลกระทบของมลภาวะทางอากาศและผลกระทบของของเสีย จากกิจกรรมต่างๆในโรงงานที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากปริมาณของมลพิษที่เกิดขึ้น(Q) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ของมลพิษแต่ละประเภท (E) และการแพร่กระจาย (D) ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวจะมีคะแนนอยู่ในช่วง 1-3 จะมีเกณฑ์การพิจารณาเพื่อประเมินความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 เกณฑ์การพิจารณาเพื่อประเมินความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น

เกณฑ์การพิจารณา	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
ปริมาณ (Q)	มีศักยภาพที่จะเกิด*สูง* หรือมีการใช้วัตถุดิบ *สูง*	มีศักยภาพที่จะเกิด *ปานกลาง* หรือมีการใช้วัตถุดิบ *ปานกลาง*	ไม่มี หรือมีศักยภาพที่จะเกิด *เล็กน้อย* หรือมีการใช้วัตถุดิบ *เล็กน้อย*
ผลกระทบ (E)	พิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นว่าเกี่ยวข้อง/มีผลต่อ 3 ประเด็นที่สำคัญ คือ 1. มีข้อกฎหมายกำหนด 2. มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน 3. มีผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัย		
	มีผลกระทบสูง/ส่งผลกระทบเกี่ยวข้องครบทั้ง *3* ประเด็นข้างต้น	มีผลกระทบปานกลาง/ส่งผลกระทบเกี่ยวข้อง *2ใน3* ประเด็นข้างต้น	ไม่มี หรือมีผลกระทบ*ต่ำ*/ส่งผลกระทบเกี่ยวข้องกับครอบคลุม *1 ใน 3*
การแพร่กระจาย (D)	ผลกระทบที่เกิดขึ้นอยู่ในรูปของ *ก๊าซ*	ผลกระทบที่เกิดขึ้นอยู่ในรูปของ *ของเหลว*	ผลกระทบที่เกิดขึ้นอยู่ในรูปของ *ของแข็ง*

คำนวณหาค่าคะแนนทางสิ่งแวดล้อมจากผลคูณของปริมาณของมลพิษที่เกิดขึ้น(Q) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของมลพิษแต่ละประเภท (E) และการกระจาย (D) สู่สิ่งแวดล้อม ดังสมการที่ 5

ค่าคะแนนทางสิ่งแวดล้อม = $Q \times E \times D$ ..... (5)

ตั้งเกณฑ์การให้คะแนนจากค่า Q × E × D ดังนี้ (ไพศาล กิตติศุภกร, 2551)

คะแนนค่า Q × E × D ระหว่าง 1-4 ได้คะแนน 1

คือ มีโอกาสในการลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ

คะแนนค่า Q × E × D ระหว่าง 5 – 9 ได้คะแนน 2

คือ มีโอกาสในการลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมปานกลาง

คะแนนค่า Q × E × D มากกว่าเท่ากับ 10 ได้คะแนน 3

คือ มีโอกาสในการลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมสูง

(4). สรุปผลการประเมินเบื้องต้น

ผลการประเมินเบื้องต้นที่ได้จากการประเมินทางด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อมของดัชนีต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะถูกนำมากำหนดในช่วง 1- 3 คะแนน เพื่อจัดเรียงลำดับความสำคัญโดยถือให้คะแนน 1 มีความสำคัญต่ำสุด คะแนน 2 มีความสำคัญปานกลาง และคะแนน 3 มีความสำคัญสูงสุด โดยมีการจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาในโรงงานจากข้อมูลการตรวจประเมินเบื้องต้น ดังแสดงในตาราง 2.2

ตาราง 2.2 การจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาในโรงงานจากข้อมูลตรวจประเมินเบื้องต้น

เกณฑ์การประเมิน	น้ำหนัก (W)	เงื่อนไขในการประเมินให้คะแนน		
		1 คะแนน	2 คะแนน	3 คะแนน
1.ความสำคัญด้านเทคนิค (W_1)		มีโอกาส*น้อย* ในการปรับปรุงให้ดีขึ้น	มีโอกาส*ปานกลาง* ในการปรับปรุงให้ดีขึ้น	มีโอกาส*มาก*ในการปรับปรุงให้ดีขึ้น
2.ความสำคัญทางด้านเศรษฐศาสตร์(W_2)		มีความสำคัญต่อค่าใช้จ่ายของโรงงาน*ต่ำ*	มีความสำคัญต่อค่าใช้จ่ายของโรงงาน *ปานกลาง*	มีความสำคัญต่อค่าใช้จ่ายของโรงงาน *สูง*
3.ความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม (W_3)		ไม่มี หรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม *ต่ำ*	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม *ปานกลาง*	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม *สูง*

ถ่วงน้ำหนักผลกระทบทั้ง 3 ด้าน โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักขึ้นอยู่กับความสนใจจากทางโรงงานว่าให้ความสำคัญในด้านใด ดังสมการที่ 6

คะแนนรวม $= (W_1 \times$ ค่าคะแนนทางเทคนิค$) + (W_2 \times$ ค่าคะแนนทางเศรษฐศาสตร์$) +$
$(W_3 \times$ ค่าคะแนนทางสิ่งแวดล้อม$)$ ..... (6)

ค่า W_1, W_2, W_3 คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight Factor)

โดย W_1 = ค่าถ่วงน้ำหนักด้านเทคนิค

W_2 = ค่าถ่วงน้ำหนักด้านเศรษฐศาสตร์

W_3 = ค่าถ่วงน้ำหนักด้านสิ่งแวดล้อม

3) การประเมินละเอียด (Assessment)

โดยการนำประเด็นปัญหาหลักที่ได้จากการประเมินเบื้องต้นมาศึกษาโดยละเอียด เริ่มจากการทำสมดุลมวลและพลังงานเพื่อเข้าใจโดยละเอียดถึงแหล่งและปริมาณของเสียหรือการสูญเสียจากหน่วยการผลิตในการทำสมดุลต้องนำมาพิจารณาสิ่งที่ใส่เข้าไป(Input)และออกมาจากกระบวนการ(Output)ไม่ว่าจะเป็น วัตถุดิบ น้ำ ไฟฟ้า และพลังงาน ในขั้นตอนนี้จะสามารถบอกได้ว่าความสูญเสียและความไม่สมดุลอยู่ที่จุดใดในกระบวนการผลิตและมีปริมาณเป็นเท่าใด เมื่อได้สาเหตุการสูญเสียทรัพยากร พลังงานหรือสาเหตุของของเสียและมลพิษแล้ว จึงสร้างทางเลือกหรือข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาดเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา การตรวจประเมินละเอียดประกอบด้วยงาน 4 งานคือ การจัดทำดุลมวลสารและพลังงาน การตรวจประเมินหาสาเหตุของของเสีย การสร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด และการคัดเลือกข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด(ไพศาล กิตติศุภกร, 2551)

(1). การจัดทำดุลมวลและพลังงาน

การดุลมวลและพลังงานช่วยให้ทราบถึงแหล่งที่ใช้มวลหรือพลังงานมากและแหล่งกำเนิดของเสีย การทำดุลมวลและพลังงานต้องมีข้อมูลตรวจวัดจริงซึ่งเป็นตัวแทนของขั้นตอนการผลิตจริงได้ ดังสมการที่ 7

อัตราการสะสมมวลหรือพลังงาน = ปริมาณมวลหรือพลังงานเข้า – ปริมาณมวลหรือพลังงานออก+อัตราการเกิดมวลหรือพลังงาน – อัตราการใช้มวลหรือพลังงาน ..... (7)

หากพิจารณาการดำเนินการผลิตที่สถานะอยู่ตัว (Steady state) ซึ่งไม่มีอัตราการสะสมมวล ดังนั้น การทำมวลและพลังงานจะได้ว่า ดังสมการที่ 8

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ปริมาณมวลหรือพลังงานเข้า+อัตราการเกิดมวลหรือพลังงาน = ปริมาณมวลหรือพลังงานออก + อัตราการใช้มวลหรือพลังงาน ..... (8)

การทำดุลมวลสารและพลังงานมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.กำหนดขอบเขตการทำดุลมวลและพลังงานขอบเขตการทำดุลมวลและพลังงานจะกำหนดจากแผนผังกระบวนการผลิต

2.เชื่อมโยงของแผนผังกระบวนการผลิตจะแสดงอย่างละเอียดเพื่อให้ทราบการเข้าออกหรือใช้พลังงานอย่างถูกต้องกำหนดหน่วยวัดของมวลและพลังงานหน่วยวัดของมวลและพลังงานควรกำหนดให้ถูกต้องเหมาะสมสอดคล้องกับอุปกรณ์การวัด ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลควรกำหนดให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของกระบวนการจริงได้

3.ตรวจสอบปริมาณมวลและพลังงานเข้า โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็นวัตถุดิบและสารเคมีและพลังงาน ข้อมูลที่ต้องการประกอบด้วยคุณภาพองค์ประกอบ ปริมาณ ราคา และมลพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

4.ตรวจสอบปริมาณมวลและพลังงานออก โดยทั่วไปแบ่งออกเป็นผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้ พลังงาน และของเสีย ข้อมูลที่ต้องการประกอบด้วยคุณภาพ องค์ประกอบปริมาณ ราคา ความเป็นพิษและแหล่งที่มา ในส่วนของเสียจะพิจารณาละเอียดถึงข้อกฎหมาย การหมุนเวียนไปใช้ใหม่ การทิ้งและบำบัด ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องและปัญหาอื่นๆ สำหรับพลังงานที่สูญเสีย เป็นองค์ประกอบที่มีมูลค่ามาก การวิเคราะห์ให้ละเอียดเป็นเรื่องสำคัญ

5.จัดทำชีตงานเก็บข้อมูลสำหรับทำดุลมวลและพลังงาน ชีตงานเก็บข้อมูลสำหรับทำดุลมวลและพลังงานควรออกแบบให้เหมาะสมต่อแต่ละกระบวนการผลิตหรือหน่วยปฏิบัติการ ข้อมูลที่ต้องการประกอบด้วยคุณภาพ องค์ประกอบ ปริมาณ ราคา ความเป็นพิษ เป็นต้น ดังแสดงในภาพ 2.3

ภาพ 2.3 การทำดุลมวลและพลังงานของหน่วยปฏิบัติการเดี่ยว (ที่มา: ไพศาล กิตติศุภกร, 2551)

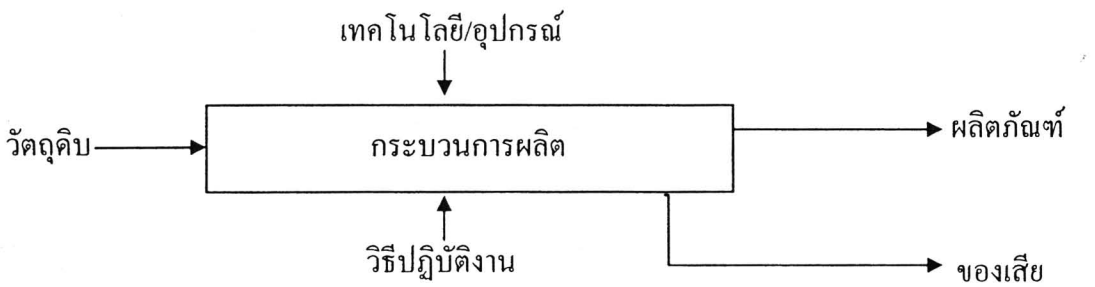
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 14 ม.ย. 2554
ทะเบียน 242485
หมวดหมู่

6.จัดทำดุลมวลและพลังงานโดยภาพรวม ดุลมวลและพลังงานของกระบวนการโดยรวม เพื่อตรวจสอบติดตามการเปลี่ยนแปลงกระบวนการ ช่วยวิเคราะห์ปรับปรุงประสิทธิภาพ ลดของเสียและการจัดการของเสีย

7. จัดทำดุลมวลและพลังงานอย่างละเอียด ดุลมวลและพลังงานของกระบวนการเป็นการคำนวณดุลมวลและพลังงานเฉพาะจุดสำคัญๆที่เกิดค่าใช้จ่ายสูงหรือมีผลกระทบมากๆ หากพบการไม่ดุลขึ้นควรตรวจสอบหน่วยที่ใช้คำนวณและหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดในการทำดุลมวลและพลังงานจากการเลือกใช้อุปกรณ์การวัดที่ไม่เหมาะสม ช่วงเวลาตรวจวัดก็มีความสำคัญควรใช้ช่วงเวลายาวพอควร เพื่อได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนจริงของกระบวนการผลิต ความละเอียดของข้อมูลขึ้นกับความเหมาะสมแต่ละก์รณีขึ้นอยู่กับความคุ้มค่าของข้อมูลกับค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไป

(2). การตรวจประเมินหาสาเหตุของของเสีย

การตรวจประเมินหาสาเหตุของของเสีย โดยพิจารณาจากแหล่งกำเนิดที่สูญเสียจากการทำดุลมวลและพลังงานสิ่งที่ต้องค้นหาในขั้นตอน คือ ของเสีย ไอเสีย พลังงานสูญเสีย เกิดจากสาเหตุใด วิธีการพิจารณาสาเหตุดูจาก 5 ประเด็นหลักเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต อาทิ เช่น วัตถุดิบคุณภาพต่ำ ขาดการตรวจสอบคุณภาพ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่สูงเกินไป ออกแบบผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสม บรรจุไม่ดีมีสารพิษปนเปื้อน การใช้เทคโนโลยีหรืออุปกรณ์ที่ล้าสมัย ขาดอุปกรณ์ที่เหมาะสม มีการวางผังไม่เหมาะสม การขนถ่ายไม่เป็นระบบ เป็นต้น สรุปดังแสดงในภาพ 2.4

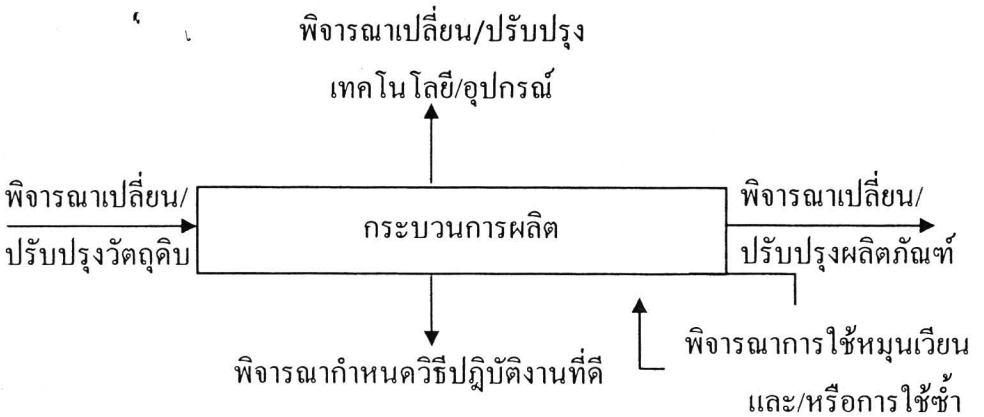


ภาพ 2.4 สาเหตุหลักของการสูญเสีย 5 ประเด็นหลัก (ที่มา: ไพศาล กิตติศุภกร, 2551)

(3). สร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

การสร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด โดยหลักการแล้วจะสร้างข้อเสนอสอดคล้องกับสาเหตุของประเด็นปัญหา อย่างไรก็ตามประเด็นปัญหาหนึ่งอาจมีหลายสาเหตุและในแต่ละสาเหตุอาจมีหลายข้อเสนอ ดังนั้นควรระดมความคิดเพื่อให้ได้ข้อเสนอที่นำไปสู่การจัดการประเด็นปัญหาได้

เทคนิคในการสร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด สามารถพิจารณาได้จากปัจจัย 5 ประการ อาทิเช่น การเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงวัตถุดิบ เช่น ใช้วัตถุดิบสะอาดคุณภาพดี การเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์ เช่น เปลี่ยนมาตรฐานคุณภาพ การเปลี่ยนหรือปรับปรุงเทคโนโลยี การดัดแปลงอุปกรณ์หรือกระบวนการผลิต ทั้งการปรับปรุงเล็กน้อยใช้ค่าใช้จ่ายต่ำ หรือการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ลงทุนสูง เช่น การปรับเปลี่ยนสภาวะการผลิต และการควบคุม อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหลการใช้ระบบอัตโนมัติ การปรับปรุงระบบท่อสายพานอุปกรณ์ การใช้การหมุนเวียนหรือการใช้ซ้ำ สามารถทำได้ตลอดเวลาเมื่อมีโอกาสจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและลดของเสียได้ เป็นต้น สรุปดังแสดงในภาพ 2.5



ภาพ 2.5 วิธีการสร้างข้อเสนอของเทคโลยีสะอาด (ที่มา: ไพศาล กิตติศุภกร, 2551)

4) การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Studies)

นำข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาดที่ได้จากขั้นตอนการประเมินละเอียดไปประเมินความเป็นไปได้โดยละเอียด ได้แก่ การประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค ทางเศรษฐศาสตร์ และทางสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างความมั่นใจในความเป็นไปได้ทางปฏิบัติของทางเลือกต่างๆและลำดับทางเลือกความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติใช้

(1) การประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค จะคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ อัตราการผลิต ความปลอดภัย เป็นต้นโดยถ้าข้อเสนอนั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติในกระบวนการผลิต อาจต้องลองทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ หรือเฉพาะส่วนการผลิตก่อน หรือถ้ากรณีเดียวกันซึ่งเป็นข้อเสนอที่มีการนำไปปฏิบัติมาแล้วอย่างได้ผลในโรงงานอื่น ก็ไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบ

(2) การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ จะพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งตัวชี้วัดที่สำคัญที่ใช้ในการประเมินได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period) มูลค่าเงินในปัจจุบันสุทธิในการลงทุน (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เป็นต้น

(3) การประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป้าหมายหนึ่งของการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีสะอาด คือ การปรับปรุงเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องนำข้อเสนอมาพิจารณา เช่น การเปลี่ยนจำนวนและความเป็นพิษของของเสีย วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้พลังงานตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โอกาสในการเปลี่ยนวัตถุดิบ การเปลี่ยนผลทางสิ่งแวดล้อมโดยเลือกใช้วัสดุหรือสารเคมีอื่น การเปลี่ยนความสามารถในการนำของเสียกลับมาใช้ซ้ำ เป็นต้น

5) การลงมือปฏิบัติ (Implementation)

ข้อเสนอที่ผ่านการพิจารณาทบทวนความเป็นไปได้ทั้งด้านเทคนิค ทางด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อม ควรนำมาดำเนินการในกระบวนการผลิตนั้น จากนั้นจะขึ้นกับคณะผู้ทำการประเมินโอกาสในการทำเทคโนโลยีสะอาด โดยการสนับสนุนจากผู้บริหารในการติดตามของเสียต่างๆอย่างต่อเนื่องและชี้บอกโอกาสในการทำเทคโนโลยีสะอาดของกระบวนการผลิตนั้น โดยการประเมินซ้ำเป็นระยะ รวมถึงติดตามปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

2.2 การบริหารแบบมีส่วนร่วม

2.2.1 แนวคิดพื้นฐานของการบริหารแบบมีส่วนร่วม

แนวคิดการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมเป็นแนวคิดที่ให้ความสำคัญกับพนักงานซึ่งถือได้ว่าเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต การเปิดโอกาสให้พนักงานเข้ามามีส่วนร่วมในการบริหารแบบมีส่วนร่วมยังเกี่ยวข้องกับเรื่องต่างๆในองค์กรได้แก่ เรื่องการตัดสินใจ การสื่อสารข้อมูล การกำหนดระบบการให้รางวัลและการเสริมสร้างทักษะและพัฒนาความรู้ความสามารถโดยให้สมาชิกทุกคนในองค์กรเข้าไปมีส่วนร่วมในการกำหนดหรือแสดงความคิดเห็น

2.2.2 ความหมายของการบริหารแบบมีส่วนร่วม

การบริหารแบบมีส่วนร่วม คือ กระบวนการของการให้ผู้ใต้บังคับบัญชามีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการตัดสินใจ การบริหารแบบมีส่วนร่วมเน้นการมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างแข็งขันของบุคคล การบริหารแบบมีส่วนร่วมใช้ความคิดสร้างสรรค์และความเชี่ยวชาญของพนักงานในการแก้ไขปัญหาของการบริหารที่สำคัญซึ่งอยู่บนพื้นฐานของแนวความคิดของการแบ่งอำนาจหน้าที่ถือว่า

ผู้บริหารแบ่งอำนาจหน้าที่การบริหารของพนักงานให้กับผู้อยู่ใต้บังคับบัญชาของพนักงาน(สมยศ นาวีการ, 2545)

อรุณ รักธรรม (2538) ได้ให้ความหมายของการบริหารแบบมีส่วนร่วมไว้ว่า เป็นการบริหารที่มีองค์ประกอบ 4 ประการ คือ

1.การไว้เนื้อเชื่อใจกัน คือ การยอมรับไว้วางใจ รับผิดชอบ ยินดีที่จะร่วมมือ เปิดเผยข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานร่วมกัน

2.การติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลทั้งแนวดิ่งและแนวขนาน เพื่อจูงใจให้เข้ามามีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน การปรับปรุงการดำเนินงาน

3.การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจร่วมกัน โดยยึดเป้าหมายเป็นหลักและมีความรับผิดชอบร่วมกันในผลของการตัดสินใจนั้นๆ

4.การทำงานเป็นทีม หมายถึง การทำงานโดยเอาบุคคลหลายๆฝ่าย หลายหน้าที่ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจ ทั้งการศึกษาวัตถุประสงค์และเข้าใจปัญหา การแก้ไขปัญหาความขัดแย้งร่วมกัน การตัดสินใจ และการติดต่อสื่อสารเพื่อความมุ่งหมายร่วมกันขององค์กร

2.3 การควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control)

โดยปกติแล้วคนเราจะรับรู้ผ่านทางประสาทสัมผัสทั้งห้าได้แก่การมองเห็น การได้ยิน การดมกลิ่น การชิมรส และการสัมผัสโดยผ่านอวัยวะต่างๆเช่น ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง ประสาทสัมผัสที่ใช้มากที่สุดและมักจะใช้พร้อมๆกันในการสื่อสารในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การมองเห็นและการได้ยิน การรับสารโดยการได้ยินอย่างเดียวมีข้อจำกัดต่างๆมากมาย เช่น ในสถานที่มีเสียงดังหรือเสียงรบกวนอื่น ๆ อาจเป็นอุปสรรคต่อการได้ยินโดยเฉพาะอย่างยิ่งการพูดคุยกันเฉยๆจะไม่มีหลักฐานอะไรหลงเหลือไว้ให้อ้างอิงได้ หากมีการถ่ายทอดไปยังบุคคลอื่นต่อจะผิดเพี้ยนได้ง่าย การควบคุมด้วยการมองเห็นจึงเข้ามามีบทบาทค่อนข้างมากในการสื่อสารผ่านการมองเห็นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ป้าย สัญลักษณ์ แถบสี เครื่องหมาย รูปภาพ กราฟ เป็นต้น

2.3.1 ความหมายของการควบคุมด้วยการมองเห็น

Visual แปลว่า สิ่งที่มองเห็นด้วยภาพ Control แปลว่า การควบคุม ดังนั้น Visual Control จึงหมายถึง เทคนิคที่ใช้ในการสื่อสารผ่านการมองเห็นโดยแสดงให้เห็นผลการปฏิบัติงานเห็นความผิดปกติ หรือสื่อสารความหมายบางอย่างให้เห็นได้อย่างสะดวกชัดเจนและเข้าใจได้ง่ายขึ้น การควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control) จึงอาจอยู่ในรูปสัญลักษณ์แผ่นป้าย สัญญาณไฟ แถบสี รูปภาพกราฟ ฯลฯ มีหลายคนได้ให้ความหมายของการควบคุมด้วยการมองเห็น อาทิเช่น

การควบคุมด้วยการมองเห็น คือ ข้อมูล ข่าวสาร ที่จำเป็นในการทำงาน (กฤชชัย อนรรฆมณี, 2546)

การควบคุมด้วยการมองเห็น หมายถึง การแสดงอุปกรณ์หรือระบบกลไกที่ถูกออกแบบมาเพื่อจัดการหรือควบคุม การดำเนินงานหรือการทำปฏิบัติการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ต่างๆทำให้ปัญหา ความผิดปกติ หรือการเบี่ยงเบนจากมาตรฐานที่มองเห็นได้จากทุกคนถูกทำการแก้ไขได้อย่างทันท่วงที การแสดงสถานะการดำเนินงานหรือการปฏิบัติงานให้ดูได้ในรูปแบบอย่างง่ายๆให้คำแนะนำแสดงข่าวสารให้การตอบกลับทันทีแก่ผู้ใช้งาน(ธัญนาฏ ญาณพิบูลย์ และคณะ, 2552)

การควบคุมด้วยการมองเห็น คือการแสดงอุปกรณ์หรือระบบกลไกที่ถูกออกแบบมาเพื่อจัดการหรือควบคุม การดำเนินงานหรือการทำปฏิบัติการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น ทำให้ปัญหาความผิดปกติหรือการเบี่ยงเบนจากมาตราฐานที่มองเห็นได้จากทุกคนถูกทำการแก้ไขได้อย่างทันท่วงที่หรือเป็นการแสดงสถานะการดำเนินงานการปฏิบัติงานให้ดูได้ในรูปแบบอย่างง่ายๆ หรือเป็นการให้คำแนะนำในการปฏิบัติงาน อีกทั้งเป็นการแสดงข่าวสารในกระบวนการผลิตเพื่อให้การตอบกลับทันทีแก่ผู้ใช้งาน (ชาญวิทย์ ปงอุดทา, 2553)

การควบคุมด้วยการมองเห็นเป็นวิธีควบคุมบริหารเพื่อใช้เป็นแนวทางปฏิบัติงานและควบคุมให้การทำงานเป็นไปอย่างถูกต้อง โดยแสดงมาตรฐานเทียบกับสถานะจริงทำให้สามารถระบุความบกพร่องได้ทันทีด้วยการมองเห็น นั่นหมายถึง การนำเสนอข้อมูลที่มีอยู่มานำเสนอให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นด้วยการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของตาราง ป้าย สติกเกอร์ กระดาน สัญลักษณ์ ภาพ แผนภาพ เป็นต้น แต่การนำเสนอต้องมีความหมายและสาระดึงดูดให้เกิดความน่าสนใจเพื่อนำข้อมูลมาใช้ติดตามงานหรือเป็นเครื่องมือช่วยย้ำเตือนเป้าหมายต่างๆ ดังเช่น มาตรฐานการผลิต วิธีการทำงาน กำหนดการผลิตในแต่ละวัน หัวข้อการควบคุม การระบุตำแหน่งจัดวางวัสดุ กฎระเบียบและข้อห้ามต่างๆ ทำให้ผู้รับผิดชอบทราบความแตกต่างระหว่างเป้าหมายกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง รวมทั้งลดความสูญเสียเวลาสำหรับการค้นหาและติดตามสารสนเทศ

ดังนั้นการควบคุมด้วยการมองเห็น เป็นเทคนิคการสื่อสารผ่านการมองเห็นที่อยู่รอบๆ ตัวและเห็นกันอยู่ในชีวิตประจำวันทุกๆวันอยู่แล้ว เนื่องจากเป็นเทคนิคง่าย ๆ แต่มีประสิทธิภาพสูงในการสื่อสารสามารถมองหาการควบคุมด้วยการมองเห็นได้ในเกือบทุกสถานที่ เช่น ตามท้องถนน ในโรงเรียน โรงพยาบาล สถานีตำรวจ ร้านสะดวกซื้อ ห้างสรรพสินค้า ตลาด สวนสนุก พิพิธภัณฑ์ สถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ในบริษัทหรือโรงงานต่างๆ สถานที่ราชการต่างๆ ฯลฯ เพียงแต่อาจไม่ได้สังเกตหรือไม่ได้ให้ความสำคัญเท่าที่ควรในการนำมาขยายผลและประยุกต์ใช้เพิ่มเติมเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานที่มีโอกาสผิดพลาดและส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุ

หรือความเสียหายมาก เทคนิคการควบคุมด้วยการมองเห็นจึงเป็นเทคนิคพื้นฐานในการเพิ่มผลิตภาพ ที่สามารถช่วยช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพมีคุณภาพและมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

2.4 การปรับปรุงกระบวนการผลิต ด้วยหลักการ อีซีอาเอส (ECRS)

หลักการอีซีอาเอส (ECRS) เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การขจัดงานที่ไม่จำเป็น (E=Eliminate) การรวมขั้นตอนการปฏิบัติงานเข้าด้วยกัน(C=Combine) การจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ (R=Rearrange) และ การทำให้การปฏิบัติงานที่จำเป็นนั้นง่ายขึ้น (S=Simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่ายๆ ที่สามารถใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.4.1 การุขจัดงานที่ไม่จำเป็น (E=Eliminate) การพิจารณาเลือกงานที่มีปัญหาเรื่องต้นทุนสูง ถ้าสามารถขจัดงานนี้ได้จะทำให้ต้นทุนค่าแรงทางตรง วัตถุดิบ และค่าโสหุ้ยอุปกรณ์การผลิตลงได้ไม่ว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานจะมีประสิทธิภาพสูงเพียงใดก็ตาม จำเป็นต้องพิจารณาคือผลที่ตามมาและผลตอบแทนที่ได้รับจากการตัดวัตถุประสงค์ของงานและวิธีการทำงานนั้นออก

2.4.2 การรวมขั้นตอนการปฏิบัติงานเข้าด้วยกัน (C=Combine) การรวมขั้นตอนการปฏิบัติงานตั้งแต่ 2 ขั้นตอนเข้าด้วยกัน หรือบางครั้งการเปลี่ยนลำดับการทำงานก็เปิดโอกาสให้มีการรวมขั้นการปฏิบัติงานเข้าด้วยกันเมื่องานที่ไม่จำเป็นถูกกำจัดตัดออกไป เหลือแต่ส่วนขั้นการปฏิบัติงานที่จำเป็น หรือไม่สามารถกำจัดตัดทอนออกไปได้ ขั้นต่อไปคือ หาทางเอาขั้นงาน หรือส่วนของงานที่จำเป็นนั้นมารวมเข้ากันใหม่หรือจัดทำใหม่

2.4.3 การจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ (R=Rearrange) หากลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานยังคงเหมือนเดิมมักเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาในเรื่องการเคลื่อนย้ายวัสดุและการไหลของงาน ถ้าลำดับขั้นตอนงานเดิมไม่สะดวกทันที จำเป็นที่จะต้องลำดับขั้นเสียใหม่

2.4.4 การทำให้การปฏิบัติงานที่จำเป็นนั้นง่ายขึ้น (S=Simplify) คือ ทำการปรับปรุงงานนั้นให้มีการปฏิบัติงานที่ดีขึ้น มีประสิทธิภาพสูง เช่น งานที่มีขั้นตอนการปฏิบัติที่ยุ่งยากซับซ้อนปฏิบัติยาก ต้องหางานที่ทำให้ง่ายขึ้น หาทางใช้เครื่องผ่อนแรงหรือเครื่องมือที่ทันสมัยและสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 การออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment: DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการให้เป็นไปตามสภาพที่ต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า

(One-Factor-at-a-Time) จะให้ผลตอบเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ช้ามากและสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์รวมถึงต้องเก็บข้อมูลปริมาณมาก และยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่เกิดอันตรกิริยาระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง ซึ่งมีหลักการพื้นฐาน 3 ประการ สำหรับการออกแบบการทดลองดังนี้

2.5.1 หลักการ 3 ประการ สำหรับการออกแบบการทดลอง

1) การทดลองซ้ำ (Replication) หมายถึง การทดลองซ้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือทำให้สามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ และถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งการทดลองซ้ำทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบ

2) การสุ่ม (Randomization) หมายถึงการทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูลจะต้องเป็นปัจจัยแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ การสุ่มการทดลองทำให้สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจปรากฏในการทดลองได้

3) การบล็อก (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรงให้แก่การทดลองบล็อกอันหนึ่งอาจจะหมายถึงส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซ็ตทั้งหมดของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่างๆ ภายในแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิ้งข้อดีของการออกแบบการทดลองคือ ให้ผลของความแม่นยำและความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสูง โดยสามารถระบุออกมาเป็นค่าตัวเลขทางสถิติที่แสดงถึงค่าระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการ นอกจากนี้ยังมีความรวดเร็วในการดำเนินการตรวจสอบสาเหตุของปัญหา

2.5.2 ปัจจัย ในกระบวนการผลิต สามารถแบ่งปัจจัยออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในกระบวนการ เป็นผลดีต่อการทดลอง เพราะว่าผู้ทดลองจะต้องกำหนดค่าต่าง ๆ ที่คิดว่าจะมีผลต่อผลตอบสนองที่ต้องการ

2) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดปัจจัยนั้นๆ ได้ในกระบวนการ ทั้งนี้อาจเกิดจากเทคโนโลยีไม่ทันสมัย ต้นทุนในการควบคุมสูงหรือมีความรู้ไม่เพียงพอ สิ่งต่างๆเหล่านี้อาจเป็นผลต่อกระบวนการ ผู้ทำการทดลองจะต้องพยายามกำจัดปัจจัยลักษณะแบบนี้ เพื่อให้เปลี่ยนเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้

การทดลองส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายตัว และวัตถุประสงค์ของผู้ที่ทำการทดลองหรือทดสอบ เพื่อต้องการหาผลกระทบของปัจจัยเหล่านี้กับผลตอบของระบบ เรียกว่าการวางแผน

และกลยุทธ์ของการทดลอง(Strategy of Experiments) ซึ่งมีหลายอย่างที่ผู้ทดลองสามารถนำไปใช้ได้ เช่น แบบหนึ่งปัจจัยต่อครั้ง (One – Factor –at –time) หรือการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design)

2.5.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Experiment of Factorial Design)

การออกแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design) ใช้ในการออกแบบการทดลองที่มีหลายๆ ปัจจัยเพื่อที่จะหาผลของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรผลตอบ (Response Variable) ซึ่งการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ได้แก่

1) การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ปัจจัย เป็นการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลชนิดที่ง่ายที่สุด จะเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น ปัจจัย A และปัจจัย B โดยปัจจัย A จะประกอบด้วย a ระดับ ส่วนปัจจัย B จะประกอบด้วย b ระดับ ซึ่งในแต่ละซ้ำของการทดลองจะประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมดเท่ากับ a x b การทดลองและโดยปกติจะมีจำนวนซ้ำทั้งหมด n ครั้ง

2) การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k เป็นการออกแบบการทดลองที่ใช้ในกรณีที่มีปัจจัย k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ระดับเหล่านี้อาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น เครื่องจักร คนงาน และใน 2 ระดับที่กล่าวถึงนี้จะแทนด้วยระดับสูงและต่ำของปัจจัยหนึ่งๆ ใน 1 ซ้ำ ที่บริบูรณ์สำหรับการออกแบบจะประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น 2^k ข้อมูลการออกแบบการทดลองแบบนี้มีประโยชน์มากต่อการทดลองในช่วงเริ่มแรกเมื่อมีปัจจัยจำนวนมากที่ต้องการตรวจสอบ โดยปกติในการออกแบบจะแทนระดับสูงด้วยเครื่องหมาย + และระดับต่ำด้วยเครื่องหมาย –

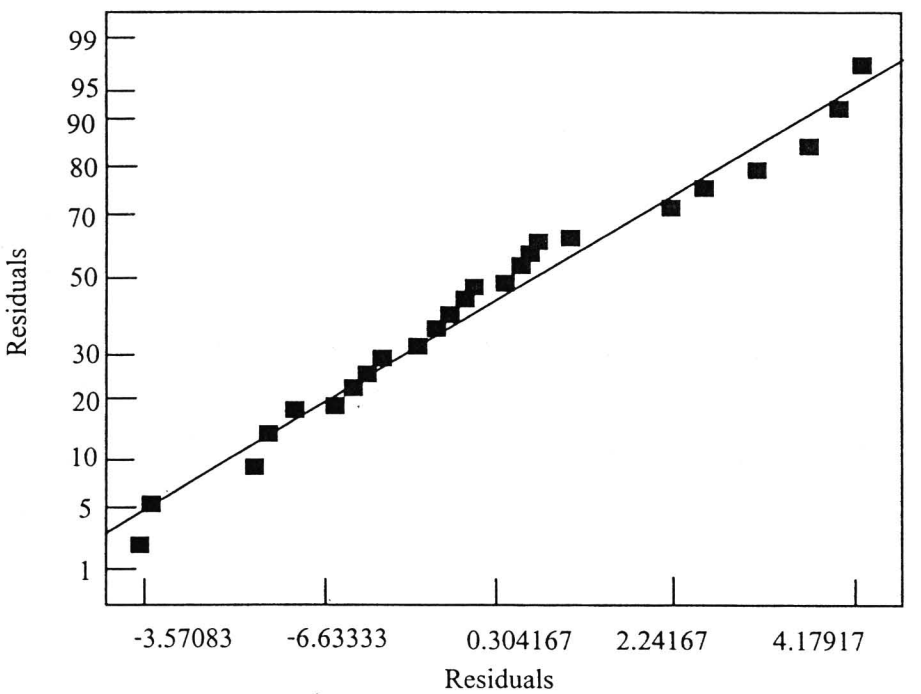
3) การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ หรือการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k เป็นการออกแบบการทดลองที่ผู้ทดลองสามารถละเลยอันตรกิริยาขั้นสูงบางตัวได้ เนื่องจากถ้าการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ2^k แบบเต็มมีจำนวนปัจจัยมาก จำนวนการทดลองอาจจะเพิ่มขึ้นมากเกินกว่าทรัพยากรที่มีอยู่จะรองรับได้ การออกแบบทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถจะทำได้ เพื่อศึกษาถึงผลปัจจัยของทั้ง k ชนิดได้อย่างครบกรณี การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียลจึงถูกนำมาใช้ในการกรองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบ กล่าวคือ ในการทดลองหนึ่งอาจจะมีปัจจัยมากมายที่กำลังอยู่ในความสนใจของผู้ทดลองจึงใช้การออกแบบเช่นนี้เพื่อค้นหาว่ามีปัจจัยใดบ้างเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบ การทดลองเพื่อกรองปัจจัยนี้ส่วนมากจะใช้ในตอนเริ่มต้นการทดลองเนื่องจากโดยมากแล้วในขณะนั้นจะมีปัจจัยจำนวนมากที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลน้อยหรือไม่มีผลต่อผลตอบที่กำลังพิจารณาอยู่ หลังจากทำการทดลองเพื่อกรองปัจจัยเสร็จสิ้นแล้วปัจจัยที่มีผลจะถูกนำไปทำการทดลองอย่างละเอียดในการทดลองต่อๆ ไป

4) การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3 ระดับ หรือการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^k หมายถึง การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลที่แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ และระดับทั้ง 3 ของแต่ละปัจจัยมีค่าเป็น ต่ำ กลาง สูง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนระดับทั้งสามเป็นตัวเลข -1, 0 และ 1 ตามลำดับ สังเกตว่าการทดลองแบบนี้จะมีระดับที่สามของปัจจัยเพิ่มเข้ามาในแบบจำลอง ซึ่งทำให้สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบที่สนใจและปัจจัยที่สนใจในลักษณะที่เป็นสมการแบบพหุนามกำลังสอง การออกแบบ 3^k จะเหมาะสมเมื่อผู้ทดลองกำลังสนใจกับผลตอบที่มีลักษณะเป็นส่วนโค้ง แต่การออกแบบนี้ไม่ได้เป็นการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์แบบพหุนามกำลังสอง

2.5.4 การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง

เพื่อที่จะตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง (Analyze Residuals) และตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองทดลองแทนค่าตัวแปรลงในสมการเพื่อทำนายผลตอบของแต่ละเงื่อนไขการทดลอง ซึ่งถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วยทุกเทอมของผลกระทบที่จำเป็นในการทำนาย ผลตอบ $\hat{y}$ ค่าของส่วนตกค้าง ($e_{ij} = y_{i_j} - \hat{y}_i$) ของแบบจำลอง โดยแบบจำลองต้องตั้งอยู่บนสมมุติฐานหลัก 3 ประการดังนี้

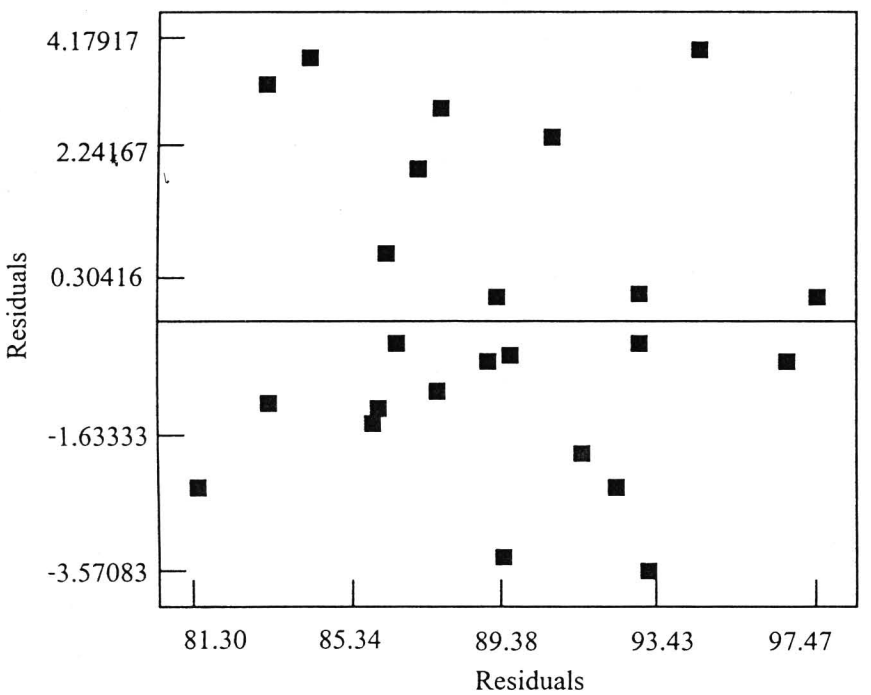
1) ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติและค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ (Normality Assumption) การกระจายตัวของข้อมูลส่วนตกค้างที่มีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในภาพ 2.6



ภาพ 2.6 การพล็อตกราฟการแจกแจงแบบปกติของส่วนตกค้าง

(ที่มา: Douglas C. Montgomery, 2005)

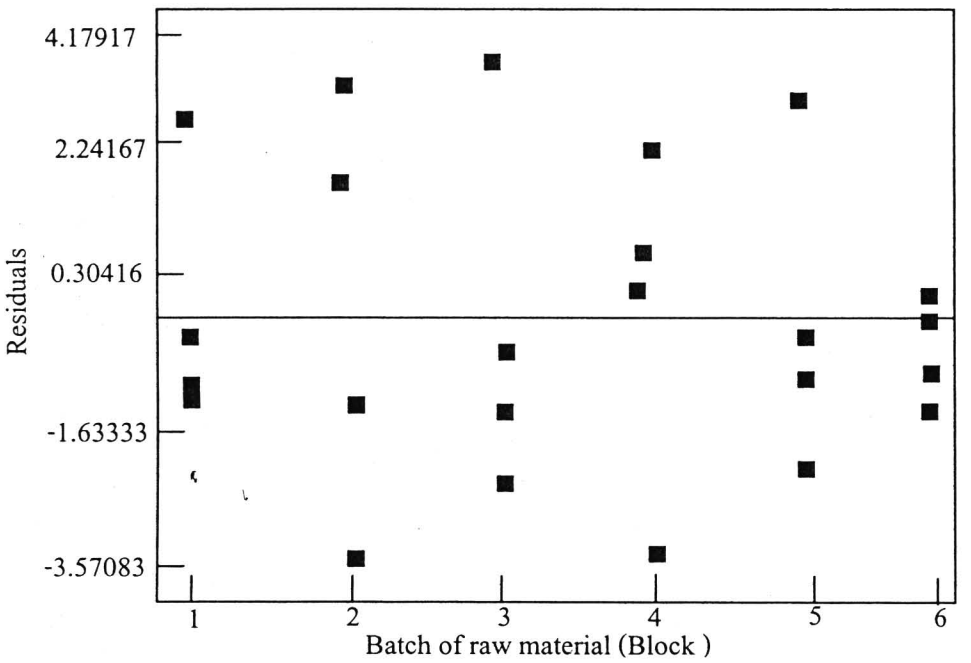
2) ส่วนตกค้างมีความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance Assumption) ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับของปัจจัยหรือขึ้นอยู่กับค่าพยากรณ์ของผลตอบ ดังแสดงในภาพ 2.7 ตัวอย่างการแจกแจงของข้อมูลส่วนตกค้างกับค่าพยากรณ์ ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลอิสระ มีโครงสร้างไม่แน่นอน ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานข้อนี้



ภาพ 2.7 การพล็อตกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับค่าทำนาย

(ที่มา: Douglas C. Montgomery, 2005)

3) ส่วนตกค้างจะต้องมีการกระจายตัวแบบอิสระไม่แปรผันตามปัจจัยที่สนใจศึกษาลำดับของการทดลอง ดังแสดงในภาพ 2.8 ตัวอย่างการแจกแจงของข้อมูลส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง (Plot of Residuals Versus Run order) ซึ่งจากกราฟพบว่าส่วนตกค้างมีโครงสร้างที่ไม่แน่นอนมีการกระจายตัวที่กระจัดกระจายไม่แปรผันตามลำดับการทดลอง



ภาพ 2.8 การพล็อตกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง

(ที่มา: Douglas C. Montgomery, 2005)

ดังที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปขั้นตอนการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองได้ดังนี้ คือใช้แบบจำลองที่ได้จากการทดลองทำนายค่าผลตอบในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง จากนั้นนำค่าทำนายที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงหรือคำนวณหาค่าความผิดพลาดของส่วนตกค้าง ($e_{ij} = y_{ij} - \hat{y}_i$) ของแต่ละการทดลองและนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟการแจกแจงของส่วนตกค้าง สังเกตลักษณะของกราฟที่ได้จากการพล็อต ซึ่งลักษณะของกราฟจะต้องมีพฤติกรรมดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

2.6 การทบทวนวรรณกรรม

ปัจจุบันในอุตสาหกรรมได้นำแนวคิดการใช้เทคโนโลยีสะอาดและเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการมาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีความมุ่งหวังที่จะใช้เครื่องมือเหล่านี้ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดการใช้สารเคมีและวัตถุดิบ ลดการเกิดของเสีย นำไปสู่การลดต้นทุนในการผลิต ซึ่งมีเอกสารที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.6.1 ขั้นตอนการดำเนินงานเทคโนโลยีสะอาด

จากการค้นคว้ามีงานวิจัยที่ใช้แนวคิดของเทคโนโลยีสะอาดในการแก้ไขปัญหา มีขั้นตอนการดำเนินงานคือ การจัดตั้งองค์กร(planning and organization) เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ในการ

ทำเทคโนโลยีสะอาดใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงาน การประเมินเบื้องต้น(Pre-assessment) เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเบื้องต้น ศึกษากระบวนการผลิตที่สนใจ กำหนดสารเข้าออกในกระบวนการผลิต การประเมินละเอียด (Assessment) เพื่อทำการดุลมวลสารและพลังงาน สาเหตุของการสูญเสีย เสนอและคัดเลือกข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility studies) เพื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาด การลงมือปฏิบัติ(Implementation) กำหนดตารางลงมือปฏิบัติตามข้อเสนอเทคโนยีสะอาดที่ผ่านการพิจารณา ลงมือปฏิบัติและติดตามผล (Staniskis J, 2003; Irina,2005)

นอกจากนี้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิตมี 4 ขั้นตอน คือ การประเมินเบื้องต้น วิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลกระทบทางเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม จากนั้นจัดทำตารางผลการประเมินเบื้องต้น ถ่วงน้ำหนักผลกระทบทั้ง 3 ด้าน จัดลำดับความสำคัญ และคัดเลือกประเด็นปัญหาที่มีคะแนนสูงสุด ทำการประเมินละเอียด เพื่อหาการสูญเสียของมวลสารหรือพลังงานในแต่ละหน่วยการผลิต เลือกบริเวณหรือหน่วยการผลิตที่เกิดการสูญเสียมากที่สุด ระบุแนวทางแก้ไข และคัดเลือกทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ และจัดทำข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด การศึกษาความเป็นไปได้ เพื่อศึกษาข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาด การนำข้อเสนอไปปฏิบัติและติดตามผล (นนท์ สำราญทรัพย์ ,2549 ; ศิราณี ทนันชัย, 2549)

UNEP (United Nations Environment Program) ได้กำหนดขั้นตอนเทคโนโลยีสะอาด 4 ขั้นตอน คือ การแผนและองค์กร (Planning and organization) การประเมินละเอียด (Detailed assessment) เพื่อกำหนดข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาด การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ (Feasibility analysis) เพื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค (Technical assessment) ทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental assessment) และทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economical assessment) การลงมือปฏิบัติ (Implementation) เป็นการลงปฏิบัติและติดตามผลการดำเนินงาน (Chaim K., Rory S. 2003)

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่ามีขั้นตอนการดำเนินงานทางด้านเทคโนโลยีสะอาดแต่ละขั้นตอน มีการกำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมายที่ชัดเจนนำไปสู่ขั้นตอนการดำเนินงานอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานขององค์กร ขั้นตอนการดำเนินเทคโนโลยีสะอาดที่คล้ายคลึงกัน คือ มีการวางแผนและจัดตั้งองค์กร การประเมินเบื้องต้น การประเมินละเอียด การศึกษาความเป็นไปได้ และการลงมีปฏิบัติ

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่มีขั้นตอนการดำเนินงานแตกต่างกันออกไป อาทิเช่น มีการแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานทางด้านเทคโนโลยีสะอาดออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การประเมินเบื้องต้น

(Pre-assessment) การวิเคราะห์สารเข้า-ออก (Input-output analyses) และการสังเคราะห์(Synthesis) จากนั้นทำการคัดเลือกหัวข้อทางด้านเทคโนโลยีสะอาดเพื่อทำการปรับปรุงคือ การนำกลับมาใช้ใหม่(Reuse) การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี (Technological change) การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ (Raw material change) การเก็บรักษา (Good housekeeping) และการปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตในบริษัทกรณีศึกษา (Ghaleb Y. Abbasi *et al.*,2004) ส่วนการดำเนินงานเทคโนโลยีสะอาดที่เป็นระบบใหญ่ต้องมีการคัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อทำการสำรวจ โดยจัดทำแบบสอบถามและสรุปการประเมิน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาจัดทำข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาด(Cleaner Technology option) จัดเรียงข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาด (Options Ranking) ออกแบบระบบ (Systems design) ทำการศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility assessment) นำข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาดนั้นไปปฏิบัติในบริษัทกรณีศึกษาต่างๆ (Guo H.C.,*et al.*2006)

จากการศึกษางานวิจัย จะเห็นได้ว่ามีการนำแนวคิดทางด้านเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ในกระบวนการผลิตขั้นตอนการดำเนินงานมีทั้งคล้ายคลึงและแตกต่างกัน สามารถนำแนวคิดมากำหนดขอบเขตของการดำเนินงานวิจัยได้คือ การประเมินเบื้องต้น การประเมินละเอียด การศึกษาความเป็นไปได้ ซึ่งมีข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาดนำปฏิบัติ เช่น วางระบบอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพ (Good housekeeping) ปรับเปลี่ยนระบบการผลิต (Process modification) การใช้สารเคมีที่ก่อให้เกิดมลพิษลดลง การนำทรัพยากรกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) และการนำไปแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป (Recycle) การควบคุมกระบวนการผลิตกำหนดข้อมูลข่าวสาร เช่น การนำเข้า (Input) ของวัตถุดิบ พลังงานที่ได้จากกระบวนการผลิต และการนำออก (Output) ของผลิตภัณฑ์ ของเสีย การปล่อยสารพิษ นำไปเป็นข้อมูลเพื่อนำมาควบคุมกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ (Chiu *et al.* 1989; Johannes F, 1998)

2.6.2 การประยุกต์ใช้แนวคิดเทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิต

การประยุกต์ใช้เทคโนโยลีสะอาดในอุตสาหกรรมต่างๆ มีเทคนิคการปรับปรุงการดำเนิน เช่น การปรับปรุงการทำงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยมุ่งศึกษากระบวนการผลิต วิเคราะห์ และหาสาเหตุของปัญหาที่ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรในการผลิตที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ โดยการสูญเสียในกระบวนการผลิตทำการปรับปรุงโดยเพิ่มปริมาณการใช้ให้มากที่สุดโดยการทดลองแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็ม อีกทั้งประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้า ลดปริมาณการใช้สารเคมีและวัตถุดิบโดยมุ่งเน้นเพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีและวัตถุดิบ (ปวเรศ อัจฉราวรลักษณ์, 2547) และเทคโนโลยีสะอาดยังสามารถเพิ่มอัตรา

ผลผลิตของบริษัทได้โดยการปรับปรุงกระบวนการผลิตลดการปล่อยสารเคมีออกสู่สิ่งแวดล้อมให้น้อยลง (Hamed M.M ,2004)

มีงานวิจัยศึกษากระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีด้วยวิธีการรีไซเคิล (Recycle) ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในการทำงาน ทำการจัดเก็บวัตถุดิบเพื่อลดความสูญเสีย(Sohair I.,2006) การแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียวัตถุดิบโดยการเพิ่มผลผลิตของวัตถุดิบให้เป็นสินค้าที่ดี(Productivity of materials)โดยมีการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ (Raw material change) ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต (Johannes F,1998) จากการผ่านกระบวนการผลิตทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณภาพดี (higher grade) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ได้ (Ghaleb Y. Abbasi , 2002) ซึ่งการลดปริมาณการใช้วัตถุดิบในอุตสาหกรรมโดยวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) และนำกลับมาใช้ซ้ำ(Recycle) สามารถประหยัดการใช้วัตถุดิบให้กับโรงงานได้ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการลดของเสีย (Chavalparit O, 2009)

จากการนำแนวคิดทางด้านเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต งานวิจัยต่างๆมีความมุ่งหวังที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ลดปริมาณการใช้สารเคมีและวัตถุดิบ ลดของเสีย นำไปสู่การลดต้นทุนการผลิต ซึ่งได้นำแนวคิดจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัย คือ การลดปริมาณสารเคมีโดยการออกแบบการทดลอง การปรับปรุงวิธีการทำงานด้วยการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานโดยการรับวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีของเสียน้อยเข้าสู้กระบวนการผลิต เป็นต้น

2.6.3 เทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

มีงานวิจัยที่ใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ อาทิเช่น ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต การใช้สารเคมีและวัตถุดิบโดยการหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบในกระบวนการการประกอบอาร์มคอยล์ พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบคือ การรั่วไหลของวัตถุดิบ และการปรับตั้งก่อนทำการผลิตจริง ซึ่งการจัดวิธีมาตรฐานในการปฏิบัติงานทำให้อัตราการสูญเสียวัตถุดิบลดลงส่งผลทำให้ผลิตผลเพิ่มขึ้น (วิชิต จันทร์เทวี, 2547) และการศึกษากระบวนการผลิตด้วยวิธีการศึกษางานโดยการใช้เทคนิคขจัดงานที่ไม่จำเป็นและเทคนิคการรวมขั้นตอนการปฏิบัติงานเข้าด้วยกัน และนำการออกแบบการทดลองมาช่วยในการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของชิ้นงาน (อัจฉราวดี ทองวิเศษ, 2547; พงส์ศักดิ์ โหลิมชยโชติกุล, 2551)

จากเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแนวคิดของงานวิจัยนี้ ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดสามารถเป็นแนวทางในการหาสาเหตุของปัญหา คือ

1.การประเมินเบื้องต้น กำหนดขอบเขตที่ทำการศึกษาและหาสาเหตุปัญหาเบื้องต้นที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น การสูญเสียปริมาณสารเคมี การใช้พลังงาน การเกิดของเสีย

2.การประเมินละเอียด ศึกษาประเด็นต่างๆอย่างละเอียด ซึ่งนำปัญหามาจากการประเมินเบื้องต้น เพื่อหาสาเหตุที่ต้นเหตุของปัญหา และจัดทำข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

3.การศึกษาความเป็นไปได้ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอทางด้านเทคโนโลยีสะอาดในแต่ละข้อ และทำการเสนอเพื่อให้ทางโรงงานเห็นชอบก่อนที่จะทำการปรับปรุงในกระบวนการผลิต

4.การลงมือปฏิบัติ นำเทคนิควิศวกรรมอุตสาหการมาแก้ไขปัญหานั้นๆ ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาที่สาเหตุของปัญหาตามแนวคิดของเทคโนโลยีสะอาด จะสามารถส่งผลให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น ของเสียในกระบวนการผลิตลดลง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง